



РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН

ТЕОРИЯ АКТИВНЫХ СИСТЕМ – 50 ЛЕТ

МАТЕРИАЛЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ
КОНФЕРЕНЦИИ

(18–19 НОЯБРЯ 2019 г.,
МОСКВА, РОССИЯ)

Под общей редакцией В.Н. Буркова

Москва
ИПУ РАН
2019



УДК 658.51.011: 519.7
ББК 65.011: 65.050.2: 22.18

Теория активных систем – 50 лет / Материалы международной научно-практической конференции, 18–19 ноября 2019 г. Под общ. ред. В.Н. Буркова. – М.: ИПУ РАН. - 653 с.

В издании представлены материалы международной научно-практической конференции «Теория активных систем – 50 лет (ТАС-50)» по следующим направлениям:

- Базовые модели и механизмы теории активных систем;
- Принятие решений и экспертные оценки;
- Прикладные задачи ТАС – умные механизмы и цифровая экономика;
- Модели социальных сетей;
- Информационные технологии в управлении организационными системами;
- Деловые игры.

[Электронный ресурс]: Теория активных систем – 50 лет: материалы междунар. научно-практич. конференции, 18–19 нояб. 2019 г., Москва / Под общ. ред. В.Н. Буркова; Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН. – Электрон. текстовые дан. (1 файл: 7,8 Мб). – М.: ИПУ РАН, 2019. – 1 электрон. опт. диск (CD-R). – Систем. требования: Pentium 4; 1,3 ГГц и выше; Internet Explorer ; Acrobat Reader 4.0 или выше. – Загл. с экрана. – ISBN 978-5-91450-239-0. – Номер госрегистрации: 0321903934.

Утверждено к изданию Программным комитетом конференции

ISBN 978-5-91450-239-0

© ИПУ РАН, 2019

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ 1. БАЗОВЫЕ МОДЕЛИ И МЕТОДЫ ТЕОРИИ АКТИВНЫХ СИСТЕМ..... 9

<i>Бурков В.Н., Новиков Д.А.</i>	ТЕОРИИ АКТИВНЫХ СИСТЕМ 50 ЛЕТ: ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ.....	10
<i>Горелов М. А.</i>	СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ ИЕРАРХИЧЕСКИХ ИГР	55
<i>Ерешко Ф.И.</i>	ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ ТЕОРИИ ИЕРАРХИЧЕСКИХ ИГР.....	74
<i>Герасимова И.Б., Ильясов Б.Г., Карамзина А.Г.</i>	МОДЕЛИРОВАНИЕ И УПРАВЛЕНИЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ НАУЧНОЙ ШКОЛЫ КАК МНОГОСВЯЗНЫМ ДИНАМИЧЕСКИМ ОБЪЕКТОМ.....	92
<i>Закиева Е.Ш., Ильясов Б.Г., Макарова Е.А.</i>	МОДЕЛИРОВАНИЕ И УПРАВЛЕНИЕ СОЦИЕТАЛЬНОЙ СИСТЕМОЙ КАК СЛОЖНЫМ ДИНАМИЧЕСКИМ ОБЪЕКТОМ.....	105
<i>Искаков М.В.</i>	ТЕОРЕМЫ СУЩЕСТВОВАНИЯ РАВНОВЕСИЯ В БЕЗОПАСНЫХ СТРАТЕГИЯХ	115
<i>Кондратьев В.Д., Цыганов В.В., Щепкин А.В.</i>	МЕХАНИЗМЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ АКТИВНЫХ СИСТЕМ В УСЛОВИЯХ ДИНАМИКИ И НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ	122
<i>Мохонько Е.З.</i>	О СОВМЕСТНОМ РАЗВИТИИ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ И ПОВТОРЯЮЩИХСЯ НЕАНТАГОНИСТИЧЕСКИХ ИГР	138
<i>Райков А.Н.</i>	ОТ АКТИВНОЙ СИСТЕМЫ К КОЛЛЕКТИВНОМУ ИСКУССТВЕННОМУ ИНТЕЛЛЕКТУ	143
<i>Сидельников Ю.В.</i>	ПОДХОД К КОРРЕКТНОМУ ОПИСАНИЮ ЭКСПЕРТНОГО КРЕАТИВНОГО МЕТОДА.....	160
<i>Угольницкий Г.А., Агиева М.Т., Гор- банёва О.И., Маль- сагов М.Х., Усов А.Б.</i>	ДИНАМИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ УСТОЙЧИВЫМ РАЗВИТИЕМ АКТИВНЫХ СИСТЕМ	177

<i>Шевченко В.В.</i>	АКТИВНОСТЬ И УПРАВЛЕНИЕ В ТЕОРИИ КОНСТРУКТИВНЫХ ЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ 197

<i>Шумов В.В.</i>	РАЗВИТИЕ ПОДХОДА М.П. ОСИПОВА К МОДЕЛИРОВАНИЮ БОЕВЫХ ДЕЙСТВИЙ 209

СЕКЦИЯ 2. ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ И ЭКСПЕРТНЫЕ ОЦЕНКИ.....221

<i>Азарнова Т.В., Бондаренко Ю.В., Чапская О.В.</i>	ФОРМИРОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО СОСТАВА ТЕНДЕРНЫХ НАЗНАЧЕНИЙ НА ОСНОВЕ ТЕОРИИ ТРУДНОСТИ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ..... 222

<i>Алексеев А.О.</i>	МОДЕЛИ, МЕТОДЫ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ КОМПЛЕКСНОГО ОЦЕНИВАНИЯ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ 231

<i>Виноградов Г.П., Кузнецов В.Н., Шепелев Г.А.</i>	ПОДХОД К МОДЕЛИРОВАНИЮ ПОВЕДЕНИЯ ОПЕРАТОРА ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ СПЕЦИАЛЬНЫХ ОПЕРАЦИЙ 246

<i>Калянов Г.Н., Титов Н.Н., Шибeko В.Н.</i>	КОМБИНАТОРНЫЕ АЛГОРИТМЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ НЕПРЕРЫВНОГО КАЛЕНДАРНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА СКВАЖИН 264

<i>Моисеев С.И., Мышовская Л.П., Половинкина А.И.</i>	ПРИМЕНЕНИЕ МАРКОВСКИХ СЛУЧАЙНЫХ ПРОЦЕССОВ К МОДЕЛИРОВАНИЮ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ 274

<i>Орлов А.И.</i>	О РАБОТАХ ПО ТЕОРИИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ И ЭКСПЕРТНЫМ ОЦЕНКАМ 281

СЕКЦИЯ 3. ПРИКЛАДНЫЕ ЗАДАЧИ ТАС – УМНЫЕ МЕХАНИЗМЫ И ЦИФРОВАЯ ЭКОНОМИКА 289

<i>Аверина Т.А., Лаврова Ю.С., Мышовская Л.П.</i>	АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ЖИЛИЩНО- КОММУНАЛЬНЫМ ХОЗЯЙСТВОМ НА ПРИМЕРЕ ОНЛАЙН-СЕРВИСОВ 290

<i>Бирюков Н.С., Ириков В.А.</i>	ПОВЫШЕНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЕМ ПРЕДПРИЯТИЙ, КОРПОРАЦИЙ, ТЕРРИТОРИЙ И РЕГИОНОВ 298
<i>Богатырева Л.В., Косяченко С.А., Меденников В.И.</i>	ТРАНСФОРМАЦИЯ ЭКСПОРТНОГО ПОТЕНЦИАЛА МАЛОГО И СРЕДНЕГО БИЗНЕСА ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ЕДИНОЙ ЦИФРОВОЙ ПЛАТФОРМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭКОНОМИКОЙ 316
<i>Бондаренко Ю.В., Горошко И.В.</i>	ПРОЦЕССНЫЙ ПОДХОД К ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ОРГАНОВ ПРОКУРАТУРЫ 323
<i>Буркова И.В., Киселева Т.В.</i>	ДВУХКАНАЛЬНЫЕ АКТИВНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИМИ ОБЪЕКТАМИ 328
<i>Голлай А.В., Логиновский О.В.</i>	УПРАВЛЕНИЕ ПРОЕКТАМИ ПО РАЗВИТИЮ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ В РАМКАХ АДАПТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПОДХОДА..... 360
<i>Головченко Е.В., Мистров Л.Е.</i>	ОБОСНОВАНИЕ ЗАДАЧИ СИНТЕЗА КОНФЛИКТНО- УСТОЙЧИВОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ АВИАЦИОННОГО ОБЪЕДИНЕНИЯ 376
<i>Горелик В.А., Золотова Т.В.</i>	ИЕРАРХИЧЕСКИЕ ИГРЫ И ТЕОРИЯ КОНТРАКТОВ 389
<i>Добронец Б.С., Попова О.А.</i>	ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ..... 399
<i>Дранко О.И., Ириков В.А.</i>	МОДЕЛЬ СТРЕСС-ТЕСТИРОВАНИЯ НЕФИНАНСОВОГО ПРЕДПРИЯТИЯ 414
<i>Ерешко Ф.И., Кульба В.В., Меденников В.И.</i>	МОДЕЛИРОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ СТАНДАРТОВ 423

<i>Клименко Э.Ю., Неизвестный И.С., Шешуков М.А.</i>	СОЦИАЛЬНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ СПЕЦИАЛИСТОВ УПРАВЛЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫМИ СИСТЕМАМИ ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ.....	442
<i>Корзин Н.А., Кравчук С.Г.</i>	К ТЕОРИИ АРКТИЧЕСКОГО ДИЗАЙНА: ВОПРОСЫ МЕТОДОЛОГИИ И ПРОБЛЕМЫ СОГЛАСОВАНИЯ ИНТЕРЕСОВ	464
<i>Правоторова Е.А., Скворцов О.Б.</i>	АВТОМАТИЧЕСКАЯ ПРОТИВОАВАРИЙНАЯ ЗАЩИТА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА ОСНОВЕ ВЕРОЯТНОСТНОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ВИБРАЦИОННОГО СОСТОЯНИЯ	473
<i>Федянин Д.Н.</i>	ПРОБЛЕМЫ РЕАЛИЗАЦИИ СИНТЕЗА БАЗОВЫХ МЕХАНИЗМОВ УПРАВЛЕНИЯ В СРЕДЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ РДС.....	479

СЕКЦИЯ 4. МОДЕЛИ СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЕЙ.489

<i>Ахременко А.С., Петров А.П.</i>	МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ «ПРОТЕСТ – РЕПРЕССИИ» В ДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ.....	490
<i>Бойко Л. М., Губанов Д.А.,</i>	ОБ ОДНОМ ПОДХОДЕ К ВЫЯВЛЕНИЮ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПРЕДПОЧТЕНИЙ ПОЛИТИЧЕСКИ ВОВЛЕЧЕННЫХ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ ОНЛАЙНОВОЙ СОЦИАЛЬНОЙ СЕТИ.....	503
<i>Губанов Д.А., Петров И.В., Чхатишвили А.Г.</i>	О МОДЕЛИРОВАНИИ ДИНАМИКИ И ОЦЕНКЕ ПОЛЯРИЗАЦИИ МНЕНИЙ В СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЯХ.....	510
<i>Козицин И.В., Чхатишвили А.Г.</i>	ОБ ОДНОЙ МОДЕЛИ ИДЕЙНО-ПОЛИТИЧЕСКИХ ПРЕДПОЧТЕНИЙ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ ОНЛАЙНОВОЙ СОЦИАЛЬНОЙ СЕТИ	520
<i>Михайлов А.П., Петров А.П., Прончева О.Г.</i>	ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СТРАТЕГИЙ ПОДАВЛЕНИЯ НЕКОМПЕТЕНТНОСТИ В МОДЕЛИ «ВЛАСТЬ – ОБЩЕСТВО»	528

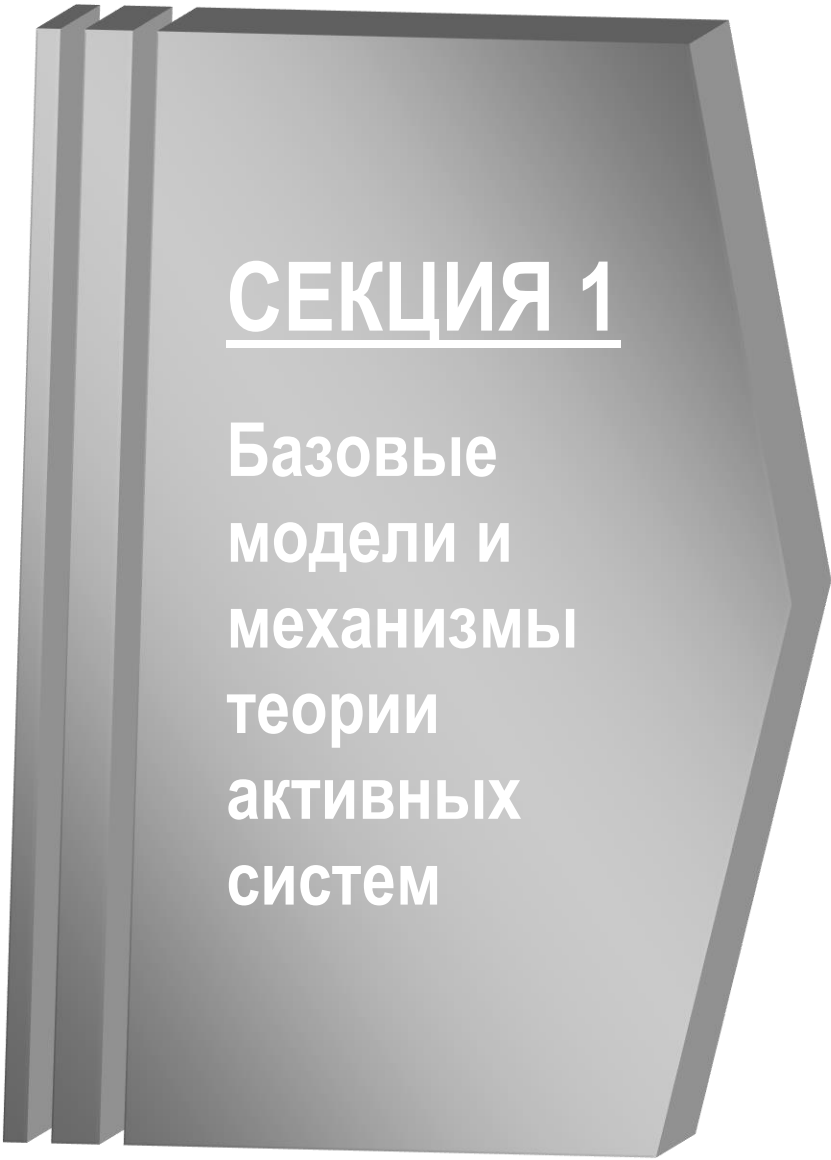
СЕКЦИЯ 5. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В УПРАВЛЕНИИ ОРГАНИЗАЦИОННЫМИ СИСТЕМАМИ 536

<i>Валов С.В.</i>	ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ УПРАВЛЕНИЯ ОРГАНАМИ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО СЛЕДСТВИЯ 537
<i>Грчев С.П., Лада А.Н., Ларюхин В.Б., Лахин О.И., Симонова Е.В., Скобелев П.О.</i>	ПРОМЫШЛЕННЫЕ ПРИМЕНЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ РЕСУРСАМИ НА ОСНОВЕ МУЛЬТИАГЕНТНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ 548
<i>Ерженин Р.В.</i>	ОРГАНИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ГОСУДАРСТВЕННЫМ БЮДЖЕТОМ В ПОНЯТИЯХ ТЕОРИИ УПРАВЛЕНИЯ ОРГАНИЗАЦИОННЫМИ СИСТЕМАМИ 569
<i>Львович Я.Е., Львович И.Я., Преображенский А.П., Преображенский Ю.П., Чопоров О.Н.</i>	РАЗРАБОТКА И РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТОДИКИ УПРАВЛЕНИЯ РЕСУРСАМИ В КОМПАНИИ СЕРВИСНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ 582
<i>Максимовский А.Ю.</i>	ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТНОШЕНИЙ В АВТОМАТАХ СПЕЦИАЛЬНОГО ВИДА ДЛЯ МОНИТОРИНГА ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ КОМПОНЕНТОВ БОЛЬШИХ СИСТЕМ 602
<i>Трофимов В.Б.</i>	О ПРИМЕНЕНИИ АВТОМАТИЧЕСКОГО ЭКСПОНЕНЦИАЛЬНОГО ФИЛЬТРА ДЛЯ ОЦЕНИВАНИЯ ТРЕНДОВ В WEB-ПРИЛОЖЕНИИ GOOGLE TRENDS. 610

СЕКЦИЯ 6. ДЕЛОВЫЕ ИГРЫ 616

<i>Жидкова Л.С., Клёвина М.В., Кузнецова О.А.</i>	ОПИСАНИЕ МОДЕЛЕЙ ПОВЕДЕНИЯ ИГРОКОВ В ДЕЛОВЫХ ИГРАХ ПО РАСПРЕДЕЛЕНИЮ ОГРАНИЧЕННЫХ РЕСУРСОВ РАЗНЫМИ МЕХАНИЗМАМИ С РАЗЛИЧНЫМИ ТИПАМИ ПОВЕДЕНИЯ 617

<i>Коргин Н.А., Корепанов В.О.</i>	ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМОВ УПРАВЛЕНИЯ.....	635
<i>Тельнов Ю.Ф., Трембач В.М.</i>	ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОГНИТИВНЫХ МЕХАНИЗМОВ В УПРАВЛЕНИИ ОРГАНИЗАЦИОННЫМИ СИСТЕМАМИ	643

A 3D illustration of a book cover. The cover is dark gray with a lighter gray spine on the left. The text is white and centered on the front cover. The title 'СЕКЦИЯ 1' is underlined.

СЕКЦИЯ 1

Базовые
модели и
механизмы
теории
активных
систем

ТЕОРИИ АКТИВНЫХ СИСТЕМ 50 ЛЕТ: ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ

Бурков В.Н., Новиков Д.А.

(Институт проблем управления РАН, Москва)

Vlab17@bk.ru, novikov@ipu.ru

В докладе рассматривается история развития теории активных систем начиная с 1969 года. Выделены основные периоды развития теории: рождение теории (70-е годы), становление и развитие (80-е годы), новые горизонты (90-е годы) и развитие новых направлений (XXI век). В каждом периоде приведены основные результаты, их авторы, а также примеры внедрения механизмов управления. Приводится библиография по теории активных систем (книги и брошюры) за весь период развития.

Ключевые слова: Теория активных систем, активный элемент, принцип открытого управления, согласованное планирование, механизмы управления.

1. Введение

Работа посвящена краткому изложению пятидесятилетней истории развития теории активных систем и имеет следующую структуру: описано рождение ТАС и одноименной лаборатории в Институте проблем управления РАН (ранее – Институт автоматики и телемеханики АН СССР), затем преимущественно в хронологическом порядке (в порядке зарождения) рассматриваются основные направления теории и практики управления активными системами.

Библиография содержит большинство основных книг и брошюр по ТАС (в т.ч. дополняя обзор и библиографию [49] двадцатилетней давности). Комплементарными к настоящей работе являются «обзорно-исторические» статьи, вошедшие в сборник

трудов конференции «ТАС – 50», и отражающие развитие региональных научных школ т.н. «Большой лаборатории активных систем», а также ряда смежных научных направлений.

2. Рождение (1960-1970-е)

Пятьдесят лет развития теории активных систем – немалый срок, тем более что этот за этот период произошло коренное изменение всех социально-экономических механизмов бывшего Советского Союза, рождались и развивались новые научные направления в области управления социальными, организационными и экономическими системами.

Начало теории активных систем (ТАС) следует отнести к 1969 г., когда Владимиром Николаевичем Бурковым было предложены понятия *активных элементов*, обладающих собственными интересами и возможностью самостоятельно принимать решения (выбирать действия, сообщать информацию и т.д.), и, соответственно, *активных систем* как систем, состоящих из активных элементов) и принцип открытого управления такими системами.

Приведем содержательную формулировку *принципа открытого управления*. Пусть имеется организационная/активная система из элементов со своими интересами. Интересы системы в целом выражает управляющий орган - *Центр*, который вырабатывает управляющие воздействия (*планы*) для элементов. Если Центр решает задачу выбора оптимального плана исходя из интересов системы в целом, то этот план, в общем случае, не будет оптимальным для элементов. Отстаивая свои интересы, элементы будут искажать информацию, предоставляемую Центру. Чтобы избежать этого, Центр должен назначать элементам выгодные для них планы, даже в ущерб интересам системы. Таким образом, Центр должен решать задачу оптимизации на множестве так называемых совершенно *согласованных планов*, то есть планов, оптимальных для элементов. Ясно, что в этом случае элементам выгодно представлять в Центр достоверную информацию.

Первая статья [3] появилась в сборнике «Дифференциальные игры и смежные вопросы» (на английском языке), а затем статья

в журнале «Автоматика и телемеханика» - «Принцип открытого управления активными системами» и препринт [6].

В 1969 году в лаборатории ИАТа, возглавляемой Александром Яковлевичем Лернером, была создана группа по ТАС, которую возглавил Бурков В.Н. В группу вошел молодой сотрудник Александр Ивановский, который вместе с аспирантом из Тбилиси Иваном Горгидзе включился в развитие тематики активных систем. Позднее к этой группе присоединился аспирант из Алма-Аты Насанбадрадден Кулжабаев. Через несколько лет они стали первыми кандидатами наук по теории активных систем.

Примерно в это же время в начале 70-х годов в Вычислительном центре АН СССР под руководством Никиты Николаевича Моисеева и Юрия Борисовича Гермейера развернулись исследования по созданию информационной теории иерархических систем на основе *теории игр с противоположными интересами*¹. Сначала было неясно, какие из постановок задач – задачи информационной теории иерархических систем (игры Γ_1 , Γ_2 и др.) или задачи синтеза механизмов функционирования в теории активных систем, - являются более общими. Однако доказательство эквивалентности постановок задач прекратило споры на эту тему.

Следует отметить, что, начиная с середины 1960-х годов, В.Н. Бурков со своими коллегами и учениками активно занимался и задачами *календарно-сетевого планирования и управления* (КСПУ) – см. первые книги [1, 2, 4, 5, 10]. Параллельно Валерий Ириков и его коллеги создают и развивают методы программно-целевого планирования и управления [8, 22]. Эта тематика была и остается в рамках тематики лаборатории все годы ее существования (см. ниже разделы про управление проектами и дискретную оптимизацию).

¹ См. Гермейер Ю.Б. *Теория игр с противоположными интересами*. - М.: Наука. 1976. – 423 с.; Горелик В.А., Горелов М.А., Кононенко А.Ф. *Анализ конфликтных ситуаций в системах управления*. М.: Радио и связь, 1991. - 288 с.; Кононенко А.Ф., Халезов А.Д., Чумаков В.В. *Принятие решений в условиях неопределенности*. М.: ВЦ АН СССР, 1991. - 197 с. и др.

Вспоминая начальный период, нельзя не отметить атмосферу благожелательности, поддержки и, вместе с тем, требовательности к молодым научным работникам, созданной в ИАТе его директором академиком Вадимом Александровичем Трапезниковым и учеными старшего поколения, что проявлялось и в чисто организационном плане. Группа по ТАС уже в 1973 году была преобразована в сектор деловых игр, а через год - в *лабораторию активных систем*. В 1977 году выходит первая монография по ТАС «Математические задачи теории активных систем» [12], а В.Н. Бурков защищает докторскую диссертацию. В этом же году выходит первая монография В.И. Опойцева [11] по моделям коллективного поведения.

3. Становление и развитие (1980-е)

Период бурного развития теории с середины 70-х до конца 80-х годов как в направлении углубления теоретических исследований, так и расширения практических приложений, связан с двумя факторами. Первый – это приход в лабораторию сначала в качестве студентов, а затем сотрудников, выпускников Московского физико-технического института – Вячеслава Кондратьева, Александра Щепкина, несколько позднее – Анвера Еналеева, Валерия Опойцева, Александра Цветкова, Сергея Андреева, Владимира Цыганова. Второе - это расширение связей с другими научными центрами - в Грузии, Казахстане, Литве, Украине, Узбекистане, Белоруссии, Новокузнецке, Ленинграде (Санкт-Петербурге), Куйбышеве (Самаре), Калинин (Твери) и др., а также с ведущими отраслями (приборостроение, радиопромышленность, черная и цветная металлургия, промышленность средств связи и др.).

Нет возможности перечислить весь коллектив единомышленников, названный позднее образно «*Большой лабораторией активных систем*». Остановимся на основных направлениях 1970-80-х годов и «ключевых фигурах».

Согласованное планирование. Наибольшее развитие в теории за этот период получил принцип *согласованного планирования*, суть которого в назначении элементам только таких планов,

которые им выгодно выполнять (согласованных планов) – см. также идеологию принципа открытого управления выше. Оказалось, что во многих практически важных случаях оптимальный механизм должен быть механизмом согласованного планирования. Классическим и первым в этом направлении стал результат Анвера Еналеева. Он доказал, что если функции штрафа удовлетворяют «неравенству треугольника» (аналог неравенства треугольника для метрик), то оптимальный механизм существует на множестве механизмов согласованного планирования. Более того, поскольку множество согласованных планов расширяется с ростом «силы штрафов» за невыполнение плана, то оптимальной системой стимулирования является система с максимальными штрафами (максимальной степенью централизации).

Развитие и обоснование Вячеславом Кондратьевым идей согласованной оптимизации составило основу его докторской диссертации и совместной с В.Н. Бурковым классической монографии «Механизмы функционирования организационных систем» [16].

Разработка методов решения задач согласованной оптимизации и внедрения первых систем согласованного планирования на предприятиях – несомненная заслуга Казахстанской школы теории активных систем под руководством профессора А.А. Ашимова (Борис Джапаров, Насанбадрядден Кулжбаев, Калиоскар Сагынғалиев, Берик Уандыков, Жанбек Шанкитбаев и многие другие) [24].

Дальнейшее развитие методы согласованного планирования получили в работах Виктора Засканова, Геннадия Гришанова и их учеников (Самара) [86, 124, 146], Владимира Кузнецова (Тверь), Грузинской группы под руководством Ивана Горгидзе.

Многоканальные механизмы. Другое направление связано с Новокузнецкой школой профессора Виталия Авдеева и его сотрудников (Тамара Киселева, Леонид Мышляев, Станислав Кулаков и др.). Разработка теории многоканальных активных систем (многовариантных активных систем – по современной терминологии) и внедрение на предприятиях черной металлургии автоматизированных систем «советчик оператора», реализующих принцип многоканального управления – несомненная заслуга проф.

В.П. Авдеева и его учеников (Премия Совета Министров СССР и Государственная Премия СССР за эти работы говорят сами за себя) [23]. Незаурядный, сильный, талантливый ученый Виталий Павлович был большим энтузиастом теории активных систем.

Распределение ресурсов. Большая группа работ в этот период связана с задачей *распределения ресурсов*. Широко распространенная на практике, достаточно простая по формулировке, эта задача стала классическим примером для проверки различных механизмов [15, 18, 21, 36]. Доказательство инвариантности широкого класса механизмов управления (Валерий Опойцев), обоснование гипотезы слабого влияния (Вячеслав Кондратьев), доказательство оптимальности механизмов честной игры, все это впервые было сделано для задачи распределения ресурсов. В прикладном плане этой задачей занимался Станислав Фокин (Минск), Бахтияр Юсупов (Ташкент), Татьяна Нанева (София). Глубокое исследование механизмов распределения ресурсов выполнил Виктор Заруба (Харьков). Татьяна Нанева, аспирант Института в те годы, связующее звено с Болгарской школой профессора Ивана Попчева (Б. Метев, И. Цветанов, И. Гувески, Б. Данев и др.). Ряд результатов совместных исследований нашли отражение в монографии «Большие системы: моделирование организационных механизмов» [28].

Системы оценки деятельности. Следующее направление, получившее развитие за этот период, связано с разработкой систем оценки деятельности и стимулирования, их внедрении в приборостроении и радиопромышленности.

Министром приборостроения Михаилом Сергеевичем Шкабардней и директором нашего Института Вадимом Александровичем Трапезниковым была поставлена задача разработки комплексной системы оценки результатов деятельности предприятий отрасли, стимулирующей научно-технический прогресс. Система «АККОРД» (автоматизированная количественная комплексная оценка результатов деятельности) стала реальным инструментом управления в отрасли. Эту работу возглавил Александр Черкашин вместе с молодыми сотрудниками лаборатории (Елена Умрихина, Светлана Рапацкая, Ирина Явчуновская, Александр Балабаев и др.) [18]. Началась работа по созданию эффективных

механизмов управления циклом «исследование – производство» (Владимир Цыганов) [30]. Активное участие в этих работах принимали работники научно-технического управления Минприбора Николай Гореликов, Валерий Зимоха, Алексей Толстых.

В отрасли радиопромышленности развернулись работы по созданию типовой комплексной системы управления отраслевыми НИИ и КБ (комплексные системы высокой эффективности и качества работ). В их основе лежала также комплексная система оценки результатов деятельности подразделений. Эти работы возглавили Виталий Юхновец, Владлен Никаноров и Леонид Марин. Леонид Марин – прекрасный организатор и обаятельный человек, сумел объединить ученых и практиков в решении единой задачи. Пионером в создании гибкой интегрированной системы управления организацией выступил Вильнюсский НИИ электрографии (Леонардас Королькавас, Наримантас Палюлис, Эдмунтас Трасаускас) [29].

С начала 80-х годов в рамках темы «Эффект-наука» по поручению Госплана СССР проводились работы по анализу и прогнозированию показателей научно-технического прогресса в целом по народному хозяйству на основе применения математических моделей факторного анализа (В.Н. Бурков, А.Ю. Заложнев) [31]. Работы были успешно выполнены и представлены руководству Госплана.

Противозатратные механизмы. Следующая группа работ связана с разработкой так называемых противозатратных механизмов ценообразования и налогообложения [28, 34]. Задача состояла в том, чтобы разработать механизмы, побуждающие даже монополиста снизить затраты и цены на свою продукцию. И такие механизмы были разработаны! Более того, они прошли практическую проверку. Дело в том, что к концу 80-х годов наука перешла на договорные цены. Это привело к существенному росту средств, получаемых научными институтами (и, соответственно, заработков). Госплан и Госкомитет по науке и технике СССР приняли решение провести двухгодичный эксперимент по отработке новых налоговых механизмов в науке, сдерживающих тенденцию роста стоимости работ. Благодаря поддержке руководства отраслей (Минприбора и Минпром средств связи), а также работника

ГКНТ СССР Александра Казакова, Институту удалось попасть в число участников эксперимента. Два года Институт жил в новых условиях. Эксперимент убедительно подтвердил теорию. В результате в последний день первого года эксперимента дирекция, плановый отдел и бухгалтерия Института решали проблему: как уменьшить стоимость уже выполненных работ (то есть снизить их цену) на довольно значительную сумму, поскольку в противном случае мы должны были перечислять в виде налогов гораздо большую сумму.

К сожалению, этот уникальный эксперимент (не только в Союзе, но, думается, и в мире) был забыт, когда началась перестройка. Уже в годы перестройки противозатратная налоговая система предлагалась антимонопольному комитету как средство борьбы с монополистами, но внедрить полноценно ничего не удалось.

Механизмы обмена. Последнее, что хочется отметить отдельно из этого периода, это ряд работ по прогрессивным механизмам обмена, выполненным совместно с Акопом Мамиконяном, Михаилом Кацнельсоном и др. [13]. Речь идет о разработке механизмов обмена ресурсами, побуждающих участников предъявлять к обмену весь ресурс. Эти работы получили продолжение в 2000-х в работах Николая Коргина [94].

Деловые игры. Параллельно с развитием теории активных систем развернулись работы по созданию средств экспериментального исследования механизмов управления на основе метода деловых игр [7, 9]. Возник новый класс деловых игр, получивших название «игры ИПУ». Первые игры такого типа (1970-е годы) были разработаны Александром Ивановским, Александрой Немцовой, Эдуардом Максимовым, Александром Щепкиным, Татьяной Кузьменковой, Наталией Диновой [14, 17, 19, 25, 35]. В дальнейшем это направление возглавили Александр Щепкин (1990-е и 2000-е), а затем (с 2010-х) и Николай Коргин.

Стоит отметить, что почти все диссертационные работы по теории активных систем включали игровые эксперименты (деловые игры) как неотъемлемую часть.

В 1989 году выходит первая научно-популярная книга [27] по теории активных систем.

Идеология теории активных систем оказалась востребованной и в таком ведомстве, как МВД СССР. На базе академии МВД под руководством Владимира Минаева (тоже выпускник МФТИ) был выполнен целый ряд исследований, использующих и развивающих теорию активных систем применительно к задачам органов внутренних дел.

В связи с наметившимися к концу 80-х годов тенденциями к переходу к рыночной экономике в лаборатории проводились исследования по разработке механизмов управления экономикой переходного периода и математическому моделированию реальной экономической политики (В.Н. Бурков, А.Ю. Заложнев, В.И. Пух). Для сравнения различных вариантов экономической политики государства, направленной в т.ч. и на стабилизацию потребительского рынка, использовались процедуры свертки и комплексного оценивания.

На стыке 1980-х и 90-х активное развитие получают механизмы управления проектами и программами [26, 32, 33, 35, 38, 40, 43].

Громадную роль в развитии теории сыграли школы-семинары по Большим системам. Инициатором первых школ выступил Иван Горгидзе, и первые школы были проведены в Тбилиси. Затем – несколько школ в Алма-Ате, Литве (Нида, Малетай), снова Алма-Ата, Тбилиси. Каждая школа давала толчок развитию теории, ставила новые задачи, привлекала новых сторонников. Удивительная атмосфера творческого горения, свободной дискуссии, дружеского общения царила на этих школах.

Такого типа атмосфера характерна и для лаборатории в этот период. У нас не было жесткого графика семинаров. В любой момент можно было выйти к доске и высказать очередную идею, не боясь, что эта идея будет кем-то «украдена».

Подводя итог периода бурного развития и в ширь, и в глубину, можно сказать, что к началу 90-х годов теория активных систем накопила потенциал, достаточный для решения проблем повышения эффективности плановой экономики. Действительно, была разработана и экспериментально внедрена в Минприборе гибкая система комплексной оценки результатов деятельности предприятий, стимулирующая научно-технический прогресс, разработана

теория противозатратных механизмов ценообразования и налогообложения и начался эксперимент ее проверки на двух научных организациях, внедрена система согласованного планирования и оперативного управления на целом ряде предприятий разных отраслей, разработаны и внедрены гибкие интегрированные системы высокой эффективности и качества работ в радиопромышленности, созданы эффективные автоматизированные системы типа «советчик оператора» в черной металлургии.

Нет возможности вдаваться в детали, но не меньший прогресс в разработке эффективных методов управления экономикой имел место и в других ведущих научных школах АН СССР (ВЦ, ВНИИСИ, ЦЭМИ и др.). Убеждены, что на базе этого научного потенциала можно было найти другой путь решения социально-экономических проблем Советского Союза, не столь болезненный и разрушительный. Но, что случилось, то случилось.

Перестройка застала нас врасплох. Такого мы не ожидали! В этих условиях директор института, Ивери Варламович Прангшвили, четко сформулировал главную задачу: «Надо выжить, сохранить институт, сохранить кадры, сохранить российскую науку управления».

4. Новые горизонты (1990-е)

Стали выживать. Выделим условно два направления – «теория» и «приложения».

Во-первых, нужно было переориентировать основные задачи на рыночную экономику (точнее, на экономику переходного периода). А для этого, в первую очередь, более детально изучить состояние зарубежных исследований в близких областях. Эту трудоемкую задачу возглавил еще студентом, а затем – сотрудником лаборатории молодой ученый Дмитрий Новиков вместе со столь же молодыми студентами и аспирантами. И задача была выполнена. В результате появился ряд обзоров, в которых результаты теории активных систем сопоставлялись с зарубежными результатами теории контрактов, теории реализуемости и других близких теорий. Вывод нас обнадежил, - мы были на уровне (где-то отставали, но где-то были впереди). Были поставлены и

решены и многие новые задачи (в области задач стимулирования и планирования, в т.ч. в условиях неопределенности) [39, 42, 46, 47].

Во-вторых, нужно было найти новые точки приложения сил, прикладные задачи в новых экономических условиях. Остановимся на ряде таких задач.

Первая связана с проблемой реформирования и реструктуризации предприятий, от решения которой зависит будущее России. Здесь мы объединились с Валерием Ириковым, с которым еще в 60-х годах внедряли системы сетевого планирования и управления на золото-алмазных приисках Сибири. Объединение теории принятия решений в распределенных системах с теорией активных систем и создание на этой основе практических методик и технологий реформирования оказалось крайне плодотворным. Мы взяли на себя блок «внутрифирменные механизмы управления» [36]. Практические работы по консультированию предприятий велись в основном через фирму РОЭЛ-Консалтинг, возглавляемую Василием Трениным. В настоящее время на основе накопленного опыта разработана комплексная технология создания Систем Управления Развитием (технологии СУР) – см. ниже. Близким направлением является создание системы корпоративного управления, которое вели докторанты Сергей Сочнев, Александр Цветков, аспирант Евгений Маркотенко и др.

Вторая задача связана с широким распространением в российской экономике так называемых зачетных (обменных) схем. Вместе с Григорием Хулапом была дана постановка задачи оптимизации обменных схем, в решение которой включились как сотрудники лаборатории (Ольга Богатурова, Софья Иванова), так и аспиранты, практически применяющие обменные процессы в своем бизнесе (Сергей Овчинников, Виктор Зинченко) [37, 41].

В этот период начинается активное сотрудничество с челябинской школой государственного, регионального и корпоративного управления [44], возглавляемой Олегом Логиновским, которое продолжается по сей день – см. монографии и учебники [56, 66, 81, 95, 108, 140, 147, 194, 199, 211, 212, 213, 223, 240, 244].

На уровне задач государственного регулирования удалось включиться в Федеральную программу «Безопасность», где наша

задача заключалась в разработке экономических механизмов обеспечения безопасности (экологической, от катастроф и чрезвычайных ситуаций). Стил ь нашей работы остался прежним – сотрудничество со специалистами министерств, ведомств и организаций, которые лучше нас знают содержательную сторону вопроса (Евгений Грацианский, Елена Кловач и др.).

Отметим также разработку систем оценки результатов деятельности подразделений и аппарата ГИБДД РФ, начатую по инициативе Виктора Кондратьева.

Конец девяностых и начало двадцать первого века охарактеризовались существенным продвижением как в развитии «старых» областей ТАС, так и в новых актуальных направлениях.

5. XXI век

Начало XXI века характеризовалось несколькими новыми направлениями теории активных систем. Во-первых, были созданы методологические основания управления системами междисциплинарной природы. Во-вторых, активное развитие получили модели принятия решений и теории игр, являющиеся основой формулировки и решения задач управления. В-третьих, окончательно сформировалась теория управления организационными системами (ТУОС). Помимо этого продолжали развиваться модели и методы управления проектами, внутрифирменного управления, деловых игр и др. (см. ниже).

Основания ТАС. В 2007 году вышла монография «Методология» [148] (*методология* – учение об организации деятельности), рассматривающая с единых позиций различные виды человеческой деятельности (научной [180], практической - частный случай – *управленческая деятельность* [195], образовательной, художественной и игровой). В дальнейшем это привело к созданию *методологии комплексной деятельности* (МКД) [239]. Общая методология, методология управления и МКД являются методологическими основаниями ТАС и ТУОС, позволяя систематически рассматривать виды, типы и задачи управления системами междисциплинарной природы, в том числе

позиционируя методы и подходы ТАС и ТУОС относительно других отраслей теории управления [228].

Равновесие в безопасных стратегиях. Направление исследований *равновесий в безопасных стратегиях (РБС)*, как обобщение концепций решения игры в т.ч. в условиях отсутствия равновесия Нэша, было открыто статьей Михаила Исакова 2004 года в журнале «Управление большими системами» и далее развито в наиболее работах [191, 198, 210, 226]. Основными полученными результатами стали: разработка системы определений новой в теории игр концепции решения, исследование в безопасных стратегиях ряда классических игровых задач (пространственной конкуренции Хотеллинга, соревнования за ренту Таллока, рыночной олигополии Бертрана-Эджворта, модели рынка страхования Ротшильда-Стиглица-Вильсона, моделей отраслевой и политической конкуренции Хотеллинга и Даунса), получение фундаментальных теорем существования решений в БС, разработка теоретической модели сложного РБС и решение в ее рамках прикладных задач (Даунс). Наиболее глубокие теоретические результаты – теоремы существования – были получены при помощи условия сильных угроз, построенного по аналогии с принципом сильных штрафов в ранних работах ТАС, которое позволило применять различные известные теоремы существования равновесия Нэша.

В рамках общей классификации направлений ТАС модели РБС находятся на стыке двух классов задач: динамических моделей и моделей с неопределенностью. Фактически оказалось, что РБС является моделью поведения рациональных агентов в условиях неопределенности в динамике. Обычно считается что динамическая последовательность является жестко заданной изначально, либо как одновременность и независимость принятия решения, либо как предопределенная последовательность ходов игроков. Предположение что при одновременном принятии решений появляется изначально неопределенный инсайдер, который может определить свою стратегию «вторым ходом», узнав выбор всех остальных, и что все игроки страхуются от такого обстоятельства, дает ситуацию, описываемую базовым равновесием в безопасных стратегиях. Если же при последовательном принятии решений порядок очередности игроков неизвестен, то логика

рационального осторожного выбора агентов дает сложное равновесие в безопасных стратегиях.

Информационное равновесие и рефлексивное равновесие. Значительным продвижением в теории игр в 2000-е годы стала концепция *информационного равновесия*, обобщающего равновесие Нэша на случай отсутствия общего знания (при нетривиальной взаимной информированности игроков) [99].

Рассматривались *рефлексивные игры*, описывающие взаимодействие субъектов (агентов), принимающих решения на основании иерархии представлений, во-первых, о существенных параметрах (*информационная рефлексия*), во-вторых – о принципах принятия решений оппонентами (*стратегическая рефлексия* – см. также [193]), а также представлений о представлениях и т.д.

Анализ поведения фантомных агентов, существующих в представлениях других реальных или фантомных агентов, и свойств информационной (и рефлексивной) структур, отражающих взаимную информированность реальных и фантомных агентов, позволяет предложить в качестве решения игры информационное (соответственно, рефлексивное) равновесие, которые являются обобщением ряда известных концепций равновесия в некооперативных играх и в моделях коллективного поведения.

Модели информационной и стратегической рефлексии дают возможность:

- описывать и изучать поведение рефлекслирующих субъектов;
- исследовать зависимость выигрышей агентов от рангов их рефлексии;
- ставить и решать задачи информационного и рефлексивного управления в организационных, экономических, социальных и других системах, в военном деле и т.д.;
- единообразно описывать многие явления, связанные с рефлексией: скрытое управление, информационное управление через СМИ, рефлексии в психологии, художественных произведениях и др.

Теория управления организационными системами. В 2005 году вышла первая монография по *теории управления организационными системами* [130] (последующие два издания –

[149, 214]), интегрировавшей в теорию активных систем *оптимизационные механизмы* [62, 187] и расширившей ее на задачи:

- *мотивационного управления* (стимулирование в многоэлементных [55, 57, 76, 98, 137, 138, 169, 181], многоуровневых [50, 68], динамических [82] и сетевых [97] системах [248], в том числе в условиях кооперативного поведения участников [91]);

- *институционального управления* (управления ограничениями и нормами совместной деятельности агентов) [96, 125, 160];

- *управления составом* [93] и *структурой* организационных систем (см. ниже);

- *информационного управления* (см. ниже).

Механизмы планирования. Далее отметим теорию неманипулируемых механизмов. Фундаментальные результаты в области методов построения *неманипулируемых механизмов планирования* и определения классов задач, решение которых достаточно искать в данном классе механизмов получили свое дальнейшее развитие в работах Сергея Петракова, Николая Коргина, Михаила Исакова. В работе [69] С.Н. Петраковым был предложен оригинальный графический метод построения для произвольного механизма планирования соответствующего ему прямого механизма и проверки его неманипулируемости.

Николай Коргин в своей кандидатской диссертации рассмотрел *обменные схемы* в условиях неполной информации, показав, что для отдельных постановок задачи обмена решение опять же достаточно искать в классе механизмов открытого управления [94]. Однако эти результаты, как и все предыдущие в этой области, разрабатывались для «одномерных» задач планирования, в которых каждый агент был заинтересован лишь в значении одной компоненте плана (или собственном подмножестве компонент плана, непересекающимся с подмножествами других агентов).

Под руководством В. Н. Буркова Николай Коргин и Михаил Исаков приступили к исследованию *многомерных задач планирования*, в частности, к задачам многокритериальной активной экспертизы. Согласовывая достижения теории активных систем с наработками *теории коллективного выбора*, удалось получить целый ряд принципиально новых результатов, среди которых хотелось бы выделить изящный результат Николая Коргина о

представимости механизмов последовательного распределения ресурса в виде многомерного механизма активной экспертизы с делегированием, позволивший объединить рассматривавшийся ранее отдельно задачи распределения ресурсов и активной экспертизы в более общую постановку – задачу активного планирования, подходы к решению которой предложил в своей докторской диссертации Николай Коргин. Перечисленные выше результаты позволили преступить к решению целого ряда сложных многомерных задач планирования большой размерности, исследования которых ведутся в настоящее время – в частности это проблема согласования механизмов комплексного оценивания (о чем будет сказано ниже) и гипотеза о достаточности применения механизмов управления при решении задач распределения ресурсов в условиях трансферабельной полезности.

Управление структурой активных систем. Одним из важных предметов управления является *структура активной системы* – совокупность отношений начальник-подчиненный. Давно отмечено, что для изменения работы организации на практике зачастую проще полностью расформировать одно или несколько подразделений и/или создать новые, чем изменить механизмы функционирования в существующих подразделениях.

Начало исследования задач управления структурой в теории активных систем связано с именами волгоградских ученых Воронина А.А. и Мишина С.П. [90]. Предложенные ими в 1998 году понятия организации, выполняющей заданный набор функций, и секционной функции затрат подразделения легли в основу математической теории оптимизации организационных структур.

В работах Мишина С.П. [90, 110, 118, 157], подытоженных в защищенной им в 2013 году докторской диссертации, были рассмотрены экономико-математические модели организационных структур и предложены точные и приближенные алгоритмы решения сложных задач дискретной оптимизации, к которым сводится поиск оптимальной организационной структуры.

Губко М.В. обобщил модель секционной функции затрат и развил общую теорию оптимизации структуры сложных систем, находящую применение в информатике, менеджменте, математической химии и многих других областях [136].

Информационное управление. С начала 21-го века вследствие бурного развития информационных технологий (интернет, онлайн-овые социальные сети и пр.), возросла роль *информационного управления*, то есть воздействия на информированность принимающих решение субъектов – элементов активной системы, осуществляемое с целью побуждения их к совершению требуемых действий. Этими задачами занимались (с начала 2000-х) и занимаются сейчас Д.А. Новиков, А.Г. Чхартишвили, В.О. Корепанов, Д.Н. Федянин и др.

Для описания принятия решения в ситуации сложной взаимной информированности был разработан новый класс теоретико-игровых моделей – *рефлексивные игры* – см. выше и [83, 99, 114, 117].

Модели информационной и стратегической рефлексии дают возможность описывать и изучать поведение рефлексизирующих субъектов, ставить и решать задачи информационного управления в организационных, экономических, социальных и других активных системах. Современное состояние моделей информационного и рефлексивного управления отражены в [193, 216].

Оптимизационные модели и методы в ТАС. Оптимизационные модели являются важной составной частью механизмов управления в ТАС. Многие из них относятся к классу задач *дискретной оптимизации*. Был предложен оригинальный подход к решению задач этого типа – *метод сетевого программирования* (И.В. Буркова) [105], основанный на возможности представления любой функции в виде суперпозиции более простых функций. Если представить целевую функцию и функции ограничений в виде суперпозиций, совпадающих по структуре, можно решение одной сложной задачи свести к решению нескольких более простых, получив в итоге как минимум верхнюю или нижнюю оценку, а в ряде случаев (например, все аддитивные функции) точное оптимальное решение. Отметим, в частности, что многие оптимизационные задачи были эффективно решены методом сетевого программирования [119, 142, 144, 156], в т.ч. в Воронежском государственном техническом университете научной школой С.А. Баркалова.

Механизмы комплексного оценивания. В середине 2000-х механизмы комплексного оценивания (КО) привлекли значительное внимание в целом ряде региональных коллективов, среди которых в первую очередь хотелось бы выделить пермскую и воронежскую научные школы. В Перми под руководством Валерия Харитонов [151, 179] был создан успешный программный продукт для нечеткого комплексного оценивания, и защищен целый ряд диссертаций по развитию и внедрению данных методов. Среди результатов Воронежской школы, о которых будет сказано ниже отдельно, следует выделить результаты Екатерины Казаковой, полученные в рамках работы над кандидатской диссертацией - ею был предложен оригинальный метод синтеза механизмов КО на основе процедур попарных сравнений критериев.

В рамках лаборатории активных систем продолжались работы по внедрению механизмов комплексного оценивания, к которым Владимиру Буркову и Александру Щепкину подключились молодые сотрудники лаборатории – Николай Коргин, Денис Федянин, Василий Гинз. При этом, параллельно с внедрением механизмов КО (были реализованы работы с космической и авиационной отраслью, в области безопасности дорожного движения [197, 233] и др.), разработкой и развитием ПО для комплексного оценивания (программные модули на основе программных платформ РДС и Декон [204, 245]), проводились работы по исследованию возможности согласованного синтеза механизмов комплексного оценивания на основе принципов открытого управления. Николаем Коргиным совместно с Александром Алексеевым из пермского НОЦ был разработан матричный механизм активной экспертизы, позволяющий решать задачу согласования для заданной структуры КО.

В настоящее время в лаборатории ведутся исследования по решению крайне сложно комбинаторной задачи – идентификации механизма комплексного оценивания по обучающему набору примеров, в рамках которых нам удалось предложить принципиально новую, аналитическую запись механизмов комплексного оценивания, позволяющую единообразно представлять матричный свертки разного типа – детерминированные, нечеткие, стохастические, типовую задачи поиска напряженного пути, как и сами

задачи идентификации свести к задачам выпуклого целочисленного программирования с «хорошими» свойствами. Открылась возможность экспансии инструментария комплексного оценивания на обширный класс постановок задач из области анализа данных, столь актуальных в современную эпоху цифровизации.

Внутрифирменное управление. С начала 2000-х годов ведутся работы по разработке моделей и методов *внутрифирменного и внутрикорпоративного управления* применительно к новым условиям хозяйствования, сформировавшимся к тому времени (В.Н. Бурков, А.Ю. Заложнев, А.В. Щепкин и др.) [71, 104].

Также был решен ряд важных прикладных задач, относящихся к конкретным проблемам внутрифирменного и внутрикорпоративного управления, таких как управление поставками, транспортной логистикой и страховой деятельностью (А.Ю. Заложнев, А.А. Иващенко, Т.И. Овчиникова, В.В. Цыганов и др.) [84, 85, 92, 100, 116, 123, 126, 127, 134, 139, 141, 183, 206].

На базе разработанных методик и моделей были созданы программные продукты, которые использовались и используются для управления финансовыми, логистическими и производственными ресурсами предприятий и организаций различных форм собственности.

Управление регионами и корпорациями. Вопросы *управления развитием предприятий* кардинально изменялись за 50 лет развития ТАС. Если в советский период шла речь о совершенствовании управления в рамках планового хозяйствования и единой (государственной) собственности, то с 90-х годов встала задача перехода «на рыночные условия» с точки зрения продаж и «капиталистическом» управлении с точки зрения собственности. Практически полностью сместились акценты по критериям и методам принятия решений. Создание капиталистических холдингов требует выработки правил консолидации и распределения финансовых ресурсов между корпоративным центром и производственными и торговыми предприятиями. Развитие центров финансовой ответственности внутри предприятий (без образования отдельных юридических лиц) наряду с многообразием

форм заработка как центра, так и агентов увеличило количество рассматриваемых моделей взаимодействия «центр-агент».

Интересная постановка задач управления в теории активных систем имеет место в *управлении регионами*. Особенность постановки задачи управления активными элементами в региональном развитии заключается в отсутствии прямых методов воздействия. Собственные интересы предприятий, очевидно, отличаются от целей и задач региональных и муниципальных властей. Если для частных предприятий основным критерием является получение прибыли и/или увеличение капитализации компаний, для государственных – выполнение основной задачи предприятий (оборонного, инфраструктурного и т.п.), а региональным властям, прежде всего, необходимо решать социально-экономические проблемы населения.

Активно обсуждаются методы налогового стимулирования (ОЭЗ, СЭЗ, ТОР и т.п.) развития и привлечения предприятий. Однако диапазон влияния налоговых льгот достаточно узкий (несколько процентов от выручки) и во многих случаях является дополняющим, но не определяющим фактором принятия решений о развитии предприятий.

Здесь необходимо выделить теоретические и практико-ориентированные работы членов научной школы В.А. Ирикова – В.Н. Тренева, С.В. Леонтьева, С.И. Ивановой и др. [58, 72, 73, 77, 78, 80, 88, 101, 154, 159, 163, 164, 165, 168, 170, 173, 176, 186, 189, 190, 208, 209, 224, 242].

Задачи развития многоуровневой системы «страна – регион – предприятие – проект – работник» требуют дальнейшего развития как инструментов теории активных систем, так и сочетания ее инструментов с другими методами управления социально-экономическими системами.

Управление проектами. Наверное, наиболее интенсивное развитие в результате приложения оптимизационных и теоретико-игровых механизмов управления в 2000-х годах получило управление проектами [119, 150, 167], в т.ч. в рамках научных школ Александра Цветкова [63, 64, 70, 89, 107, 109, 129] и Сергея Баркалова [54, 60, 74, 75, 102, 119, 122, 133, 153, 236, 246].

Умные механизмы управления. Отдельно следует отметить разработанный комплекс так называемых «умных механизмов» (механизмов, меняющих поведение организаций и людей в нужную для общества сторону), который опубликован в книге «Механизмы управления» [187], подготовленной рядом ведущих специалистов лаборатории активных систем по инициативе В.В. Кондратьева [192]. По ней читается ряд курсов в различных ВУЗах страны. Кроме того, многие из механизмов реализованы в программном виде в программной среде Расчет динамических систем (РДС) – см. <https://www.ipu.ru/science/applied-research/products/calculation-of-dynamic-systems>. Подчеркнем, что на современном этапе недостаточно иметь набор отдельных механизмов управления – необходимо уметь конструировать из них т.н. *комплексные механизмы*, ориентированные на решение сложных задач. Многие комплексные механизмы описаны в [204].

В качестве направлений активного развития теории активных систем в XXI веке можно выделить:

- распределенные системы принятия решений [51, 65, 78, 106], системный анализ и системная оптимизация [115, 121, 161, 174];

- деловые игры [59, 87];
- управление безопасностью [62];
- параметрическое регулирование в макроэкономических моделях, развиваемое научной школой А.А. Ашимова [215, 238];

- модели коррупционного поведения [135];
- управление недвижимостью [143, 207, 237, 243];
- адаптивные механизмы управления [200];
- управление устойчивым развитием и задачи гармонизации общественных и частных интересов, развиваемые научной школой Г.А. Угольницкого [182, 196, 205, 229, 250];

- модели и методы управления в активных сетевых структурах [187, 225].

7. Заключение

Теория. Базовые монографии по теории активных систем (в исторической ретроспективе) - [12, 16, 18, 24, 28, 36, 130, 157, 187,

248]. Методическое обеспечение: первые учебные пособия [39, 48, 51, 112], а также комплект современных учебников и учебных пособий - [195, 187, 166, 214] (приведены в порядке роста подробности и соответственно убывания легкости освоения; сюда же стоит добавить учебные пособия по методам теории графов [62] и теории игр [79] в управлении организационными системами, а также современное учебное пособие [251], включающее модели стратегического поведения) и упомянутое выше программное обеспечение – комплекс моделей механизмов управления, реализованных средствами программной среды РДС. В последние годы был осуществлен перевод основных монографий и учебников на английский язык и издание в ведущих мировых научных издательствах [185, 201, 202, 203, 217, 218, 221, 222, 227, 231, 249].

Приложения теории активных систем охватывают задачи организационного управления:

- предприятиями и корпорациями (см. выше);
- регионами (см. выше);
- проектами и программами (см. выше);
- эколого-экономическими системами [53, 155];
- образовательными системами и научными исследованиями [45, 48, 67, 111, 113, 131, 132, 171, 172, 234, 247];
- агропромышленными системами [128];
- здравоохранением [219];
- транспортно-логистическими системами [230, 252, 253];
- социальными системами [145, 152, 162, 175, 184, 177, 178, 188, 220, 232, 235, 241];
- информационной безопасностью [158];
- организационно-техническими системами [248].

Завершая краткое изложение пятидесятилетней истории развития теории активных систем, отметим, что, несмотря на все трудности, мы сохраняем оптимизм. Он подкрепляется тем, что идет процесс восстановления старых связей, расширения новых, приходят молодые талантливые ребята. Большая лаборатория активных систем действует!

В заключение авторы просят их извинить, если кого-то или что-то они не упомянули. В «исторических» докладах наших

коллег (см. настоящий сборник) содержится более детальное изложение.

**Библиография: книги и брошюры¹
по теории активных систем (1967 – 2019 гг.)**

1967 – 1977

1. БУРКОВ В.Н., ЛАНДА Б.Д., ЛОВЕЦКИЙ С.Е. *Сетевые модели и задачи управления*. – М.: Советское радио, 1967. – 144 с.
2. БУРКОВ В.Н., ЛОВЕЦКИЙ С.Е. *Комбинаторика и развитие техники*. – М.: Знание, 1968. – 32 с.
3. BURKOV V.N., LERNER A.Ya. *Fairplay in Control of Active Systems / Differential Games and Related Topics*. - Amsterdam, London: North-Holland Publishing Company, 1971. P. 164 – 168.
4. БУРКОВ В.Н., ГОРГИДЗЕ А.Я., ГОРГИДЗЕ И.А. и др. *Проблемы построения автоматизированных систем организационного управления*. - Тбилиси: Мецниереба, 1973. - 49 с.
5. БУРКОВ В.Н., ГОРГИДЗЕ И.А., Ловецкий С.Е. *Прикладные задачи теории графов*. – Тбилиси: Мецниереба, 1974. – 234 с.
6. БУРКОВ В.Н., ЛЕРНЕР А.Я. *Принцип открытого управления*. – М.: ИАТ, 1974. – 128 с.
7. БУРКОВ В.Н., ЕМЕЛЬЯНОВ С.В., ИВАНОВСКИЙ А.Г. и др. *Метод деловых игр*. – М.: МЦНТК, 1976. – 60 с.
8. ПОСПЕЛОВ Г.С., ИРИКОВ В.А. *Программно-целевое планирование и управление*. - М.: «Сов. Радио», 1976. – 440 с.
9. БУРКОВ В.Н., ИВАНОВСКИЙ А.Г., НЕМЦЕВА А.Н., ЩЕПКИН А.В. *Деловые игры*. – М.: ИАТ, 1977. – 70 с.
10. БУРКОВ В.Н., РУБИНШТЕЙН М.И. *Комбинаторное программирование*. – М.: Знание, 1977. – 64 с.
11. ОПОЙЦЕВ В.И. *Равновесие и устойчивость в моделях коллективного поведения*. – М. Наука, 1977. – 245 с.

¹ Большинство работ размещены в свободном доступе в электронной библиотеке на сайте www.mtas.ru.

12. БУРКОВ В.Н. *Основы математической теории активных систем.* – М.: Наука, 1977. – 255 с.
- 1978 – 1987
13. БАГАТУРОВА О.С., КАЦНЕЛЬСОН М.Б., КРАСИЦКАЯ Л.М., МАМИКОНОВ А.Г. *Управление перераспределением ресурсов путем натурального обмена.* – М.: ИПУ, 1978. – 79 с.
14. БУРКОВ В.Н., ИВАНОВСКИЙ А.Г., НЕМЦЕВА А.Н., ЩЕПКИН А.В. *Методические аспекты построения и проведения плановых деловых игр в активных системах / Управленческие игры.* – София: ИСП, 1979. – 408 с.
15. БУРКОВ В.Н., ПАНКОВА Л.А., ШНЕЙДЕРМАН М.В. *Получение и анализ экспертной информации.* – М.: ИПУ, 1980. – 50 с.
16. БУРКОВ В.Н., КОНДРАТЬЕВ В.В. *Механизмы функционирования организационных систем.* – М.: Наука, 1981. – 384 с.
17. БУРКОВ В.Н., ИВАНОВСКИЙ А.Г., МАЛЕВИЧ А.А., ЗАЙЦЕВ М.А., ЩЕПКИН А.В. *Методическое руководство к проведению деловой игры «План».* – М.: МИСиС, 1983. – 26 с.
18. БУРКОВ В.Н., КОНДРАТЬЕВ В.В., ЦЫГАНОВ В.В., Черкашин А.М. *Теория активных систем и совершенствование хозяйственного механизма.* – М.: Наука, 1984. – 272 с.
19. БУРКОВ В.Н., ЩЕПКИН А.В. *Имитационное моделирование и деловые игры / Предметные и тематические комплексы активных методов обучения (методические разработки).* – Ленинград, 1984. – 123 с.
20. КОРОЛЬКОВАС Л., ПАЛЮЛИС Н., ТРАСАУСКАС Э. *Рычаги эффективности науки.* – Вильнюс: Минтис, 1984. – 71 с.
21. ГОРГИДЗЕ И.А. *Совершенствование планирования в активных системах.* – Тбилиси: Мецниереба, 1985. – 70 с.
22. ПОСПЕЛОВ Г.С., ИРИКОВ В.А., КУРИЛОВ А.Е. *Процедуры и алгоритмы формирования комплексных программ.* – М.: Наука, 1985. – 424 с.
23. АДДЕЕВ В.П., БУРКОВ В.Н., ЕНАЛЕЕВ А.К., КИСЕЛЕВА Т.В. *Многоканальные организационные механизмы (Опыт применения в АСУ).* – М.: ИПУ, 1986. – 40 с.

24. АШИМОВ А.А., БУРКОВ В.Н., ДЖАПАРОВ Б.А., КОНДРАТЬЕВ В.В. *Согласованное управление активными производственными системами*. – М.: Наука, 1986. – 247 с.
25. БУРКОВ В.Н., ИВАНОВСКИЙ А.Г., МАЛЕВИЧ А.А., НЕМЦЕВА А.Н., ЩЕПКИН А.В. *Деловые игры в принятии управленческих решений (учебное пособие)*. – М.: МИСиС, 1986. – 106 с.

1988 – 1994

26. КОНДРАТЬЕВ В.В., КУЗНЕЦОВ Н.А., ФИЛИППОВ В.П. *Технология формирования целевых программ (структурное описание)*. – М.: ИПУ, 1988. – 38 с.
27. БУРКОВ В.Н. *Человек. Математика. Управление*. – М.: Просвещение, 1989. – 159 с.
28. БУРКОВ В.Н., ДАНЕВ Б., ЕНАЛЕЕВ А.К. и др. *Большие системы: моделирование организационных механизмов*. – М.: Наука, 1989. – 246 с.
29. БУРКОВ В.Н., ПАЛЮЛИС Н.К., ТРАСАУСКАС З. *Гибкие системы организационного управления*. – Вильнюс: Минтис, 1990. – 167 с.
30. ЦЫГАНОВ В.В. *Адаптивные механизмы в отраслевом управлении*. – М.: Наука, 1991. – 166 с.
31. БУРКОВ В.Н., ЗАЛОЖНЕВ А.Ю. *Макроэкономическое моделирование процесса стабилизации потребительского рынка*. – М.: ИПУ РАН, 1992. – 81 с.
32. БУРКОВ В.Н., ГРАЦИАНСКИЙ Е.В., ЕНАЛЕЕВ А.К., УМРИХИНА Е.В. *Организационные механизмы управления научно-техническими программами*. – М.: ИПУ РАН, 1993. – 63 с.
33. КУЗЬМИЦКИЙ А.А., НОВИКОВ Д.А. *Организационные механизмы управления развитием приоритетных направлений науки и техники*. – М.: ИПУ РАН, 1993. – 67 с.
34. АНУФРИЕВ И.К., БУРКОВ В.Н., ВИЛКОВА Н.В., РАПАЦКАЯ С.Т. *Модели и механизмы внутрифирменного управления*. – М.: ИПУ РАН, 1994. – 72 с.
35. КУЗЬМИЦКИЙ А.А., ЩЕПКИН А.В. *Разработка деловых игр по управлению проектами*. – М.: ИПУ РАН, 1994. – 63 с.

36. БУРКОВ В.Н., ИРИКОВ В.А. *Модели и методы управления организационными системами.* – М.: Наука, 1994. – 269 с.
- 1995 – 1999
37. БУРКОВ В.Н., БАГАТУРОВА О.С., ИВАНОВА С.И. *Оптимизация обменных производственных схем в условиях нестабильной экономики.* – М.: ИПУ РАН, 1996. – 48 с.
38. БУРКОВ В.Н., КУЗЬМИЦКИЙ А.А., НОВИКОВ Д.А., УМРИХИНА Е.В. *Организационные механизмы управления развитием приоритетных направлений науки и техники. Методические рекомендации.* – М.: ИПУ РАН, 1996. – 31 с.
39. БУРКОВ В.Н., НОВИКОВ Д.А. *Введение в теорию активных систем.* – М.: ИПУ РАН, 1996. – 125 с.
40. БУРКОВ В.Н., КВОН О.Ф., ЦИТОВИЧ Л.А. *Модели и методы мультипроектного управления.* – М.: ИПУ РАН, 1997. – 62 с.
41. БУРКОВ В.Н., ГОРГИДЗЕ И.И., НОВИКОВ Д.А., ЮСУПОВ Б.С. *Модели и механизмы распределения затрат и доходов в рыночной экономике.* – М.: ИПУ РАН, 1997. – 59 с.
42. НОВИКОВ Д.А. *Механизмы стимулирования в моделях активных систем с нечеткой неопределенностью.* – М.: ИПУ РАН, 1997. – 101 с.
43. БУРКОВ В.Н., НОВИКОВ Д.А. *Как управлять проектами.* – М.: Синтег, 1997. – 188 с.
44. ЛОГИНОВСКИЙ О.В. *Управление и моделирование в социальных и экономических системах: монография.* – Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 1997. – 501 с.
45. НОВИКОВ Д.А. *Закономерности итеративного научения.* – М.: ИПУ РАН, 1998. – 96 с.
46. НОВИКОВ Д.А. *Обобщенные решения задач стимулирования в активных системах.* – М.: ИПУ РАН, 1998. – 68 с.
47. НОВИКОВ Д.А. *Стимулирование в социально-экономических системах (базовые математические модели).* – М.: ИПУ РАН, 1998. – 216 с.
48. БУРКОВ В.Н., НОВИКОВ Д.А. *Модели и механизмы теории активных систем в управлении качеством подготовки*

специалистов. – М.: Исследовательский центр проблем качества подготовки специалистов МО и ПО РФ, 1998. – 158 с.

49. БУРКОВ В.Н., НОВИКОВ Д.А. *Теория активных систем: состояние и перспективы.* – М.: Синтег, 1999. – 128 с.
50. НОВИКОВ Д.А. *Механизмы функционирования многоуровневых организационных систем.* – М.: Фонд «Проблемы управления», 1999. – 150 с.
51. НОВИКОВ Д.А., ПЕТРАКОВ С.Н. *Вводный курс теории активных систем.* – М.: Синтег, 1999. – 128 с.
52. ИРИКОВ В.А., ТРЕНЁВ В.Н. *Распределённые системы принятия решений. Теория и приложения.* – М.: Наука, 1999. – 326 с.
53. УГОЛЬНИЦКИЙ Г.А. *Управление эколого-экономическими системами.* – М.: Вузовская книга, 1999. – 128 с.

2000

54. БАРКАЛОВ С.А., БУРКОВ В.Н., КУРОЧКА П.Н., ОБРАЗЦОВ Н.Н. *Задачи управления материально-техническим снабжением в рыночной экономике.* – М.: ИПУ РАН, 2000. – 58 с.
55. КОЧИЕВА Т.Б., НОВИКОВ Д.А. *Базовые системы стимулирования.* – М.: Апостроф, 2000. – 108 с.
56. ЛОГИНОВСКИЙ О.В. *Мировой опыт преодоления социально-экономических кризисов и проблема выбора стратегии экономического развития России.* – Челябинск: Издательство Уральского академии государственной службы, 2000. – 123 с.
57. НОВИКОВ Д.А., ЦВЕТКОВ А.В. *Механизмы стимулирования в многоэлементных организационных системах.* – М.: Апостроф. 2000. – 184 с.

2001

58. АНДРОННИКОВА Н.Г., БАРКАЛОВ С.А., БУРКОВ В.Н., КОТЕНКО А.М. *Модели и методы оптимизации региональных программ развития.* – М.: ИПУ РАН, 2001. – 60 с.

59. БАБКИН В.Ф., БАРКАЛОВ С.А., ЩЕПКИН А.В. *Деловые имитационные игры в организации и управлении*. – Воронеж: ВГАСУ, 2001. – 207 с.
60. БАРКАЛОВ С.А., БУРКОВ В.Н. *Минимизация упущенной выгоды в задачах управления проектами*. – М.: ИПУ РАН, 2001. – 56 с.
61. БУРКОВ В.Н., ГРАЦИАНСКИЙ Е.В., ДЗЮБКО С.И., ЩЕПКИН А.В. *Модели и методы управления безопасностью*. М.: Синтег, 2001. 153 – с.
62. БУРКОВ В.Н., ЗАЛОЖНЕВ А.Ю., НОВИКОВ Д.А. *Теория графов в управлении организационными системами*. – М.: Синтег, 2001. – 124 с.
63. ГЛАМАЗДИН Е.С., НОВИКОВ Д.А., ЦВЕТКОВ А.В. *Механизмы управления корпоративными программами: информационные системы и математические модели*. – М.: Спутник+, 2001. – 159 с.
64. КОЛОСОВА Е.В., НОВИКОВ Д.А., ЦВЕТКОВ А.В. *Методика освоения объема в оперативном управлении проектами*. – М.: Апостроф, 2001. – 156 с.
65. КУЛЬБА В.В., КОВАЛЕНСКИЙ С.С., ГОРГИДЗЕ И.А. и др. *Методы повышения эффективности и качества функционирования автоматизированных информационно управляющих систем*. – М.: Компьютер, 2001.
66. ЛОГИНОВСКИЙ О.В. *Управление и стратегии*. – Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2001. – 704 с.
67. НОВИКОВ Д.А. *Модели и методы управления развитием региональных образовательных систем*. – М.: ИУО РАО, 2001. – 83 с.
68. НОВИКОВ Д.А., ЦВЕТКОВ А.В. *Механизмы функционирования организационных систем с распределенным контролем*. – М.: ИПУ РАН, 2001. 118 – с.
69. ПЕТРАКОВ С.Н. *Механизмы планирования в активных системах: неманипулируемость и множества диктаторства*. – М.: ИПУ РАН, 2001. – 135 с.
70. ЦВЕТКОВ А.В. *Стимулирование в управлении проектами*. – М.: Апостроф, 2001. – 144 с.

71. ЩЕПКИН А.В. *Механизмы внутрифирменного управления.* – М.: ИПУ РАН, 2001. – 80 с.

2002

72. АНДРОННИКОВА Н.Г., БУРКОВ В.Н., ЛЕОНТЬЕВ С.В. *Комплексное оценивание в задачах регионального управления.* – М.: ИПУ РАН, 2002. – 54 с.
73. БАЛАШОВ В.Г., ИРИКОВ В.А., ТОКАРЕВ В.Д. *Опыт реформирования: четырехкратный рост и техперевооружение.* – М.: Приор, 2002. – 320 с.
74. БАРКАЛОВ П.С., БУРКОВА И.В., ГЛАГОЛЕВ А.В., Колпачев В.Н. *Задачи распределения ресурсов в управлении проектами.* – М.: ИПУ РАН, 2002. – 65 с.
75. БАРКАЛОВ С.А., БАКУНЕЦ О.Н., ГУРЕЕВА И.В., КОЛПАЧЕВ В.Н., РУССМАН И.Б. *Оптимизационные модели распределения инвестиций на предприятии по видам деятельности.* – М.: ИПУ РАН, 2002. – 68 с.
76. БАРКАЛОВ С.А., НОВИКОВ Д.А., ПОПОВ С.С. *Индивидуальные стратегии предложения труда: теория и практика.* – М.: ИПУ РАН, 2002. – 109 с.
77. БУРКОВ В.Н., ЗАЛОЖНЕВ А.Ю., ЛЕОНТЬЕВ С.В., НОВИКОВ Д.А. *Механизмы финансирования программ регионального развития.* – М.: ИПУ РАН, 2002. 52 – с.
78. ГИЛЕВ С.Е., ЛЕОНТЬЕВ С.В., НОВИКОВ Д.А. *Распределенные системы принятия решений в управлении региональным развитием.* – М.: ИПУ РАН, 2002. – 54 с.
79. ГУБКО М.В., НОВИКОВ Д.А. *Теория игр в управлении организационными системами.* – М.: Синтег, 2002. – 148 с.
80. ЛЕОНТЬЕВ С.В. *Модели и методы управления региональным развитием.* – М.: Физматлит, 2002. – 202 с.
81. ЛОГИНОВСКИЙ О.В., ЕМЕЛЬЯНОВА И.В., БОЛОДУРИНА И.П., ГРЕБЕНЮК В.Ф. *Методы экономико-математического моделирования процессов управления.* – Оренбург: Издательство ИПК ОГУ, 2002. – 120 с.
82. НОВИКОВ Д.А., СМЕРНОВ И.М., ШОХИНА Т.Е. *Механизмы управления динамическими активными системами.* – М.: ИПУ РАН, 2002. – 124 с.

83. НОВИКОВ Д.А., ЧХАРТИШВИЛИ А.Г. *Активный прогноз.* – М.: ИПУ РАН, 2002. – 101 с.

2003

84. БАЛАШОВ В.Г., ЗАЛОЖНЕВ А.Ю., ИВАЩЕНКО А.А., НОВИКОВ Д.А. *Механизмы управления организационными проектами.* – М.: ИПУ РАН, 2003. – 73 с.
85. БАРКАЛОВ С.А., БУРКОВ В.Н., НОВИКОВ Д.А., ШУЛЬЖЕНКО Н.А. *Модели и механизмы в управлении организационными системами.* – М.: Издательство «Тульский полиграфист», 2003. Том 1. – 560 с., Том 2 – 380 с., Том 3 – 205 с.
86. БОГАТЫРЕВ В.Д. *Модели механизмов взаимодействия в активных производственно-экономических системах.* – Самара: СНЦ РАН, 2003. – 230 с.
87. БУРКОВ В.Н., ДЖАВАХАДЗЕ Г.С., ДИНОВА Н.И., ЩЕПКИН Д.А. *Применение игрового имитационного моделирования для оценки эффективности экономических механизмов.* – М.: ИПУ РАН, 2003. – 51 с.
88. БУРКОВ В.Н., ДОРОХИН В.В., БАЛАШОВ В.Г. *Механизмы согласования корпоративных интересов.* – М.: ИПУ РАН, 2003. – 73 с.
89. ВАСИЛЬЕВ Д.К., ЗАЛОЖНЕВ А.Ю., НОВИКОВ Д.А., ЦВЕТКОВ А.В. *Типовые решения в управлении проектами.* – М.: ИПУ РАН, 2003. – 84 с.
90. ВОРОНИН А.А., МИШИН С.П. *Оптимальные иерархические структуры.* – М.: ИПУ РАН, 2003. – 214 с.
91. ГУБКО М.В. *Управление организационными системами с коалиционным взаимодействием участников.* – М.: ИПУ РАН, 2003. – 140 с.
92. ЗАЛОЖНЕВ А.Ю. *Прикладные модели и методы внутрифирменного управления.* – М.: ИПУ РАН, 2003. – 167 с.
93. КАРАБАЕВ А.П. *Модели и методы управления составом активных систем.* – М.: ИПУ РАН, 2003. – 151 с.
94. КОРГИН Н.А. *Механизмы обмена в активных системах.* – М.: ИПУ РАН, 2003. – 126 с.

95. ЛОГИНОВСКИЙ О.В., БОЛОДУРИНА И.П. *Государственное управление промышленностью в регионах РФ.* – М.: Машиностроение, 2003. – 368 с.
96. НОВИКОВ Д.А. *Институциональное управление организационными системами.* – М.: ИПУ РАН, 2003. – 68 с.
97. НОВИКОВ Д.А. *Сетевые структуры и организационные системы.* – М.: ИПУ РАН, 2003. – 108 с.
98. НОВИКОВ Д.А. *Стимулирование в организационных системах.* – М.: Синтег, 2003 – 312 с.
99. НОВИКОВ Д.А., ЧХАРТИШВИЛИ А.Г. *Рефлексивные игры.* – М.: Синтег, 2003. – 160 с.
100. ОВЧИННИКОВА Т.И., ЦЫГАНОВ В.В. *Адаптивные механизмы страхования.* – М.: ИПУ РАН, 2003. – 72 с.

2004

101. БАЛАШОВ В.Г., ИРИКОВ В.А., ЛАРИН В.Я. *Механизмы, обеспечивающие удвоение темпов экономического роста регионов.* – М.: Витос, 2004. – 180 с.
102. Баркалов С.А., БУРКОВА И.В., КОЛПАЧЕВ В.Н., ПОТАПЕНКО А.М. *Модели и методы распределения ресурсов в управлении проектами.* – М.: ИПУ РАН, 2004. – 85 с.
103. БОГАТЫРЕВ В.Д. *Модели и механизмы согласованного взаимодействия в задачах антикризисного управления.* – Самара: СНЦ РАН, 2004. – 284 с.
104. БУРКОВ В.Н., АГЕЕВ И.А., БАРАНЧИКОВА Е.А. и др. *Механизмы корпоративного управления.* – М.: ИПУ РАН, 2004. – 109 с.
105. БУРКОВА И.В. *Метод дихотомического программирования в задачах управления проектами.* – Воронеж: ВГАСУ, 2004. – 100 с.
106. КИСЕЛЕВА Т.В., БУРКОВ В.Н., РУДЕНКОВА Е.Г. и др. *Структурный анализ временных последовательностей данных.* – Новокузнецк: СибГИУ, 2004. – 139 с.
107. КОНОВАЛЬЧУК Е.В., НОВИКОВ Д.А. *Модели и методы оперативного управления проектами.* – М.: ИПУ РАН, 2004. – 63 с.

108. ЛОГИНОВСКИЙ О.В., ЛЮБИЦЫН В.Н. *Региональное управление*. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2004. – 178 с.
109. ЛЫСАКОВ А.В., НОВИКОВ Д.А. *Договорные отношения в управлении проектами*. – М.: ИПУ РАН, 2004. – 100 с.
110. МИШИН С.П. *Оптимальные иерархии управления в экономических системах*. – М.: ПМСОФТ, 2004. – 190 с.
111. НОВИКОВ Д.А. *Статистические методы в педагогических исследованиях (типовые случаи)*. – М.: МЗ-Пресс, 2004. – 67 с.
112. НОВИКОВ Д.А. *Теория управления организационными системами: вводный курс*. – М.: ИПУ РАН, 2004. – 81 с.
113. НОВИКОВ Д.А., ГЛОТОВА Н.П. *Модели и механизмы управления образовательными сетями и комплексами*. – М.: Институт управления образованием РАО, 2004. – 142 с.
114. НОВИКОВ Д.А., ЧХАРТИШВИЛИ А.Г. *Прикладные модели информационного управления*. – М.: ИПУ РАН, 2004. – 129 с.
115. ПРАНГИШВИЛИ И.В., БУРКОВ В.Н., ГОРГИДЗЕ И.А., ДЖАВАХАДЗЕ Г.С., ХУРОДЗЕ Р.А. *Системные закономерности и системная оптимизация*. Москва, Синтег, 2004. – 208 с.
116. ЦЫГАНОВ В.В., БОРОДИН В.А., ШИШКИН Г.Б. *Интеллектуальное предприятие: механизмы овладения капиталом и властью (теория и практика управления эволюцией организации)*. – М.: Университетская книга, 2004. – 768 с.
117. ЧХАРТИШВИЛИ А.Г. *Теоретико-игровые модели информационного управления*. – М.: ПМСОФТ, 2004. – 227 с.

2005

118. MISHIN S.P. *Optimal organizational hierarchies in firms*. - Moscow: Institute of Control Sciences, 2005. – 164 p.
119. БАРКАЛОВ С.А., ВОРОПАЕВ В.И., СЕКЛЕТОВА Г.И. и др. *Математические основы управления проектами* / Под ред. В.Н. Буркова – М.: Высшая школа, 2005. – 423 с.
120. БАРКАЛОВ С.А., БУРКОВА И.В., КОЛПАЧЕВ В.Н., КОТЕНКО А.М., ПОТАПЕНКО А.М. *Оптимизационные*

- модели и механизмы в управлении проектами.* – Воронеж: ВГАСУ, 2005. – 912 с.
121. БУРКОВ В.Н., БУРКОВА И.В., ГОРГИДЗЕ И.А. и др. *Задачи управления в социальных и экономических системах.* – М.: СИНТЕГ, 2005. – 256 с.
122. БУРКОВА И.В., МИХИН П.В., ПОПОК М.В. и др. *Модели и методы оптимизации планов проектных работ.* – М.: ИПУ РАН, 2005. – 88 с.
123. ГАЛИНСКАЯ Е.В., ИВАЩЕНКО А.А., НОВИКОВ Д.А. *Модели и механизмы управления развитием персонала.* – М.: ИПУ РАН, 2005. – 68 с.
124. ГЕРАСЬКИН М.И. *Согласование экономических интересов в корпоративных структурах.* – М.: ИПУ РАН, 2005. – 293 с.
125. ЕРМАКОВ Н.С., ИВАЩЕНКО А.А., НОВИКОВ Д.А. *Модели репутации и норм деятельности.* – М.: ИПУ РАН, 2005. – 67 с.
126. ЗАЛОЖНЕВ А.Ю. *Внутрифирменное управление. Оптимизация процедур функционирования.* – М.: ПМСОФТ, 2005. – 290 с.
127. ИВАЩЕНКО А.А., КОЛОБОВ Д.В., НОВИКОВ Д.А. *Механизмы финансирования инновационного развития фирмы.* – М.: ИПУ РАН, 2005. – 66 с.
128. КУРОПАТКИН М.А. *Модели и методы мотивационного управления в сельскохозяйственных производственных корпорациях.* – М.: ИПУ РАН, 2005. – 127 с.
129. МАТВЕЕВ А.А., НОВИКОВ Д.А., ЦВЕТКОВ А.В. *Модели и методы управления портфелями проектов.* – М.: ПМСОФТ, 2005. – 206 с.
130. НОВИКОВ Д.А. *Теория управления организационными системами.* – М.: МПСИ, 2005. – 584 с.
131. НОВИКОВ Д.А., НОВОЧАДОВ В.В. *Статистические методы в медико-биологическом эксперименте (типовые случаи).* – Волгоград: Издательство ВолГМУ, 2005. – 84 с.
132. НОВИКОВ Д.А., СУХАНОВ А.Л. *Модели и механизмы управления научными проектами в ВУЗах.* – М.: Институт управления образованием РАО, 2005. – 80 с.

2006

133. БАРКАЛОВ С.А., ВИНОГРАДОВА Н.С., ФРОЛОВА Н.В. и др. *Модели и методы оперативного бюджетирования строительного предприятия*. – М.: ИПУ РАН, 2006. – 93 с.
134. БОРОДУЛИН А.Н., ЗАЛОЖНЕВ А.Ю., ШУРЕМОВ Е.Л. *Внутрифирменное управление, учет и информационные технологии*. – М.: ПМСОФТ, 2006. – 340 с.
135. ВЫБОРНОВ Р.А. *Модели и методы управления организационными системами с коррупционным поведением участников*. – М.: ИПУ РАН, 2006. – 110 с.
136. ГУБКО М.В. *Математические модели оптимизации иерархических структур*. – М.: ЛЕНАНД, 2006. – 264 с.
137. ЗАЛОЖНЕВ Д.А., НОВИКОВ Д.А. *Модели тарифно-премиальных систем оплаты труда*. – М.: ИПУ РАН, 2006. – 75 с.
138. ИВАЩЕНКО А.А., НОВИКОВ Д.А., ЩЕПКИНА М.А. *Модели и механизмы многокритериального стимулирования в организационных системах*. – М.: ИПУ РАН, 2006. – 60 с.
139. ИСКАКОВ М.Б. *Модели и методы управления привлечением вкладов в банковскую сберегательную систему*. – М.: ИПУ РАН, 2006. – 156 с.
140. ЛОГИНОВСКИЙ О.В., МАКСИМОВ А.А. *Управление промышленным предприятием: науч. изд.* – Т. 1.-4. – М.: Машиностроение, 2006.
141. НОВИКОВ Д.А., ИВАЩЕНКО А.А. *Модели и методы организационного управления инновационным развитием фирмы*. – М.: ЛЕНАНД, 2006. – 332 с.

2007

142. БАРКАЛОВ С.А., БУРКОВ В.Н., БУРКОВА И.В. и др. *Модели и методы управления проектами при реформировании и реструктуризации предприятий*. – Воронеж: ВГАСУ, 2007. – 528 с.
143. БАРКАЛОВ С.А., БУРКОВ В.Н., КУРОЧКА П.Н. и др. *Модели и механизмы управления недвижимостью*. – М., 2007. – 309 с.
144. БУРКОВ В.Н., БУРКОВА И.В., БУРДЖАНИДЗЕ В.О. и др. *Некоторые задачи управления корпоративными системами*.

- М: Издательский дом «Технический университет», 2007. – 238 с.
145. БУХАРИН С.Н., ЦЫГАНОВ В.В. *Методы и технологии информационных войн.* - М.: Академический проект. 2007. – 387 с.
146. ВАСИЛЬЕВА О.Н., ЗАСКАНОВ В.В., ИВАНОВ Д.Ю. и др. *Модели и методы материального стимулирования (теория и практика)* / Под ред. проф. В.Г. Засканова и проф. Д.А. Новикова. – М.: ЛЕНАНД, 2007. – 288 с.
147. ЛОГИНОВСКИЙ О.В., МАКСИМОВ А.А. *Корпоративное управление.* – Т. 2. – М.: Машиностроение, 2007. – Т. 2. – 624 с.
148. НОВИКОВ А.М., НОВИКОВ Д.А. *Методология.* – М.: Синтег, 2007. – 680 с.
149. НОВИКОВ Д.А. *Теория управления организационными системами.* 2-е изд. – М.: Издательство физико-математической литературы, 2007. – 584 с.
150. НОВИКОВ Д.А. *Управление проектами: организационные механизмы.* – М.: ПМСОФТ, 2007. – 140 с.
151. ХАРИТОНОВ В.А., БЕЛЫХ А.А. *Технологии современного менеджмента.* – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2007. – 190 с.
152. ЦЫГАНОВ В.В., БУХАРИН С.Н. *Информационные войны в бизнесе и политике. Теория и методология.* - М.: Академический проект. 2007. - 336 с.

2008

153. АЛФЕРОВ В.И., БАРКАЛОВ С.А., БУРКОВ В.Н. и др. *Прикладные задачи управления строительными проектами.* – Воронеж: ВГАСУ. 2008. – 766 с.
154. БАЛАШОВ В.Г., ИРИКОВ В.А., ИВАНОВА С.И. и др. *ПРО и стоимость российских компаний: мода и реалии.* - М.: Дело, 2008. – 335 с.
155. БУРКОВ В.Н. НОВИКОВ Д.А., ЩЕПКИН А.В. *Механизмы управления эколого-экономическими системами* / Под ред. академика С.Н. Васильева. – М.: Издательство физико-математической литературы, 2008. – 244 с.

156. БУРКОВА И.В., БАРКАЛОВ С.А., КУРОЧКА П.Н. *Модели и методы управления строительными проектами*. Воронеж: ВГАСУ, 2015. – 440 с.
157. ВОРОНИН А.А., ГУБКО М.В., МИШИН С.П. и др. *Математические модели организаций*. – М.: ЛЕНАНД, 2008. – 360 с.
158. КАЛАШНИКОВ А.О. *Организационные механизмы управления информационными рисками корпораций*. – М.: ПМСОФТ, 2008. – 175 с.
159. НИКИТИН А.А., ИРИКОВ В.А., ХРИСТЮК А.А. *Разработка и реализация стратегии инновационного развития машиностроительного предприятия с использованием бюджетирования, ориентированного на результат. Методика и практика*. – М.: МИЭЭ, 2008. – 104 с.
160. НОВИКОВ Д.А. *Математические модели формирования и функционирования команд*. – М.: Издательство физико-математической литературы, 2008. – 184 с.
161. РАЙКОВ А.Н. *Системные исследования в сфере принятия управленческих решений: теория и практика*. – М.: Моск. городск. ун-т управления Правительства Москвы, 2008. – 216 с.
162. ЦЫГАНОВ В.В. *Модели и механизмы функционирования политико-экономических систем*. – М.: ИПУ РАН, 2008. – 44 с.

2009

163. БАЛАШОВ В.Г., ИРИКОВ В.А. *Технологии повышения финансового результата*. – М.: МЦФЭР, 2009. – 672 с.
164. БАЛАШОВ В.Г., ИРИКОВ В.А., ИВАНОВА С.И. *Рост и прорыв в лидеры: практикум по преодолению кризиса*. – М.: Дело, 2009. – 335 с.
165. БУРКОВ В.Н., БОРОВКОВА А.В., ВЕРЕТЕННИКОВ В.В. и др. *Переход региона на инновационное развитие: пример проекта системы управления инновационным развитием Владимирской области* / Под ред. Ирикова В.А. – М.: ИПУ РАН, 2011. – 126 с.
166. БУРКОВ В.Н., КОРГИН Н.А., НОВИКОВ Д.А. *Введение в теорию управления организационными системами* / Под ред. Д.А. Новикова. – М.: ЛИБРОКОМ, 2009 – 264 с.

167. ГОНТАРЕВА И.В., НИЖЕГОРОДЦЕВ Р. М.,
НОВИКОВ Д.А. *Управление проектами*. – М.: Либроком,
2009. – 384 с.
168. ДУБИНЕЦ О.В., ИРИКОВ В.А. *Адаптивная инновационная стратегия антикризисного управления ростом малых и средних предприятий. Методика и пример реализации*. – М: МИЭЭ, 2009. – 96 с.
169. ЗАЛОЖНЕВ Д.А., НОВИКОВ Д.А. *Модели систем оплаты труда*. – М.: ПМСОФТ. 2009. – 192 с.
170. ИРИКОВ В.А., НОВИКОВ Д.А., ТРЕНЁВ В.Н. *Целостная система государственно-частного управления инновационным развитием как средство удвоения темпов выхода России из кризиса и посткризисного роста*. – М: ИПУ РАН, 2009. – 228 с.
171. НОВИКОВ Д.А. *Введение в теорию управления образовательными системами*. – М.: Эгвес, 2009. – 156 с.
172. НОВИКОВ Д.А. *Теория управления образовательными системами*. – М.: Народное образование, 2009. – 416 с.
173. ПЕРЕДЕРИЙ С.А., ИРИКОВ В.А. *Управленческие и производственные инновации как средство противодействия кризису. Методика и пример реализации в рыбодобывающей компании*. – М: МИЭЭ, 2009. – 96 с.
174. РАЙКОВ А.Н. *Конвергентное управление и поддержка решений*. – М.: ИКАР, 2009. – 245 с.
175. ШУЛЬЦ В.Л., ЦЫГАНОВ В.В., ИДРИСОВ Р.Ф. и др. *Безопасность социально-экономических систем*. – М.: Наука. 2009. – 272с.

2010

176. БУРКОВ В.Н., ЗУБАРЕВ В.В., ЕНАЛЕЕВ А.К. и др. *Переход территорий на инновационный сценарий развития. Пример стратегии инновационного развития муниципального образования и системы управления ее реализацией*. – М.: ИПУ РАН, 2010. – 80 с.
177. ГУБАНОВ Д.А., НОВИКОВ Д.А., ЧХАРТИШВИЛИ А.Г. *Социальные сети: модели информационного влияния*,

- управления и противоборства. – М.: Издательство физико-математической литературы, 2010. – 228 с.
178. ГУБАНОВ Д.А., КОРГИН Н.А., НОВИКОВ Д.А., РАЙКОВ А.Н. *Сетевая экспертиза* / Под ред. чл.-к. РАН Д.А. Новикова, проф. А.Н. Райкова. – М.: Эгвес, 2010. – 168 с.
 179. *Интеллектуальные технологии обоснования инновационных решений* / Под науч. ред. В.А. Харитонов. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2010. – 342 с.
 180. НОВИКОВ А.М., НОВИКОВ Д.А. *Методология научного исследования*. – М.: Либроком, 2010. – 280 с.
 181. НОВИКОВ Д.А. *Экспериментальное исследование индивидуальных стратегий предложения труда*. – М.: Эгвес, 2010. – 104 с.
 182. УГОЛЬНИЦКИЙ Г.А. *Иерархическое управление устойчивым развитием*. – М.: Издательство физико-математической литературы, 2010. – 336 с.
 183. ЧИСТОВ Д.В., ШУРЕМОВ Е.Л., ЗАЛОЖНЕВ А.Ю. и др. *Инновационные технологии внутрифирменного управления*. – М.: ВивидАрт, 2010. – 452 с.
 184. ШУЛЬЦ В.Л., ЦЫГАНОВ В.В. *Модернизация системы национальной безопасности. Модели и механизмы федеральной, региональной, муниципальной и корпоративной безопасности*. – М.: Наука, 2010. – 216 с.

2011

185. OUGOLNITSKY G. *Sustainable Management*. – N.Y.: Nova Science Publishers, 2011. – 287 p.
186. БУРКОВ В.Н., БОРОВА А.В., ВЕРЕТЕННИКОВ В.В. и др. *Переход региона на инновационное развитие: пример проекта системы управления инновационным развитием Владимирской области* / Под ред. Ирикова В.А. – М.: ИПУ РАН, 2011. – 126 с.
187. БУРКОВ В.Н., БУРКОВА И.В. и др. *Механизмы управления: Мультифункциональное учебное пособие* / Под ред. Д.А. Новикова. – М.: УРСС, 2011. – 216 с.

188. ГУБАНОВ Д.А., КОРГИН Н.А., НОВИКОВ Д.А. и др. *Сетевая экспертиза*. 2-е изд. / Под ред. чл.-к. РАН Д.А. Новикова, проф. А.Н. Райкова. – М.: Эгвес, 2011. – 166 с.
189. ЕНАЛЕЕВ А.К., БУРКОВ В.Н., ИРИКОВ В.А. *Создание целостной системы управления развитием территории. Этап I: опыт и технологии разработки стратегий социально-экономического развития муниципальных образований*. – М.: ИПУ РАН, 2011. – 104 с.
190. ИРИКОВ В.А., ОТАРАШВИЛИ З.А. *Алгоритмы и информационные технологии решения типовых задач подготовки и принятия выгодных финансовых стратегий*. – М., 2011. – 104 с.
191. ИСКАКОВ М.Б., ИСКАКОВ А.Б., ПАВЛОВ П.А. *Solution of the Hotelling's Game in Secure Strategies: Working paper WP7/2011/06*. – М.: Publishing House of the Higher School of Economics, 2011. – 36 с.
192. *Конструктор регулярного менеджмента: Пакет мультимедийных учебных пособий* / Под ред. В.В. Кондратьева. – М.: ИНФРА-М, 2011 – 256 с.
193. КОРЕПАНОВ В.О. *Модели рефлексивного группового поведения и управления*. – М.: ИПУ РАН, 2011. – 133 с.
194. ЛОГИНОВСКИЙ О.В. *Динамика глобального мира*. – Т. 5., КН. 1. – М.: Машиностроение, 2011. – 1152 с.
195. НОВИКОВ Д.А. *Методология управления*. – М.: Либроком, 2011. – 128 с.
196. УГОЛЬНИЦКИЙ Г.А. *Устойчивое развитие организаций. Системный анализ, математические модели и информационные технологии управления*. – М: Издательство физико-математической литературы, 2011. – 320 с.

2012

197. БУРКОВ В.Н., КОНДРАТЬЕВ В.Д., ЩЕПКИН А.В. *Механизмы повышения безопасности дорожного движения* – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2012. – 208 с.
198. ИСКАКОВ М.Б., ИСКАКОВ А.Б. *Развитие концепции равновесий в безопасных стратегиях*. – М.: Изд. дом Высшей школы экономики, 2012. – 52 с.

199. КОРЕННАЯ К.А., ЛОГИНОВСКИЙ О.В., МАКСИМОВ А.А. *Информационное обеспечение управления промышленным предприятием по производству ферросплавов: уч. пособие.* - Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2012. – 119 с.
200. ЦЫГАНОВ В.В. *Адаптивные механизмы и высокие гуманитарные технологии. Теория гуманитарных систем.* – М.: Академический проект, 2012. – 346 с.

2013

201. BURKOV V., GOUBKO M., KONDRAT'EV V. et al. *Mechanism Design and Management: Mathematical Methods for Smart Organizations (for managers, academics and students).* – New York: Nova Publishers, 2013. (Print and e-book). – 204 с.
202. NOVIKOV D. *Theory of Control in Organizations.* – New York: Nova Science Publishers, 2013. – 341 p.
203. NOVIKOV D. *Control Methodology.* – New York: Nova Science Publishers, 2013. – 76 p.
204. БУРКОВ В.Н., БУРКОВА И.В., ГУБКО М.В. и др. *Механизмы управления: Управление организацией: планирование, организация, стимулирование, контроль: учебное пособие.* Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: ЛЕНАНД, 2013. – 216 с.
205. ДРУЖИНИН А.Г., УГОЛЬНИЦКИЙ Г.А. *Устойчивое развитие территориальных социально-экономических систем: теория и практика моделирования: монография.* – М: Вузовская книга, 2013. – 224 с.
206. ЗАЛОЖНЕВ А.Ю., ЧИСТОВ Д.В., ШУРЕМОВ Е.Л. *Модели и методы решения типовых задач экономического анализа.* – Москва, Бухгалтерия и банки, 2013. – 150 с.
207. *Интеллектуальные технологии управления недвижимостью / Под общ. ред. А.О. Алексеева.* – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2013. – 170 с.
208. ИРИКОВ В.А., МИХЕЕВ В.А., ОТАРАШВИЛИ З.А. и др. *Разработка программы инновационного развития предприятия.* - М.: МЗ-Пресс, 2013. – 112 с.
209. ИРИКОВ В.А., ПОНОМАРЕВ П.В., ТАРАСЕНКО В.М. *Разработка и апробация программы инновационного развития муниципального образования на примере Хохольского района*

Воронежской области / Под ред. проф. В.А. Ирикова. - М.: – МЗ-Пресс, 2013. – 80 с.

210. ИСКАКОВ М.Б., ИСКАКОВ А.Б., ЗАХАРОВ А.В. *Состязание за ренту Таллока и его решение в безопасных стратегиях*: препринт WP7/2013/01. – М.: Изд. дом Высшей школы экономики, 2013. – 45 с.
211. КОРЕННАЯ К.А., ЛОГИНОВСКИЙ О.В., МАКСИМОВ А.А. *Управление промышленными предприятиями в условиях глобальной нестабильности* / Под ред. д.т.н., проф. А.Л. Шестакова. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2013. – 403 с.
212. ЛОГИНОВСКИЙ О.В, КОЗЛОВ А.С. *Информационные системы в государственном управлении* / Под ред. А.Л. Шестакова. – Челябинск: Изд. центр ЮУрГУ, 2013. – 456 с.
213. ЛОГИНОВСКИЙ О.В., ЛЮБИЦЫН В.Н., НЕСТЕРОВ М.И. *Управление современным вузом на базе развитой информационной системы* / Под ред. д.т.н., проф. А.Л. Шестакова. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2013. – 539 с.
214. НОВИКОВ Д.А. *Теория управления организационными системами*. 3-е изд. – М.: Издательство физико-математической литературы, 2012. – 604 с.
215. НОВИКОВ Д.А., АШИМОВ А.А., СУЛТАНОВ Б.Т. и др. *Macroeconomic Analysis and Parametric Control of a National Economy*. - Berlin: Springer, 2013. – 256 с.
216. НОВИКОВ Д.А., ЧХАРТИШВИЛИ А.Г. *Рефлексия и управление: математические модели*. – М.: Издательство физико-математической литературы, 2013. – 412 с.

2014

217. GUBANOV D., KORGIN N., NOVIKOV D., RAIKOV A. *E-Expertise: Modern Collective Intelligence*. – Heidelberg: Springer, 2014. – 112 p.
218. NOVIKOV D., CHKHARTISHVILI A. *Reflexion and Control: Mathematical Models*. – London: CRC Press, 2014. – 298 p.
219. МИРЗОЯН Г.Л. *Модели и механизмы управления территориальными системами здравоохранения: монография*. М.: ИПУ РАН, 2014. – 174 с.

220. ЦЫГАНОВ В.В., ШУЛЬЦ В.Л. *Социология общественной безопасности*. - М.: Наука, 2014. – 415 с.

2015

221. BURKOV V., GOUBKO M., KORGIN N., NOVIKOV D. *Introduction to Theory of Control in Organizations*. – Boca Raton: CRC Press, 2015. – 332 с.
222. BURKOV V., NOVIKOV D., SHCHEPKIN A. *Control Mechanisms for Ecological-Economic Systems Control*. – Berlin: Springer, 2015. – 174 p.
223. ГЕЛЬРУД Я.Д., ЛОГИНОВСКИЙ О.В. *Управление проектами* / Под ред. А.Л. Шестакова. – Челябинск: Изд. центр ЮУрГУ, 2015. – 330 с.
224. ГОЛОВ О.Е., ИРИКОВ В.А. *Инструменты и примеры повышения результативности и эффективности управления согласованным развитием региона и отраслей*. - Уфа, Издательство «Белая река», 2015. – 137 с.

2016

225. БРЕЕР В.В., НОВИКОВ Д.А., РОГАТКИН А.Д. *Управление толпой: математические модели порогового коллективного поведения*. – М.: ЛЕНАНД, 2016. – 168 с.
226. ИСКАКОВ М.Б., ИСКАКОВ А.Б., D'ASPREMONT C. *Games for Cautious Players: the Equilibrium in Secure Strategies* // CORE Discussion Paper 2016/51. – Louvain-la-Neuve: Université Catholique de Louvain, 2016. – 31 с.
227. НОВИКОВ Д.А. *Cybernetics: from Past to Future*. - Heidelberg: Springer, 2016. – 107 с.
228. НОВИКОВ Д.А. *Кибернетика: Навигатор. История кибернетики, современное состояние, перспективы развития*. – М.: ЛЕНАНД, 2016. – 160 с.
229. УГОЛЬНИЦКИЙ Г.А. *Управление устойчивым развитием активных систем*. – Ростов-на-Дону: Издательство ЮФУ, 2016. – 940 с.
230. ЦЫГАНОВ В.В., МАЛЫГИН И.Г., ЕНАЛЕЕВ А.К. и др. *Большие транспортные системы: теория, методология, разработка и экспертиза*. – СПб.: ИПТ РАН, 2016. – 216 с.

2017

231. BREER V., NOVIKOV D., ROGATKIN A. *Mob Control: Models of Threshold Collective Behavior*. – Heidelberg: Springer, 2017. – 134 p.
232. АВДЕЕВА З.К., БАРЫШНИКОВ П.Ю., БАУЭР В.П. и др. *Социогуманитарные аспекты ситуационных центров развития* / Под ред. В.Е. Лепского, А.Н. Райкова – М.: «Когито-Центр», 2017. – 416 с.
233. БУРКОВ В.Н., КОНДРАТЬЕВ В.Д., ЩЕПКИН А.В. *Механизмы повышения безопасности дорожного движения*. 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Ленанд, 2017. – 208 с.
234. БУРКОВ В.Н., КОРОБЕЦ Б.Н., МИНАЕВ В.А. и др. *Модели, методы и механизмы управления научно-техническими программами*. - М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2017. – 205 с.

2018

235. АВДЕЕВА З.К., ЗАЦАРИННЫЙ А.А., ЖУРЕНКОВ Д.А. и др. *Стратегическое целеполагание в ситуационных центрах развития* / Под ред. В.Е. Лепского, А.Н. – М.: Когито-Центр, 2018. – 320 с.
236. АВЕРИНА Т.А., БАРКАЛОВ С.А., БАУТИНА Е.В. и др. *Азбука управления проектами*. - Старый Оскол: Тонкие наукоемкие технологии, 2018. – 328 с.
237. АЛЕКСЕЕВ А.О., СПИРИНА В.С., ПОПОВЦЕВА О.Н. и др. *Управление торгово-развлекательными комплексами и магазинами шаговой доступности*. – Пермь: Изд-во Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2018. – 146 с..
238. АШИМОВ А.А., БОРОВСКИЙ Ю.В., НОВИКОВ Д.А., Султанов Б.Т. *Макроэкономический анализ и параметрическое регулирование регионального экономического союза*. - М.: ЛЕНАНД, 2018. – 512 с.
239. БЕЛОВ М.В., НОВИКОВ Д.А. *Методология комплексной деятельности*. – М.: Ленанд, 2018. – 320 с.
240. БУРКОВА И.В., ГЕЛЬРУД Я.Д., Логиновский О.В. и др. *Математические методы и модели управления проектами*. - Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2018 – 193 с.

241. ГУБАНОВ Д.А., НОВИКОВ Д.А., ЧХАРТИШВИЛИ А.Г. *Социальные сети: модели информационного влияния, управления и противоборства*. 3-е изд., перераб. и дополн. - М.: МЦНМО, 2018. – 224 с.
242. ИРИКОВ В.А. *Практические предложения по получению социально – экономических результатов прорывного развития за 2-3 года*. – М.: Первый Том, 2018. – 184 с.
243. *Концептуальное проектирование объектов жилой недвижимости: методические указания к выявлению и моделированию потребительских предпочтений* / Сост. А. О. Алексеев; К. С. Коскова. – Пермь: Изд-во Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2018. – 50 с.
244. ЛОГИНОВСКИЙ О.В., БУРКОВ В.Н., БУРКОВА И.В. и др. *Управление промышленными предприятиями: стратегии, механизмы, системы*. - М.: ИНФРА-М, 2018. – 410 с.
245. ХАРИТОНОВ В.А., АЛЕКСЕЕВ А.О., ВЫЧЕГЖАНИН А.В. и др. *Квантификация предпочтений хозяйствующих субъектов управления в задачах цифровой экономики* / Под ред. В. А. Харитонова. – Пермь: Изд-во Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2018. – 171 с.

2019

246. БАРКАЛОВ С.А., БУРКОВ В.Н., ГЕЛЬРУД Я.Д. и др. *Умное управление проектами* / Под ред. чл.-корр. РАН Д.А. Новикова. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2019. – 194 с.
247. БЕЛОВ М.В., НОВИКОВ Д.А. *Модели технологий*. – М.: Ленанд, 2019. – 160 с.
248. БЕЛОВ М.В., НОВИКОВ Д.А. *Управление жизненными циклами организационно-технических систем*. – М.: Ленанд, 2019. – 320 с.
249. ГУБАНОВ Д.А., НОВИКОВ Д.А., ЧХАРТИШВИЛИ А.Г. *Social Networks: Models of information influence, control and confrontation*. – Cham: Springer, 2019. – 158 с.
250. *Модели управления устойчивым развитием активных систем и их приложения* / Под ред. Г.А. Угольницкого. - Ростов-на-Дону: Изд-во ЮФУ, 2019. - 328 с.

251. *Теория управления* (дополнительные главы): Учебное пособие / Под ред. Д. А. Новикова. - М.: ЛЕНАНД, 2019. - 552 с.
252. ЦЫГАНОВ В.В., ЕНАЛЕЕВ А.К., САВУШКИН С.А. и др. *Комплексное освоение территории Российской Федерации на основе транспортных пространственно-логистических коридоров. Актуальные проблемы реализации мегапроекта «Единая Евразия: ТЕПР – ИЕТС»* / Отв. ред. академик РАН В.В. Козлов, член-корреспондент РАН А.А. Макоско. – М.: Наука, 2019. – 463 с.
253. ЦЫГАНОВ В.В., ЕНАЛЕЕВ А.К., САВУШКИН С.А. и др. *Инфраструктура Сибири, Дальнего Востока и Арктики. Состояние и 3 этапа развития до 2050 года* / Под ред. А.А. Макоско. – М.: ИПТ РАН, 2019. – 465 с.

СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ ИЕРАРХИЧЕСКИХ ИГР

Горелов М.А.

(Вычислительный центр им. А.А. Дородницына

ФИЦ ИУ РАН, Москва)

griefer@ccas.ru

Предлагается авторский взгляд на современное состояние теории иерархических игр. Основное внимание уделяется математической стороне вопроса. Обсуждаются возможные направления дальнейшего развития данной области науки.

Ключевые слова: теория исследования операций, принятие решений в условиях конфликта и неопределенности, теория иерархических игр.

1. Введение

Данный материал можно рассматривать как продолжение обзора [10]. Нужно отметить, что обзор [10] сыграл свою роль. За прошедшие двадцать лет некоторые общие соображения, сформулированные в [10], начали обретать вполне конкретную математическую форму, что позволило получить и ряд новых результатов. Поэтому, возможно, стоит продолжить в том же духе. Но в отличие от [10], далее акцент делается на математических вопросах, поскольку именно здесь за истекшие двадцать лет произошли наиболее значительные изменения.

Написание подобного обзора предполагает выбор наиболее существенного из большого числа фактов. Такой выбор неизбежно субъективен. Поэтому дальнейшее следует рассматривать лишь как авторскую точку зрения на рассматриваемый предмет. Конечно, могут быть и иные мнения по тому же вопросу.

Размер статьи не позволяет привести сколько-нибудь подробную библиографию. Чтобы избежать субъективности хотя бы здесь, было принято следующее решение. В список литературы включены лишь монографии [1–9, 16–21] и несколько статей обзорного характера [10–15]. Дальнейшие ссылки можно найти в этих работах.

2. Теория иерархических игр

Попробуем очертить предмет обсуждения.

Общепризнанного определения теории иерархических игр нет. Например, математическая энциклопедия дает такое определение: «Игра с иерархической структурой – модель конфликтной ситуации при фиксированной последовательности ходов и обмена информацией участников» (И.А. Ватель, Ф.И. Ерешко). Такое определение вызывает определенные ассоциации, но не более того. В самом деле, если вдуматься, в любой игре порядок ходов фиксирован: игроки могут принимать решения последовательно, могут – одновременно, возможны какие-то смешанные варианты. То же относится и к информированности. Попытка конкретизировать определение, например, запретив одновременное принятие решений, сразу приводит к чрезмерному сужению класса изучаемых моделей.

Теория иерархических игр на сегодняшний день находится в развитии и не достигла такого совершенства, как, например, теория групп или даже теория чисел. Поэтому и само слово «теория» в данном контексте следует понимать несколько иначе.

В теории иерархических игр имеется небольшое число базовых утверждений (в основном принадлежащих Н.С. Кукушкину), которые используются (или могут быть использованы) при решении разных задач, и есть много моделей, каждая из которых строится «с нуля» и исследуется независимо от других. Что же все-таки позволяет говорить о наличии общей теории?

Здесь нужно отметить два момента: общность постановок задач и общие методы их решения.

Начнем с первого. Имеется большое число задач, формулируемых следующим образом. Имеется игра Γ^* , определенным

образом связанная с более простой игрой Γ . Определяется «решение» $R(\Gamma^*)$ игры Γ^* и ставится задача описания этого решения в терминах игры Γ . Чтобы пояснить это, остановимся на двух примерах.

Начнем с игры Ю.Б. Гермейера Γ_2 . Пусть задана игра $\Gamma = \langle U, V, g, h \rangle$, где U и V – множества, а g и h функции, определенные на $U \times V$ и принимающие действительные значения. Определим новую игру $\Gamma^* = \langle U^*, V^*, g^*, h^* \rangle$, в которой $V^* = V$, U^* – множество всех функций из V в U , а функции g^* и h^* определяются условиями $g^*(u^*, v) = g(u^*(v), v)$ и $h^*(u^*, v) = h(u^*(v), v)$. Далее обычным образом определяется максимальный гарантированный результат $R(\Gamma^*)$ первого игрока в игре Γ^* и ставится задача вычисления его с помощью решения серии оптимизационных задач на «конечномерных» множествах U и V . Эту задачу решает классическая теорема Гермейера [6].

Чуть сложнее задача, связанная с описанием множества $R(\Gamma^*)$ равновесий по Нэшу в той же игре Γ^* , поскольку непонятно, как описать подмножество функционального пространства U^* в терминах «простых» множеств U и V . Делается это введением следующего определения. Пара $(u, v) \in U \times V$ называется равновесным исходом в игре Γ^* , если *существует*¹ стратегия $u^* \in U^*$ такая, что (u^*, v) – ситуация равновесия в игре Γ^* и $u^*(v) = u$. А вот множество равновесных исходов уже можно описать в терминах игры Γ .

Наличие связи между играми Γ^* и Γ задает некую дополнительную структуру игры Γ^* . В этом смысле, например, игра Γ_2 является частным случаем игры Γ_1 . Но подобного рода сужения классов рассматриваемых моделей позволяют получить более содержательные результаты. А поскольку частные модели имеют важные содержательные интерпретации, эти результаты приобретают особый вес.

¹ Забегая вперед, отметим, что этот квантор существования «отвечает» за появление наказания в структуре оптимального решения.

Задачи описанного типа мы и будем относить к теории иерархических игр¹. Соответственно, к этой теории будет относиться, например, задача поиска седловой точки в дифференциальной игре на классе позиционных стратегий, и не будет относиться теория игр Гермейера–Вателя (для интересующихся последней темой имеется видеозапись доклада Н.С. Кукушкина, специально посвященного этому вопросу: http://www.mathnet.ru/php/presentation.phtml?option_lang=rus&presentid=22040).

Обратимся к методам исследования.

На начальном этапе развития теории единственный метод решения рассматриваемых задач выглядел следующим образом. Сначала угадывался класс стратегий, которому принадлежит оптимальное решение. Потом в этом классе находился оптимум. И, наконец, доказывалось, что найденное решение оптимально и на классе *всех* стратегий. Таким образом, получалось логически безупречное решение задачи. Правда, наличие этапа «угадывания» делает такое решение не совсем обычным. Но это имеет как отрицательную, так и положительную сторону.

Недостатки понятны: угадывание – это скорее искусство, чем наука. Хотя это искусство было развито весьма хорошо, и удалось угадать решения с весьма сложной структурой.

Достоинства же таковы. Во-первых, поскольку угадывание происходит на основе каких-то содержательных соображений, облегчается взаимодействие с «заказчиком» на том же содержательном языке.

А во-вторых, поскольку акцент делался на структуру, то в какой-то момент выяснился следующий любопытный факт. В некоторых задачах структура оптимального решения оказывается настолько сложной, что вряд ли можно говорить о практической применимости такого решения. Это может свидетельствовать только о том, что построенная модель не адекватна реальности. Причем распознать такую неадекватность на этапе построения модели весьма сложно. Например, структура равновесных по

¹Именно эти результаты, полученные представителями школы Ю.Б. Гермейера наиболее близки к результатам теории активных систем.

Нэш решения на классе позиционных стратегий в многошаговой игре двух лиц выглядит вполне нормально. А в аналогичной игре трех и более лиц появляются решения, содержащие такие конструкции, как биективное отображение отрезка на квадрат, что делает результат весьма сомнительным.

Второй метод появился позднее. По сути его можно охарактеризовать как применение идей динамического программирования для исследования иерархических игр. Правда, с этим возникают проблемы. Дело в том, что многие задачи теории иерархических игр изначально плохо приспособлены для решения методом динамического программирования. И сначала их нужно преобразовать. Если с равновесиями по Нэшу удалось справиться быстро (достаточно описанная выше «иерархическая» постановка), то с другим популярным принципом оптимальности – принципом максимального гарантированного результата – пришлось повозиться.

Но, в конце концов, удалось предложить альтернативное определение максимального гарантированного результата, удобное для дальнейшей работы. Для многих «разумных» задач доказана эквивалентность этого определения классическому.

Новое определение чисто формально проще старого. В нем уже изначально присутствует разделение задачи управления на задачу планирования и задачу стимулирования, что давно используется в теории активных систем. Оно допускает модификацию на случай игр с доброжелательными партнерами.

Новый метод тоже имеет свои плюсы и минусы. «Готовое» решение новым методом обычно длиннее, чем «вычищенное» решение традиционным способом. Но зато исключается этап угадывания, и решение сводится к преобразованиям формул, как правило, несложным и достаточно естественным. Кроме того, есть еще одна привлекательная сторона. В настоящее время найден целый ряд задач теории иерархических игр, которые не имеют решения в описанном выше смысле. При использовании второго метода легко распознать такие задачи. И можно не пытаться решать их точно, а искать, скажем, достаточные условия или еще как-то модифицировать постановку.

Обратимся к анализу полученных результатов.

3. Динамические модели

Подробно изучены два класса динамических моделей: многошаговые и дифференциальные игры. Впрочем, нет сомнения в том, что полученные результаты могут быть без особых проблем перенесены и на другие классы моделей, когда это возможно.

Интересно взаимоотношение между изученными классами моделей. Результаты, полученные в том и другом случае очень похожи. Но получаются они каждый раз независимо.

Понятно, что любую динамическую систему можно моделировать как с помощью дифференциальных, так и с помощью многошаговых игр. И построенные модели будут корректными лишь в том случае, когда решение дифференциальной игры будет пределом решений многошаговых игр при стремлении «длины шага» к нулю. Переход от дифференциальных игр к многошаговым и обратно интересен и еще по одной причине. Исследование многошаговых игр проще технически. Зато при использовании непрерывного времени появляется возможность использовать такое мощное орудие, как принцип максимума. К сожалению, на сегодняшний день нет техники, позволяющей легко осуществлять такой переход. В конкретных задачах его удастся обосновать, но только тогда, когда известны структуры решений как многошаговых, так и дифференциальных игр.

Выяснилась особая важность правильно выбранного класса стратегий. Трудно представить себе динамическую систему, особенно экономическую, которая управлялась бы без обратной связи. Поэтому программные стратегии практически не рассматривались. С другой стороны установлено, что в существенно неантагонистическом случае нет необходимости постоянно отслеживать состояние управляемой системы: без потери качества управления можно наблюдать за ней лишь «время от времени». Этот эффект изучен детально.

Но и от «содержания» используемой информации существенно зависит как возможность решения получающейся задачи, так и корректность получаемых результатов. Причем для «правильной» постановки задачи недостаточно использования каких-то «внешних признаков» рассматриваемой динамической

системы. Нужно понимание «внутренних механизмов» управления. Впрочем, накопленный опыт позволяет справляться с этими трудностями. Приведем пару примеров.

Рассмотрим игру двух лиц на классе позиционных стратегий с интегральными критериями.

В теории оптимального управления широко используется следующий технический прием. Задача с интегральным критерием сводится к задаче с терминальным критерием путем расширения фазового пространства, при котором «накопленное значение» критерия считается новой фазовой переменной. Получаются эквивалентные задачи.

В игровом случае ситуация существенно меняется, поскольку при «формальном» расширении фазового пространства меняется информированность игроков. При этом в двух получающихся задачах решения существенно отличаются. Но важнее другое. Обе задачи удастся решить. Но решение на классе «нерасширенных» позиционных стратегий оказывается структурно довольно сложным, что позволяет сомневаться в возможности его практического использования. Решение «модифицированной» задачи выглядит значительно проще.

Другой пример связан с поиском ситуаций равновесия на классе позиционных стратегий. В играх двух лиц решение соответствующей задачи строится и выглядит достаточно естественно. А в случае игры трех и более лиц решения в общем случае найти не удастся. И есть веские основания полагать, что решения этой задачи (в смысле редукции к серии «конечномерных» оптимизационных задач) попросту не существует. При некоторых дополнительных предположениях топологического характера задачу удастся решить, но здесь в структуре решения появляются описанные выше «дикие» теоретико-множественные конструкции.

Ситуацию спасает «добавление игрокам памяти» о фазовой траектории. Задача сразу оказывается разрешимой. А структура найденных равновесных стратегий имеет достаточно прозрачную содержательную интерпретацию.

4. Неопределенность и риск

Еще один класс рассматривавшихся моделей – иерархические игры с неопределенностью.

Имеется две интерпретации такого рода моделей. При первой предполагается, что имеются некоторые параметры, выбор которых не подконтролен игрокам. Их выбирает некий сторонний субъект – «Природа». От остальных игроков он отличается отсутствием собственных интересов. При второй интерпретации неопределенность трактуется просто как неполная информированность игроков о параметрах управляемой системы. В большинстве случаев модель допускает обе интерпретации.

Чаще всего рассматриваются модели с асимметричной информацией, что довольно естественно. При первой интерпретации естественно предполагать, что подчиненный обладает более детальной информацией, чем начальник. При второй разумно предполагать, что игрок точно знает свои интересы и возможности, но может не знать, например, интересы партнеров.

Число и разнообразие изучавшихся моделей такого рода весьма велико, поэтому можно говорить об их классификации.

Первый классификационный признак – способ формализации имеющейся неопределенности.

Наиболее изучен параметрический способ формализации. При этом способе в модели явно присутствует некий параметр, который выбирает Природа. Этот выбор может осуществляться и случайным образом. При второй интерпретации соответствующие вероятности трактуются как субъективные.

Одна важная работа Н.С. Кукушкина посвящена модели, в которой игроку верхнего уровня известна лишь «трубка» в которой лежит график функции выигрыша партнера. Помимо полученного оригинального результата эта работа интересна тем, что при исследовании построенной там модели появился прообраз второго определения максимального гарантированного результата.

Еще одна работа посвящена модели, в которой функция выигрыша игрока не известна, а известны лишь некоторые ее свойства. Эта работа носила чисто прикладной характер. В ней

рассматривался вопрос, явно сформулированный биржевыми брокерами. И на этот вопрос удалось найти нетривиальный исчерпывающий ответ.

В основном изучались модели, в которых неопределенными являются выигрыши игроков. Это и понятно. В отличие от, скажем, возможностей, интересы игроков непосредственно не наблюдаются. И функции выигрыша выбираются при построении модели с большой долей условности. Впрочем, изучались и модели, в которых от неопределенного фактора зависели множества управлений игроков. По факту такие задачи оказались даже проще, чем задачи исследования моделей с неточно известными функциями выигрыша.

Разумеется, можно исследовать модели, в которых присутствуют оба типа неопределенности. Но каких-то новых качественных эффектов, возникающих вследствие такого рода «объединения» на сегодняшний день не найдено.

Наибольшее число работ в рамках теории иерархических игр посвящено исследованию моделей, в которых предполагается осторожность игроков по отношению к неопределенности. В значительной степени это обусловлено основными методологическими установками, идущими от Ю.Б. Гермейера.

Впрочем, рассматривались и модели, в которых наличествует вероятностная мера на множестве неопределенных факторов и эта мера используется для описания отношения игроков к неопределенности. Это направление очень популярно на западе. Следует признать, что получающиеся при этом задачи оказываются посложнее.

Причину этого усложнения можно понять при использовании нового метода решения иерархических игр. При таком подходе решение задачи сводится к перестановке кванторов. При этом одноименные кванторы можно переставлять свободно, а для перестановки разноименных кванторов требуется выполнение определенных условий. При появлении стохастики к классическим кванторам общности и существования добавляется еще «квантор» вычисления математического ожидания. Возможности для перестановки кванторов в таком случае, разумеется, уменьшаются.

Традиционно при описании отношения игроков к риску используется принцип риск-нейтральности. Новый метод исследования иерархических игр сделал возможным исследовать модели, в которых игроки пользуются принципом Value at Risk. Это еще усложняет задачу, но позволяет более гибко описывать отношения игроков к риску. А управление рисками в последнее время стало очень модной областью исследования.

В основном исследовались статические модели принятия решений в условиях неопределенности. Попытки перенести результаты на случай модели с динамическими управляемыми системами тоже предпринимались. Разумеется, задачи здесь получаются более сложными. Но какого-то «синергетического» эффекта от одновременного рассмотрения динамики и неопределенности пока обнаружено не было. Поэтому на сегодняшний день представляется разумным исследовать модели этих двух классов по отдельности.

Большая часть работ посвящена изучению игр двух лиц с правом первого хода у одного из игроков. Этому есть свое объяснение. Разумеется, есть потребность исследования иерархий со многими участниками. Но здесь возникает большое число проблем, главным образом связанных с постановками соответствующих задач в случае, когда число участников больше двух. Появление «Природы» как некоторого третьего игрока, не совсем полноправного, является естественным шагом в данном направлении. Это позволяет как-то решать возникающие проблемы с постановками задач и оттачивать технику их решения.

Модели с равноправными участниками в условиях внешней неопределенности тоже рассматривались, но здесь появление «лишнего» игрока не вносит ничего принципиально нового. Поэтому данное направление пока не кажется актуальным.

5. Модели с ограничениями на доступ к информации

В данном разделе речь будет идти об информированности игроков о действиях партнеров. Это, пожалуй, один из центральных вопросов теории иерархических игр. В конце концов, в схеме, описанной в параграфе 1, игра Γ^* отличается от игры Γ чаще всего

тем, что в ней явно описываются процессы обмена информацией при управлении системой. В простейших моделях рассматриваются два крайних случая: либо игрок имеет полную информацию о действиях какого-то своего партнера, либо не имеет такой информации вовсе. Разумеется, возможны и промежуточные случаи. Они сложнее, поэтому стали изучаться позже. Здесь можно выделить два класса постановок.

В одном из них ограничения на доступную игрокам информацию задаются «правилами игры». Такого типа модели являются классическими. По сути именно к этому классу моделей относятся позиционные игры фон Неймана. Поэтому речь здесь должна идти о тех ограничениях на структуру игры, при которых «решение» игры Γ^* может быть описано в терминах игры Γ .

С этим удалось достаточно хорошо разобраться. Оказалось, что соответствующие задачи близки к задачам теории динамических игр и их решения очень похожи.

В другом классе постановок речь идет о синтезе рациональных процедур обмена информацией. Здесь задачи получаются менее традиционными.

Первые результаты были получены достаточно давно. Довольно естественным является тот факт, что увеличение информированности игрока не может приводить к уменьшению его выигрыша. Чуть более неожиданным явился обнаруженный эффект «насыщения»: с какого-то момента увеличение информированности не приводит к увеличению выигрыша. Например, если рассматриваются игры двух лиц с правом первого хода у одного из игроков и эффективность управления оценивается максимальным гарантированным результатом этого игрока, то оптимальным является уже способ обмена информацией, описанный в примере из параграфа 1.

Таким образом, «оптимальные» способы обмена информацией во многих случаях удалось найти. Но при этом выяснился один существенный недостаток такого рода постановок: в нетривиальных случаях оптимальный способ обмена информацией предполагает обмены очень большими объемами информации. Естественный путь преодоления такого рода проблем состоит в

том, чтобы явно учесть ограничения на объемы обрабатываемой информации уже при постановке задачи. Здесь возникает много трудностей, но появляется и много интересного.

Первая трудность связана с тем, что задача синтеза рациональных способов обмена информацией принципиально является многокритериальной: с одной стороны хочется повысить эффективность управления, а с другой – уменьшить объемы обрабатываемой информации. Есть два довольно естественных способа свертки этих двух критериев: один из них можно «превратить» в ограничение. Получается пара в известном смысле двойственных задач. Любопытно, что в большинстве случаев одна из задач этой пары оказывается значительно сложнее другой. Впрочем, возможны и другие способы свертки. Так линейный способ свертки естественно интерпретируется как учет в критерии затрат на обработку информации.

Более существенная проблема связана с тем, что само понятие «количество информации» в настоящее время не имеет единого способа формализации. И вообще не понятно, может ли оно быть до конца формализовано. Можно предложить целый ряд способов формализации этого понятия. Каждый из них имеет свои достоинства и недостатки. Соответственно получается целый ряд довольно разнообразных теоретико-игровых задач.

Появление в модели явного описания количества информации позволяет учесть в ней и ряд новых содержательных моментов, которые до сих пор не исследовались. Например, можно учесть в модели наличие ошибок при передаче информации, возникающих либо по умыслу одного из игроков, либо из-за технических сбоев при передаче.

Возможность явно учитывать в моделях ограничения на объем передаваемой информации позволяет построить ряд моделей, связывающих целесообразность децентрализации управления сложной системой с объемами необходимой для эффективного управления информации. Таким образом, удалось получить формальное подтверждение одного из центральных тезисов информационной теории иерархических систем Ю.Б. Гермейера и Н.Н. Моисеева.

В последнее время экономисты (как академические ученые, так и практикующие бизнесмены) все чаще говорят о необходимости учета сложности процессов управления. Поэтому актуальность проблемы построения математических моделей, учитывающих этот аспект процедур принятия решений, не вызывает сомнения. Понятно, что сложность процедуры управления и объем используемой при этом информации – это не совсем одно и то же. Но понятно также, что ограничение одного из этих показателей неизбежно накладывает ограничения на другой. А поскольку эффективных способов описания сложности процедур управления пока не предложено, можно в качестве замены использовать количество информации.

Наконец, учет ограничений на объем используемой информации во многих случаях «регуляризует» рассматриваемую задачу, делая ее решение в каком-то смысле менее чувствительным к малым изменениям параметров модели. Да и для появления «диких» теоретико-множественных конструкций остается меньше возможностей, что тоже приятно.

6. Устойчивость

Если рассматривать задачи теории иерархических игр как прикладные, то естественным образом встает вопрос об их устойчивости, т.е. о непрерывности зависимости решения задачи от параметров исследуемой модели. В чуть иной форме тот же вопрос возникает, если предполагается численное решение задачи. Здесь нет ничего нового.

Специфика теории иерархических игр состоит в том, что совсем нетрудно «наткнуться» на класс задач, решение которых неустойчиво «почти всегда». Простейший пример – поиск ситуаций равновесия по Нэшу в многошаговой игре трех лиц на классе позиционных стратегий.

В этом смысле теория иерархических игр тоже не уникальна. Например, подобные эффекты возникают при исследовании метеорологических уравнений. Но если в последнем случае такая неустойчивость связана, видимо, с природой моделируемых процессов, то в теории иерархических игр во всех известных случаях

подобных проблем можно избежать, меняя постановку задачи. Накопленный опыт позволяет увидеть возможные проблемы уже на ранних этапах построения моделей.

В большой степени такого рода неустойчивость связана с выбором неверных способов моделирования информированности игроков. Все имеющиеся способы моделирования привязаны в основном к «синтаксису» передаваемых сообщений. При этом нередко оказывается, что при (бесконечно) малом изменении параметров модели «смысл» того или иного сообщения может поменяться весьма существенно. А даже в обыденной жизни нетрудно найти ситуации, когда получение одного бита информации способно кардинально поменять поведение человека.

Но понимание этого позволяет и разрешить многие проблемы. Например, во многих задачах большей устойчивости удастся добиться, включая в описание процесса возможности добровольного обмена не обязательно достоверной информацией. Это усложняет описание модели, но делает ее более осмысленной. Кстати говоря, тот же прием можно интерпретировать как передачу прав по выбору управлений от игрока к его партнеру.

Разумеется, не все проблемы могут быть решены только правильной постановкой задачи. В большинстве естественных классов задач имеются «неустойчивые». Причем чаще всего такими «нехорошими» свойствами обладают самые простые линейные модели. На этот случай в [18] развита методология и предложены достаточно универсальные методы исследования устойчивости и регуляризации неустойчивых задач. Кстати говоря, при втором из описанных в параграфе 1 методе исследования иерархических игр, предлагаемые в [18] конструкции выглядят особенно естественными.

Заметим, что в результате развития идей из [18] возникла теория мягких множеств [19]. Этот аналог теории нечетких множеств Л. Заде [20] в последнее время становится популярным за рубежом под названием серых (gray) множеств именно в теоретико-игровых задачах.

7. Неполностью сформированные модели

Понятие, вынесенное в название данного раздела, появилось уже в 1971 г. в монографии [5]. Важность выделения описываемых этим понятием моделей заключается в том, что не нужно пытаться найти решения задач, относящихся к такого рода моделям, поскольку данных для этого все равно недостаточно. А следует думать о способах дополнения таких «моделей».

К данной категории можно отнести два популярных класса моделей: игры с векторными критериями и игры с запрещенными ситуациями. Играм с векторными критериями посвящены многочисленные исследования, но по большей части они не относятся к теории иерархических игр в том смысле, как это понимается в данном обзоре. Игры с запрещенными ситуациями исследованы меньше. Некоторые из подходов к их исследованию можно найти в обзоре [11,12].

Следует отметить, что в основополагающей монографии [6] именно игра с запрещенными ситуациям рассматривалась как «основная» модель. Правда, после короткого замечания о том, что ее исследование следует сводить к исследованию игры с распадающимися ограничениями, основное внимание переключалось на изучение таких полностью сформированных моделей.

Однако во многих задачах теории иерархических игр учет наличия запрещенных ситуаций явно напрашивается.

Например, уже решение классической игры Γ_2 , использованной в качестве примера выше, предполагает наказание второго игрока за отклонение от предложенного ему плана. Здесь явно упускается из виду известный на практике принцип соответствия строгости наказания тяжести совершенного проступка. В жизни этот принцип чаще всего соблюдается. Или, во всяком случае, у игрока имеется возможность отказаться от «игры». Если модель не учитывает ни того, ни другого, она может оказаться неадекватной. Учет данного принципа неизбежно ведет к исследованию игры с запрещенными ситуациями.

Та же картина возникает, когда один из игроков имеет возможность управлять ограничениями деятельности партнеров.

Таким образом, данный класс моделей заслуживает, может быть, большего внимания, чем ему уделялось до сих пор.

8. Некоторые направления дальнейших исследований

Задачи теории иерархических игр весьма разнообразны. И продолжать их решение можно еще долго. Другое дело, что с каждым новым решением все бóльшие вопросы вызывает ценность полученных результатов. Хорошо еще, если исследование стимулировано какими-то потребностями практики. А если задача решается из чисто академического интереса, проблема встает особенно остро. Поэтому ощущается насущная потребность в каких-то обобщающих результатах. В идеале хотелось бы видеть «общую постановку» задачи теории иерархических игр и саму теорию с развитой «дедуктивной структурой».

Такая потребность ощущается довольно давно. Но в последнее время получены некоторые результаты, позволяющие как-то подступиться к решению данной проблемы. Во всяком случае, появились основания считать, что язык, на котором может быть сформулирована упомянутая «общая постановка» может быть похож на язык родов структур Н. Бурбаки или язык математической логики. Правда, здесь все не очень просто, поскольку языка логики первого порядка явно не достаточно. А более продвинутые разделы логики сами достаточно сложны.

Важность появления «общей постановки» определяется и еще одним обстоятельством. Каждый раз, строя модель для исследования, мы принимаем те или иные гипотезы. Если в результате исследования соответствующей задачи выявляется какой-то интересный эффект, то, естественно, хочется понять, какие из принятых гипотез «отвечают» за этот эффект, а какие являются несущественными. Для этого приходится рассматривать ряд аналогичных задач. Но при современной технике исследования решение каждой задачи – это весьма трудоемкий процесс. Хотя по факту такое решение сводится к тождественному преобразованию какой-то формулы исчисления предикатов. С этим вполне мог бы справиться и компьютер, но для этого необходим переход на новый уровень формализации.

За годы исследования теории иерархических игр был обнаружен ряд задач, которые не удастся решить. С появлением нового метода стало понятно, что решение в большинстве случаев не удастся найти потому, что его просто не существует. В некоторых классах задач удалось выделить индивидуальные «неразрешимые» задачи. И даже понятно, как могло бы выглядеть доказательство их неразрешимости. Проблема заключается лишь в отсутствии формального определения разрешимости.

Выяснение этого вопроса интересно по нескольким причинам. Чисто математический интерес понятен. Важность распознавания неразрешимости в контексте «машинного» решения задач тоже очевидна. Но можно предполагать, что неразрешимость является выражением и каких-то глубоких черт моделируемой действительности, таких как «свобода воли», «творчество», различие между «искусственным» и «естественным» интеллектом и т.п.

Второе из возможных направлений исследования связано с уточнением понятия «информация». В классических моделях информация занимает центральное место, но основной акцент делается на наличии или отсутствии той или иной информации. Из содержательных соображений понятно, что интерес представляют и другие «свойства» информации: достоверность, ценность, и т.д. Попытки описать эти свойства делались. Полученные результаты свидетельствуют скорее о том, что выбранные способы формализации были не совсем адекватными.

Понятие информации сложно и многогранно. И надежды получить адекватное формальное описание в общем случае кажутся несбыточными. Если же ограничиваться лишь задачами принятия решений, то надежда получить что-то содержательное остается. В конце концов, удалось же получить адекватное описание информации для задач ее передачи.

В последнее время экономисты (как академические ученые, так и практикующие бизнесмены) все чаще говорят о необходимости учета сложности процессов управления. Да и в данном обзоре это понятие в той или иной форме возникало не раз. Поэтому его введение в теоретико-игровые модели напрашивается. А исследование уже самых грубых моделей показало, что можно получить достаточно содержательные результаты.

Проблема заключается в следующем. «Сложность» – это понятие конструктивной математики. Теоретико-игровые модели сложны уже сами по себе. Перевод на язык конструктивной математики усложняет их еще больше, делая плохо обозримыми. Определенный оптимизм внушает следующее обстоятельство. В последнее время специалистам по теории алгоритмов удалось хорошо продвинуться в направлении упрощения описаний своих результатов. Может быть, новый язык и поможет в теории игр.

И последнее. На практике иерархические системы обычно бывают многоуровневыми и многоэлементными. Исследовались же пока лишь гораздо более простые (в смысле наличия субъектов и связей между ними) модели. Основная проблема заключается в отсутствии естественных способов описания отношения к неопределенности элементов сложных систем.

В тех же случаях когда задачи удастся формализовать, реализуется один из двух крайних случаев: либо задача весьма просто сводится к исследованию игры двух лиц, либо она вовсе не поддается решению. Что может лежать «между» этими двумя крайностями, весьма интересно.

Литература

1. ВАТЕЛЬ И.А., ЕРЕШКО Ф.И. *Математика конфликта и сотрудничества*. М: Знание, 1973. – 64 с.
2. ВАСИН А.А. *Модели динамики коллективного поведения*. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1989. – 155 с.
3. ВАСИН А.А. *Некооперативные игры в природе и обществе*. М.: МАКС Пресс, 2005. – 412 с.
4. ВАСИН А.А., МОРОЗОВ В.В. *Теория игр и модели математической экономики*. М.: МАКС Пресс, 2005. – 271 с.
5. ГЕРМЕЙЕР Ю.Б. *Введение в теорию исследования операций*. М.: Наука, 1971. – 383 с.
6. ГЕРМЕЙЕР Ю.Б. *Игры с противоположными интересами*. М.: Наука, 1976. – 327 с.
7. ГОРЕЛИК В.А. *Теория игр и исследование операций*. М.: Моск. ин-т нефтехим. и газ. промышл., 1978. – 94 с.

8. ГОРЕЛИК В.А., КОНОНЕНКО А.Ф. *Теоретико-игровые модели принятия решений в эколого-экономических системах*. М.: Радио о связь, 1982. – 144 с.
9. ГОРЕЛИК В.А., ГОРЕЛОВ М.А., КОНОНЕНКО А.Ф. *Анализ конфликтных ситуаций в системах управления*. М.: Радио о связь, 1991. – 288 с.
10. ГОРЕЛОВ М.А., КОНОНЕНКО А.Ф. *Очерк тенденций развития теории иерархических игр* / Теория активных систем. Труды Юбилейной международной научно-практической конференции. М.: ИПУ РАН, 1999. С. 70 – 92.
11. ГОРЕЛОВ М.А., КОНОНЕНКО А.Ф. *Игры с запрещенными ситуациями. Модели с жесткими ограничениями* // Автоматика и телемеханика. 2010. № 1. С. 118 – 129.
12. ГОРЕЛОВ М.А., КОНОНЕНКО А.Ф. *Игры с запрещенными ситуациями. Модели с нежесткими ограничениями* // Автоматика и телемеханика. 2010. № 5. С. 110 – 121.
13. ГОРЕЛОВ М.А., КОНОНЕНКО А.Ф. *Динамические модели конфликтов I. Язык моделирования* // Автоматика и телемеханика. 2014. № 11. С. 127 – 149.
14. ГОРЕЛОВ М.А., КОНОНЕНКО А.Ф. *Динамические модели конфликтов II. Равновесия* // Автоматика и телемеханика. 2014. № 12. С. 56 – 77.
15. ГОРЕЛОВ М.А., КОНОНЕНКО А.Ф. *Динамические модели конфликтов III. Иерархические игры* // Автоматика и телемеханика. 2015. № 2. С. 89 – 106.
16. КУКУШКИН Н.С., МОРОЗОВ В.В. *Теория неантагонистических игр*. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1984. – 104 с.
17. КОНОНЕНКО А.Ф., ХАЛЕЗОВ А.Д., ЧУМАКОВ В.В. *Принятие решений в условиях неопределенности*. – М.: ВЦ АН СССР, 1991. – 197 с.
18. МОЛОДЦОВ Д.А. *Устойчивость принципов оптимальности*. М.: Наука, 1987. – 280 с.
19. МОЛОДЦОВ Д.А. *Теория мягких множеств*. М.: УРСС, 2004. – 351 с.
20. ОРЛОВСКИЙ С.А. *Проблемы принятия решений при нечеткой информации*. М.: Наука, 1981. – 208 с.
21. *Современное состояние теории исследования операций*. Под ред. Н.Н. Моисеева. М.: Наука, 1979. – 464 с.

ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ ТЕОРИИ ИЕРАРХИЧЕСКИХ ИГР

Ерешко Ф.И.

(Вычислительный центр им. А.А. Дородницына

ФИЦ ИУ РАН, Москва)

fereshko@yandex.ru

Аннотация: в работе рассматривается проблема приложений методологии исследования операций и её одного из видов формализованного аппарата, иерархических игр, к анализу и синтезу информационно-вычислительных комплексов, в современных терминах, к проектированию цифровых платформ. Приводится описание математических моделей, вычислительных процедур и основных подходов к разработке математического обеспечения.

Ключевые слова: исследование операций, игры с правом первого хода, иерархические игры, математическая модель, вычислительные процедуры, проектирование, стандарты цифровой экономики.

1. Введение

Началом Теории иерархических игр можно считать публикацию: Гермейер Ю.Б. Об играх двух лиц с фиксированной последовательностью ходов. *Докл. АН СССР*, **198**:5 (1971), 1001–1004.

Хотя и в работах Курно, Штакельберга рассматривались неравноправные отношения активных участников, и в ставшей классической монографии фон Неймана, Моргенштерна обсуждались мажорантные и минорантные игры, но в этой работе была чётко сформулирована математическая конструкция игры с правом первого хода.

Затем последовал этап бурного развития теории и приложений учениками и сподвижниками, чему способствовала

творческая атмосфера, созданная Моисеевым Н.Н. и Гермейером Ю.Б. в Вычислительном Центре Академии наук и на кафедре Исследования операций ВМК МГУ им. Ломоносова М.В..

Существенным фактором в общем развитии теории иерархических игр явилось то, что к моменту начала исследований по этому направлению в теории игр ЮБ разработал общий методологический подход в исследовании операций, определив операцию, как совокупность целенаправленных действий, введя понятие оперирующей стороны и исследователя операций.

Гермейер Ю. Б. Введение в теорию исследования операций. — М.: Наука, 1971. — 384 с. — (Оптимизация и исследование операций). — 22 500 экз.

Свидетельством основательности и практичности методологии послужил внешний интерес и немецкий перевод: *Germeier J. B. Einführung in die Theorie der Operationsforschung / Herausgegeben von Horst Hollatz. Übersetzt aus dem Russischen von Horst Weinert.* — Berlin: Akademie-Verlag, 1974. — viii+302 с. — (Mathematische Lehrbücher und Monographien, I. Abteilung: Mathematische Lehrbücher, Band 26).

В рамках этих установок, естественным формальным инструментом стали игры при наличии выделенного игрока с правом первого хода.

В настоящей работе обосновывается тезис, что иерархическая структура математического обеспечения цифровых платформ, в современных условиях, по крайней мере, на данном этапе, тотальной цифровизации экономики и общества в целом, является следствием системного подхода к данной проблематике.

Как известно: «нет ничего практичнее хорошей теории» (или Роберт Кирхгоф или И.Кант).

Теории Ю.Б. Гермейера и Системы Гермейера (по терминологии Моисеева Н.Н.) вполне хороши для прикладных задач управления.

Следующим шагом в развитии теории стала монография, обобщающая результаты уже школы Гермейера к тому времени.

Гермейер Ю. Б. Игры с противоположными интересами / С предисловием Н. Н. Моисеева. — М.: Наука, 1976. — 328 с. — (Оптимизация и исследование операций). — 9700 экз.

Обратимся к переводу книги ЮБ, сделанному большим знатоком развития теории игр и вообще принятия решений и теории систем (США, Канада, Торонтский Университет) к тому времени (1983-1986).

Английский перевод: *Germeier, Yu. B. Nonantagonistic games* / Translated from the Russian and with a preface by Anatol Rapoport. — Dordrecht: D. Reidel Publishing Co., 1986. — xiv+331 с. — (Theory and Decision Library, 46). — ISBN 90-277-2023-1

В Предисловии к переводу книги проф. А.Б. Рапопорт пишет: «The present ... Outside the Soviet Union, analysis of this sort has been largely centred on bargaining processes, where the underlying game structures are, for the most part, rather elementary. In the work of Germeier and his disciples, the framework in which the process (including much more than bargaining) occurs has been greatly extended and diversified.

A topic of particular interest, one to which Soviet game theorists have devoted considerable attention, is that of so-called hierarchical games, which can be construed as models of a planned economy with varying degrees of **centralization or decentralization**».

«Сейчас... За пределами Советского Союза анализ такого сорта был в основном сосредоточен на процессах установления цены, где основные структуры игры, по большей части, **довольно элементарны**. В работе Germeier и его учеников, структура, в которой происходит процесс (включая намного больше, чем торговля), **была значительно расширена и разносторонне развита**.

Особенно интересной темой, одной, которой советские теоретики игры уделили значительное внимание, является тема так называемых **иерархических игр**, которые могут быть истолкованы как модели плановой экономики с различными степенями **централизации или децентрализации**».

Мне кажется, что эта оценка с одной стороны лестна, а с другой стороны сыграла отрицательную роль, испугав (озадачив) западных коллег-экономистов, слишком привязав теорию ЮБ к образу плановой экономики, имеющей в их глазах негативный характер (кроме, Дж. Стиглица).

В конце приводятся новые результаты по проблеме ЦvsДеЦ
Посмотрим на работы ЮБ на фоне теории контрактов, о чём упомянул проф. Рапопорт А.Б.

Вот теория контрактов, база институциональной экономики.

Контракт – это совокупность правил, структурирующих в пространстве и во времени обмен между двумя (и более) экономическими агентами посредством определения **обмениваемых прав и взятых обязательств** и определения **механизма их соблюдения**. **Контракты** представляют собой правила, «обслуживающие» (т.е. координирующие) различные обмены. Наиболее распространенной формой являются рыночные обмены, однако в целом разнообразие видов обменов гораздо шире.

По Конспекту лекций С. Гуриева.

«В асимметричной модели имеется **один принципал и один агент**. Предполагается следующая последовательность событий. Сначала агент узнает некоторую информацию (свой «тип»). Принципал не обладает этой информацией и предлагает агенту набор контрактов. Агент выбирает один из предложенных вариантов или отказывается от всех. Контракт выполняется. По существу, задача заключается **в поиске равновесия по Штакельбергу**.

Рассмотрим простейшую модель с двумя типами агентов. В роли **принципала** выступает монополист, в роли **агента** — потребитель.

Контракт, предлагаемый производителем, имеет вид (t, q) , где $q \geq 0$ количество продаваемого товара, а t — стоимость предлагаемого товара (всего товара, а не единицы).

Потребитель (A) получает полезность $V A = U(\theta, q) - t$. Монополист (P) получает прибыль $V P = t - cq$.

При прямолинейном методе решения, производитель решает задачу $E\theta [t(q(\theta)) - cq(\theta)] \rightarrow \max$ по $t(\cdot)$, где $q(\theta) \in \arg \max \{U(\theta, Q) - t(Q), 0\}$ по Q для всех θ .

Полезность агента от потребления товара равна $U(\theta, q)$. Параметр θ принимает два значения:

$\theta = \theta_L$, с вероятностью π

$\theta = \theta_H$, с вероятностью $1 - \pi$

Приведенное описание – это типичная задача в постановке игры Γ_1 . Игры типа Γ_2, Γ_3 не исследуются. Как отмечено, «контракты представляют собой правила, «обслуживающие» (т.е. координирующие) различные обмены. Наиболее распространенной формой являются рыночные обмены, однако в целом разнообразие видов обменов гораздо шире».

Поэтому, я воспринимаю теорию контрактов, как одно из приложений исследования операций, и у нас с Вателем И. А. в Брошюре эти направления называлось обменные операции.

Практична ли теория контрактов.

Ответ на этот вопрос и вообще зачем нужны формальные модели, в частности теория игр? дал Нобелевский комитет в пресс-релизе при выдаче премия 2016 года по экономике (по теории контрактов): «В современной экономике содержится неисчислимое число контрактов. Новые теоретические инструменты, созданные авторами (Hart и Holmström), ценны для понимания реальных контрактов и институтов, а также для учёта возможных подводных камней в разработке контрактов. Их анализ оптимальных контрактов закладывает **интеллектуальный фундамент для разработки стратегий и институтов во многих областях, от законодательства о банкротстве до политических конституций**».

Эти слова идеально подходят к теориям Ю.Б.

И вполне современно звучат оценки проф. А.Б.Рапопорта.

2. Прикладные проекты

Здесь приводится изложение реальных проектов, опыт создания которых автором породил установку, что подтверждает тезис об иерархичности математического обеспечения реальных проектов.

Учитывая реальный запрос общества в те времена, наши усилия были направлены на проектирование реальных систем, имеющих технико-экономическое направление и имеющих в основе иерархический каркас.

Как отмечается в [], иерархическая организация, конечно, не является исключительной особенностью природохозяйственных комплексов - такой подход к структурированию приложим к самым разнообразным системам - коммерческим предприятиям, комплексам вычислительных программ, социальному устройству, электронному оборудованию и т.п.

Объекты, принадлежащие каждому структурному уровню, могут рассматриваться и как системы, образованные из подсистем (объекты более низких уровней), и как подсистемы, входящие в состав некоторой системы (объект более высокого уровня).

Для иерархических систем характерны три важных свойства.

1. Каждый уровень иерархии имеет **свой собственный язык, свою систему концепций или принципов**. К примеру, понятия давления, объема и температуры, определяющие главные свойства жидкости и газа, утрачивают содержание на атомарном или молекулярном уровне, а понятия “производство продуктов животноводства”, “урожайность сельскохозяйственной культуры” практически лишены смысла на уровне клетки или органеллы.

2. На каждом уровне иерархии **происходит обобщение свойств объектов более низких уровней**. Закономерности, обнаруженные и описанные для последних, могут быть включены в объясняющую (функциональную) схему, обретая при этом связь с объектом высшего уровня. Таким образом, описание на уровне i способствует объяснению (пониманию) явлений, имеющих место на уровне $i + 1$.

3. **Взаимосвязи между уровнями не симметричны**. Для нормального функционирования объектов высшего уровня необходимо, чтобы успешно “работали” объекты более низкого уровня, но не наоборот. Если стол превращается в деревянные обломки, он не может выполнять функции стола. Однако молекулярные связи при этом сохраняются.

В экономических системах верхние уровни располагают приоритетом в действиях, но не располагают полной информацией о нижних уровнях.

Естественно, что прикладные задачи реализовывались под несомненным влиянием идей Учителей НН и ЮБ.

Таковыми были системы, по крайней мере, в моём окружении: Проектирование боевых истребителей СУ, Проекты рационального использования водных ресурсов, аграрный Проект, нефтяной Проект и т.д.

Для проектирования истребителей СУ П.С. Краснощёков предложил подход к решению проблемы формирования облика самолёта, сочетающий приёмы реального конструирования с методами исследования операций. Проект самолёта должен обеспечить достижение заданных Тактико-Технических Характеристик (высота, скороподъёмность, маневренность, вооружённость и т.д.), за что отвечает функционирование отдельных подсистем.

Разработанные вычислительные комплексы позволили производить поиск Паретовских точек в пространстве критериев ТТХ, и Главный конструктор (оперирующая сторона) получил десятки эффективных наборов паретовских вариантов обликов, не улучшаемых по набору ТТХ с выбранной компоновочной схемой, и мог далее принимать решения на основе своих содержательных представлений.

Формально, он мог улучшать свои критерии на паретовском множестве отдельных критериев.

Водохозяйственная система - технико-экономическая система, а не техническая и проектировать её сложнее. Так же, как и техническая, она оценивается по многим показателям качества, но производственные и биологические процессы изучены хуже.

Водохозяйственная система принципиально иерархична, составляющие её подсистемы физически разнородны и управляются человеческими коллективами со своими интересами и своей информированностью.

Это вносит дополнительные трудности, которые отражаются в структуре математического обеспечения автоматизации проектирования.

При разработке сложных водных проектов (Генсхемы страны и региона, Схемы бассейна крупной реки) главный инженер проекта выполняет на верхнем уровне проектирования координирующую роль,- он распределяет плановые задания по выпуску продукции, назначает ограничения по ресурсам и ставит цели проектных проработок перед отделами, производящими

трудоемкие расчеты на нижних уровнях иерархии проектирования.

Имитационная диалоговая система проектирования — это полная модель детально описывающая объект управления (источники водных ресурсов, с аграрное производство, гидроэнергетика, рыбное хозяйство, судоходство и т.д.)

Её обслуживают упрощенные модели (буферный блок), на них проводятся поверочные расчёты для согласования отдельных частей с общей концепцией, модели второго уровня входят в буферный блок, и на их основе главный инженер проекта осуществляет завязку проекта.

Тем самым реализуется синтез иерархической структуры математического обеспечения.

Для иллюстрации.

Задачи поиска Парето-оптимальных решений ирригационно-энергетического комплекса имеют вид задачи типа Γ_1 двух участников (ирригация и энергетика) при условии благожелательности: построение эффективных точек в пространстве выпусков с/х продукции потребления α , кормов β и выработки электроэнергии E сводится к следующей задаче

$$E^{\text{opt}} = \max_{\substack{\{\lambda_t\} \\ T-1 \\ \min \sum_{t=0}^{T-1} \lambda_t A_t \\ x: \{A_t, Q_t\} \\ Lx \leq l, Px \geq \alpha, Bx \geq \beta, \\ V_t x \leq A_t, t=0,1,\dots,T-1, \\ W_{t+1} = W_t + R_t - A_t - I_t,}} \max_{x \in X(\lambda)} \max_{\substack{\{A_t, Q_t\} \\ W_{t+1} = W_t + R_t - A_t - I_t, \\ A_t = V_t x, \\ W^- \leq W_t \leq W^+, \\ Q^- \leq Q_t \leq Q^+, \\ 0 \leq A_t \leq A^+}} E$$

где x - вектор площадей под культурами, A_t - вектор подачи водных ресурсов для ирригации, матрица L определяется способом использования земель и их трансформацией, I - вектор ограничений на земли, P , B - матрицы выхода продукции потребления и кормов с единицы площади, V_t - матрица поливных норм, W_t - текущий объем водохранилища, λ_t - коэффициенты свертки водопотребления, Q_t - попуски из водохранилища в момент времени t , векторы (α, β) - уровни обеспечения продукцией и

кормами, $X(\lambda)$ – множество решений задачи размещения при минимизации водопотребления.

Несмотря на разнородность исходных содержательных посылок, общим для сформулированных Проектов является иерархичность структуры системы моделей, входящих в математическое обеспечение. Это предопределило единство методического подхода исследования операций и математического аппарата, развитого в рамках информационной теории иерархических систем.

И влияние идей НН и ЮБ на методологию и на общую стратегию познания реальных объектов и организацию разработок было несомненным и существенным.

Таким образом, общий системный подход проявился в разработке теоретико-игровых математических моделей сложных систем с иерархической структурой, методов их анализа и способов использования на практике.

3. Современность. Блокчейн платформы

Во всех платформах Таблицы наличествует МОДЕЛЬ.

Это модель очевидно теоретико-игровая, всегда имеются участники, её построение и анализ дело исследователей операции.

Она иерархична, поскольку верхний уровень (центр) - это создатель платформы, который формулирует и поддерживает правила игры (в чьих интересах ведёт разработку исследователь операций). Конструкция находится в полном соответствии с идеологией Ю.Б. Гермейера. И вообще с отечественной теорией проектирования

При классификации информационных систем принимаются во внимание следующие обстоятельства: Централизация vs Децентрализация; публичная/приватная система (защита и доступ); облако или распределённые реестры.

И здесь теория ЮБ абсолютна и то, что говорил Рапопорт о сложности и глубине и децентрализации докатилось и до Западных исследователей и со стороны финансовых инструментов, денег и со стороны организации, что демонстрирует проект Ethereum (Эфириум). Если явление обменов в человеческом обществе

Сравнение платформ для построения блокчейн-сетей*



*На основе открытых источников



Описание: Самый популярный проект в мире для создания публичных блокчейн-приложений. Работает глобальная сеть для создания решений, доступных во всем мире.

Целевая аудитория: создание публичных решений с открытыми данными.

Разработчики: Ethereum Foundation + большое открытое сообщество

Особенности: Самое большое сообщество разработчиков с высокой компетенцией по знанию платформы. Простота платформы. Smart-контракты являются частью неизменной сети.

Модель сети: одноранговая сеть, все участники равны.

Подключение участников: любой может стать участником сети

Риски: риск получение контроля злоумышленником над всей сетью при достаточной мощности. Отсутствует контроль над списком участников. Обязательный майнинг. Ограничение на максимальную сложность логики смарт-контрактов.

Проекты:

1. Проект правительства Москвы «Активный гражданин»
2. Проект удаленной идентификации – IDChain (РосЕвроБанк, Microsoft)
3. Цифровой аккредитив (ВЭБ)
4. Проект по обмену реквизитами банков (банк «Открытие», банк «Ак Барс», Сбербанк, АФТ, ВТБ)
5. Факторинг. (М.Видео, Сбербанк)



Описание: Закрытая платформа на базе модификации протокола Ethereum, с доработками под законодательство РФ. ГОСТ шифрование.

Целевая аудитория: платформа для финансового сектора и коммерческих организаций, соответствует законодательству РФ.

Разработчики: Ассоциация ФинТех.

Особенности: ГОСТ подпись и шифрование (аттестация в 2018). Готовые и востребованные рынком ФинТех продукты по модели As a Service. Майнинг у ограниченных участников

Модель сети: одноранговая сеть с управляемым доступом.

Подключение участников: администратором сети.

Риски: Возможное отставание по версии, из-за необходимости получать обновлений от проекта Ethereum, в том числе, обновления безопасности. Закрытое развитие платформы. Обязательный майнинг. Ограничение на максимальную сложность логики смарт-контрактов.

Проекты:

1. Проект Электронная Закладная (децентрализованный депозитарий учет закладных) - Сбербанк, АФТ, АИЖК
2. Проект KYC (Know Your Customer) - Обмен информацией о физических лицах между участниками сети (Банк Открытие, АФТ)
3. Распределенный реестр цифровых банковских гарантий (ВТБ, АФТ)
4. Цифровой аккредитив (Альфа-Банк, АФТ)



Описание: Открытая платформа от мирового разработчика для организации коммерческих взаимодействий со строго регулируемым списком участников.

Целевая аудитория: коммерческий сектор. Ведение доверенных распределенных баз данных.

Разработчики: консорциум Hyperledger.

Особенности: Возможность настройки нескольких блокчейн-сетей, используя один клиент. Легкое обновление логики смарт-контрактов владельцем смарт-контрактов. Легкое администрирование списка участников сети через выдачу и отзыв сертификатов. Отсутствует майнинг. Гибкая балансировка нагрузки.

Модель сети: многоуровневая: пользователи сети, администратор сети (УЦ); узлы – валидаторы операций над своей зоной ответственности (конкретные смарт-контракты, операции над конкретными сущностями в БД (акции, облигации, денежные переводы); обслуживающий сервис для снижения нагрузки на простых участников.

Подключение участников: через выдачу сертификатов удостоверяющим центром

Риски: низкая компетенция специалистов в РФ и малый размер сообщества.

Проекты:

1. Платформа по выпуску облигаций (НРД)
2. Системы дистанционного банковского обслуживания финансовых институтов (Сбербанк)



Описание: Открытый фреймворк, для разработки полноценных приложений с использованием распределенной БД.

Целевая аудитория: для разработки публичных и частных сетей. С доработкой платформы под каждого заказчика.

Разработчики: компания BitFury.

Особенности: Гибкость в работе с внешними источниками данных. Позволяет создавать как публичные так и приватные решения. Контроль участников в сети через голосование. Smart-контракты реализуются отдельно на каждом узле, в сети регистрируется описание смарт-контракта, условие для успешного выполнения контракта – идентичная реализация у большинства валидаторов. Отсутствует майнинг. Фиксация среза базы данных.

Модель сети: многоуровневая: легкий клиент для удаленной работы с базой данных; полный клиент для хранения базы данных; ограниченная группа лиц, именуемые «узлы-валидаторы» для исполнения транзакций, контроля изменений в базе данных и контроля списка участников через голосование.

Подключение участников: методом голосования среди привилегированных участников сети. **Риски:** Риск рассинхронизации версий клиента.

Проекты:

1. Проект ДДУ, взаимодействие Росреестр-Фонд(АИЖК)
2. Регистрация прав собственности (NAPR, Грузия)
3. Цифровой контракт (ВЭБ)
4. Третьейская оговорка – прототип (Сбербанк)



Описание: Платформа для обмена B2B сообщениями/уведомлениями для технической и юридической фиксации фактов в децентрализованной системе. Юридическая фиксация подкрепляется автоматическим созданием текстового договора и его подписанием юридически значимыми электронными подписями участников.

Целевая аудитория: участники финансового сектора, операции по учету активов, проведению финансовых сделок на закрытом канале.

Разработчики: консорциум R3: Консультанты: Barclays, Bank of America, HSBC, Citi, Royal bank of Canada и другие.

Особенности: Работа в формате утверждения фактов, а не в режиме базы данных. Содержание сообщений открываются только списку участников и, при необходимости, регулятору. При правильной работе формирует связь между созвисящими объектами. Высокая гибкость. Отсутствует майнинг.

Модель сети: многоуровневая: пользователи сети, пользователи, подключаемые для выполнения разовой валидации, оракулы – узлы, ответственные за валидацию информации из внешней среды (курс валюты по ЦБ, мировое время и т.д.), нотариусы – необязательные участники сети, независимые валидаторы сети; администратор участников сети

Подключение участников: через выдачу сертификатов удостоверяющим центром

Риски: узконаправленность платформы: финансовый коммерческий сектор

Проекты: около 50 проектов 1. MarcoPolo для оптимизации торгового финансирования 2. HQLAX - биржа токенизации высоколиквидных активов

для западных коллег выросло до формирования направления «институциональной экономики», то для нас это было просто популяризация, популярное изложение сложных конструкций ясными, доходчивыми словами, с примерами интересных жизненных ситуаций. Брошюра: Ватель И.А., Ерешко Ф.И. «Математика конфликта и сотрудничества», 1973.

Во времена 1970-2016 гг. на Западе создаётся теория контрактов (процессах установления цены и мнение АБ Раппорта о школе Гермейера) и торжество с Нобелем в 2016, а в России уход ЮБ Гермейера и с 1991 г. отсутствие интереса к масштабным прикладным проектам.

Проект БИТКОИН Этот реальный проект приводится для иллюстрации иерархичности структур современных цифровых платформ.

Проект, по сути, – это организация экономической деятельности группы лиц, первоначально, в своей задумке создаваемый как вариант платёжной системы для группы частных лиц, действующих децентрализованно, преобразовался в своей последующей реализации в проект, ориентированной на увеличение богатства этих лиц путём производства цифрового продукта (биткойна), имеющего цену на мировом рынке.

В проекте биткойн принимает участие динамическая коалиция (члены приходят, уходят). Участники входят в коалицию, получая исходное программное обеспечение от Ядра биткойна, начинают его использовать автономно, принимая условия членства в сообществе Проекта Биткойн.

Проект состоит из следующих блоков.

Блок производства продукта (майнинг, proof-to-work). При этом решается задача поиска параметра *nonce* в неравенстве $h(block, nonce) \leq d$, где d задаётся алгоритмически по заданной известной всем формуле, h -криптографическая хэш-функция sha256, утверждённая Бюро стандартов США, *block* – заданная характеристика предыдущей записи участника.

Блок использования продукта (транзакции), задаётся процедурами обмена цифрового продукта на продукты и услуги участников Коалиции внешнего мира.

Блок хранения продукта и транзакций, процедура ведения криптографически защищённых распределённых реестров (технология блокчейн).

Для того, чтобы проиллюстрировать игровые задачи, которые там возникают, приведём выдержку из Принстон-лекций.

1. Власть у разработчиков ядра – они пишут правила и почти все пользуются их кодом.

2. Власть у майнеров – они пишут историю и решают, какие транзакции верны (валидны). Если майнеры решат следовать определённому своду правил, практически все будут вынуждены подчиниться.

3. Власть у инвесторов – они покупают и хранят биткоины, так что именно инвесторы решают, что у биткоина есть ценность. Можно даже сказать, что если разработчики контролируют консенсус правил, а майнеры – консенсус истории, то инвесторы контролируют консенсус ценности.

4. Власть у продавцов и покупателей – они формируют первичный спрос на биткоин.

5. Власть у платёжных операторов – именно они проводят транзакции.

Чтобы быть успешной, системе Биткоин необходимы все формы консенсуса – стабильная книга правил, написанная разработчиками, майнинговая мощность, инвестиции, участие покупателей и продавцов и платёжные сервисы, которые их поддерживают.

6. Фонд биткоина (The Bitcoin Foundation).

Есть лишь один игрок, напрямую отвечающий за управление биткоином – Фонд биткоина. Он был основан в 2012 в качестве некоммерческой организации и играет две основные роли – финансирование некоторых разработчиков ядра за счёт средств фонда, чтобы те могли работать полный рабочий день над разработкой ПО, и проведение переговоров с властями, особенно с правительством США, в качестве «голоса биткоина».

7. Группа – Коинцентр (Coin Center) была организована в сентябре 2014 г. со штаб-квартирой в городе Вашингтоне, и взяла на себя одну из ролей Фонда – а именно работу с властями. Коинцентр действует как научная организация.

4. Централизация vs Децентрализация

Актуальность проблематики децентрализации в связи с активным развитием цифровых платформ привлекла наше внимание к анализу этого вопроса с позиций исследования операций для группы участников, объединившихся для решения некоторой общей задачи.

Настоящие результаты возникли на основе идей Ю.Б. Гермейера и Н.Н. Моисеева, исследуется вопрос о целесообразности децентрализации управления в зависимости от объема доступной оперирующей стороне информации о «внешней среде». Эффективность управления оценивается максимальным гарантированным результатом оперирующей стороны.

Рассматривается следующая модель принятия решений в условиях неопределенности. Управление рассматриваемой системой осуществляется путем выбора управления w из множества W , на результат управления влияет значение неопределенного фактора α из множества A , выбор которого не контролируется лицом, принимающим решение. Целью управления является максимизация значения $g(w, \alpha)$ функции $g: W \times A \rightarrow R$ (как обычно R – множество действительных чисел). Множество W может быть представлено, как декартово произведение $W = U \times V^1 \times V^2 \times \dots \times V^n$.

Модель централизованного управления. Будем считать, что Центр может получать достоверную информацию о реализовавшемся значении неопределенного фактора α , но объем информации, которую он способен получить и своевременно обработать ограничен величиной l бит информации. Выбор содержания этой информации – это право Центра. Поскольку Центру доступны l бит информации, эта информация может быть закодирована словами $s = (s_1, s_2, \dots, s_l)$, где каждый символ s_i , $i = 1, 2, \dots, l$ принадлежит множеству $\{0, 1\}$. Таким образом, все сообщения о значении неопределенного фактора, которые Центр может получить,

принадлежат множеству $S = \{0,1\}^l$ (декартовой степени множества $\{0,1\}$).

Максимальный гарантированный результат Центра может быть записан в виде

$$R_0 = \max_{(w_0, w_1, \dots, w_{m-1}) \in W^m} \min_{\alpha \in A} \max_{s=0,1,\dots,m-1} g(w_s, \alpha).$$

Модель децентрализованного управления. Рассмотрим иную схему управления той же системой. Предположим, что Центр передоверяет выбор управления $v^i \in V^i$ некоторому агенту, которого в дальнейшем будем называть агентом i ($i = 1, 2, \dots, n$). Согласно одному из предположений информационной теории иерархических систем (Гермейер Ю.Б, Моисеев Н.Н.) у такого агента при этом появятся собственные интересы. Интересы агента i описываются стремлением к максимизации функции $h^i(u, v^i, \alpha)$ (т.е. не зависят от выборов других агентов).

Право выбора управления $u \in U$ Центр оставляет за собой, и до окончательного выбора своего управления он может рассчитывать на получение l бит информации о неопределенном факторе, и содержание этой информации вправе выбирать он сам.

Если Центр выберет управление u_s , и реализуется значение неопределенного фактора α , то агент i может выбрать любое управление из множества

$$E^i(u_s, \alpha) = \left\{ v^i \in V^i : h^i(u_s, v^i, \alpha) = \max_{\omega^i \in V^i} h^i(u_s, \omega^i, \alpha) \right\}$$

Максимальный гарантированный результат Центра в рассматриваемой модели равен

$$R_1 = \sup_{(u_0, u_1, \dots, u_{m-1}) \in U^m} \min_{\alpha \in A} \max_{s=0,1,\dots,m-1} \min_{v^1 \in E^1(u_s, \alpha)} \dots \\ \dots \min_{v^n \in E^n(u_s, \alpha)} g(u_s, v^1, v^2, \dots, v^n, \alpha),$$

Сравнение двух способов управления. Заметим, что ответ существенным образом зависит от того, насколько хорошо интересы агентов согласованы с интересами Центра. Начнем

рассмотрение со случая, когда интересы Центра и агентов ``совпадают``, а именно $g(u, v^1, v^2, \dots, v^n, \alpha) = \sum_{i=1}^n h^i(u, v^i, \alpha)$.

В этом *случае* максимальный гарантированный результат Центра при децентрализованном способе управления равен

$$R_1 = \max_{(u_0, u_1, \dots, u_{m-1}) \in U^m} \min_{\alpha \in A} \max_{s=0,1,\dots,m-1} \max_{(v^1, v^2, \dots, v^n) \in V^1 \times V^2 \times \dots \times V^n} g(u_s, v^1, v^2, \dots, v^n, \alpha).$$

При этом в централизованном способе

$$R_0 = \max_{(w_0, w_1, \dots, w_{m-1}) \in W^m} \min_{\alpha \in A} \max_{s=0,1,\dots,m-1} g(w_s, \alpha).$$

Когда интересы агентов и Центра ``противоположны``, т.е.

$$g(u, v^1, v^2, \dots, v^n, \alpha) = -\sum_{i=1}^n h^i(u, v^i, \alpha) \text{ ситуация обратная. В этом}$$

случае

$$R_1 = \max_{(u_0, u_1, \dots, u_{m-1}) \in U^m} \min_{\alpha \in A} \max_{s=0,1,\dots,m-1} \min_{(v^1, v^2, \dots, v^n) \in V^1 \times V^2 \times \dots \times V^n} g(u_s, v^1, v^2, \dots, v^n, \alpha).$$

$$R_0 = \max_{(w_0, w_1, \dots, w_{m-1}) \in W^m} \min_{\alpha \in A} \max_{s=0,1,\dots,m-1} g(w_s, \alpha).$$

Будем обозначать максимальные гарантированные результаты Центра при централизованном и децентрализованном способах управления через $R_0(l)$ и $R_1(l)$ соответственно.

Сразу же можно отметить, что при увеличении l множество стратегий Центра (в обеих моделях) расширяется. Поэтому обе величины $R_0(l)$ и $R_1(l)$ с ростом l не убывают.

Сравнение этих величин удобно начать с рассмотрения ``предельного`` случая, когда Центр в момент выбора своего управления точно знает значение неопределенного фактора. В этом случае его максимальный гарантированный результат при централизованном способе управления равен

$$R_0(\infty) = \min_{\alpha \in A} \max_{u \in U} \max_{v^1 \in V^1} \max_{v^2 \in V^2} \dots \max_{v^n \in V^n} g(u, v^1, v^2, \dots, v^n),$$

а при децентрализованном составит

$$R_1(\infty) = \min_{\alpha \in A} \max_{u \in U} \min_{v^1 \in E^1(u, \alpha)} \min_{v^2 \in E^2(u, \alpha)} \dots \min_{v^n \in E^n(u, \alpha)} g(u, v^1, v^2, \dots, v^n).$$

Следовательно, $R_0(\infty) \geq R_1(\infty)$, и опять-таки в общем случае неравенство строгое.

Разумеется, при любом l справедливы неравенства $R_0(l) \leq R_0(\infty)$ и $R_1(l) \leq R_1(\infty)$.

Таким образом, если выполняется неравенство $R_0(\infty) > R_1(\infty)$, то при достаточно больших l будет справедливо неравенство $R_0(l) > R_1(l)$.

Аналогично рассмотрим случай, когда Центр не располагает информацией, т.е. $l=0$. Здесь реализуется случай $R_0(l) < R_1(l)$ при малых l .

Теорема. Если интересы агентов «плохо согласованы» с интересами Центра, то всегда выгоднее централизованное управление. Если же интересы Центра и агентов «хорошо согласованы», то при больших значениях l выгоднее централизация управления, а при малых значениях l предпочтительнее децентрализованное управление.

Литература

1. ГЕРМЕЙЕР Ю.Б. *Об играх двух лиц с фиксированной последовательностью ходов*. Докл. АН СССР, **198**:5 (1971), 1001–1004
2. ГЕРМЕЙЕР Ю.Б., МОИСЕЕВ Н.Н. *О некоторых задачах теории иерархических систем*. В кн.: Проблемы прикладной математики и механики. М., Наука, 1971. с. 30-43.
3. ГЕРМЕЙЕР Ю.Б. *Игры с противоположными интересами*. М.: Наука, 1976. – 328 с.
4. КУКУШКИН Н.С. *Роль взаимной информированности сторон в играх двух лиц с противоположными интересами*, ЖВМ и МФ, М., 1972, №4, с. 1029-1034
5. ВАТЕЛЬ И.А., ЕРЕШКО Ф.И. *Математика конфликта и сотрудничества*. М.: Знание, 1973. – 64
6. ВАТЕЛЬ И.А., ЕРЕШКО Ф.И. *Игры с иерархической структурой*, Математическая энциклопедия, т.2, М., 1979, с.478-482.

7. ВАТЕЛЬ И.А., МОИСЕЕВ Н.Н. О моделировании хозяйственных механизмов, Экономика и мат. методы, т.13, вып.1, 1977, с. 16-30.
8. ВАТЕЛЬ И.А., ЕРЕШКО Ф.И., КОНОНЕНКО А.Ф. *Игры с фиксированной последовательностью ходов и иерархические системы управления в экономике*. В сб. Методы оптимизации и их приложения. Иркутск, 1974, с. 86-99.
9. ЕРЕШКО Ф.И., ЗЛОБИН А.С. *Алгоритм централизованного распределения ресурсов между активными подсистемами*, Экономика и мат. методы, 1977, №4, с. 703-713.
10. ГЕРМЕЙЕР Ю.Б., ЕРЕШКО Ф.И. *Побочные платежи в играх с фиксированной последовательностью ходов*. ЖВМ и МФ, 1974, №6, с. 1439-1450.
11. ЕРЕШКО Ф.И. *Иерархические игры и их применение в экономических исследованиях*. В сб. Оптимизация 30 (47), Новосибирск, 1982, с. 71-74.
12. МОИСЕЕВ Н.Н. *Информационная теория иерархических систем* // Труды I Всесоюзн. конф. по исследованию операций. Минск: 1974. с. 95-99.
13. БУРКОВ В.Н. Основы математической теории активных систем. М.: Наука, 1977. – 255 с.
14. НОВИКОВ Д.А. *Теория управления организационными системами*: Учебное пособие. М.: МПСИ, 2005. – 584 с.
15. ЕРЕШКО Ф.И. *Размышления на тему технологии блокчейн*. Цифровая экономика. 2018, №4. С. 24-30.
16. ANTONOPOULOS, ANDREAS M. (2014). *Mastering Bitcoin. Unlocking digital cryptocurrencies*, O'Reilly Media, Inc., – 272 p.
17. NARAYANAN A., BONNEAU J., FELTEN E., MILLER A., GOLDFEDER S.. *Bitcoin and cryptocurrency technologies : a comprehensive introduction*. Princeton : Princeton University Press, 2016. – 331 p.
- <https://en.wikipedia.org/wiki/Decentralization>
19. ГОРЕЛОВ М.А. *Максимальный гарантированный результат в иерархических играх* // Управление большими системами. Вып. 67. М.: ИПУ РАН, 2017. С. 4 - 31.
20. ГОРЕЛОВ М.А., ЕРЕШКО Ф.И. *О моделях централизации и децентрализации управления в цифровом обществе*.

Монография "Контурсы цифровой реальности. Гуманитарно-технологическая революция и выбор будущего"/Под ред. В.В. Иванова, Г.Г. Малинецкого, С.Н. Сиренко.- М.: Ленанд. 2018. - 344 с.. С. 187-202. ISBN 978-5-97105348-4

21. M.A. GORELOV AND F.I. ERESHKO, "*Awareness and Control Decentralization*," Automation and Remote Control, 2019, vol. 80, issue. 6, pp. 1063–1076.

МОДЕЛИРОВАНИЕ И УПРАВЛЕНИЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ НАУЧНОЙ ШКОЛЫ КАК МНОГОСВЯЗНЫМ ДИНАМИЧЕСКИМ ОБЪЕКТОМ

Герасимова И.Б., Ильясов Б.Г., Карамзина А.Г.

*(ФГБОУ ВО Уфимский государственный
авиационный технический университет)*

ilyasov@tc.ugatu.ac.ru, tarot_gera@mail.ru,

karamzina@tc.ugatu.ac.ru

Работа преследует цель исследования процессов управления деятельностью научных школ, рассматриваемых как многосвязный динамический объект, как активная самоорганизующаяся система. Изучаются проблемы самоорганизации научных школ, процессы совместной деятельности членов научного коллектива, образования интеллектуальных ресурсов и дальнейшего их распределении при выполнении основных видов деятельности научной школы. Представлены результаты моделирования линейной и нелинейной многосвязной системы управления.

Ключевые слова: научная школа, активная система, моделирование, управление, многосвязный динамический объект.

1. Введение

На сегодняшний день проблему коллективного управления пытаются решать в различных областях человеческой деятельности. Достижения в области информационных и коммуникационных технологий за последние два десятилетия способствовали распространению знаний, полученных коллективным разумом, посредством внедрения различных технологий, облегчающих взаимодействие коллектива. Такие технологии были приняты и адаптированы в экономике, в промышленности, в социологии и в организационных системах.

Оценка деятельности функционирования научных коллективов часто осуществляется по публикационной активности участников коллектива, не отражающей механизмы взаимодействия в коллективе.

Как показал анализ в области изучения научных школ одни исследователи акцентируют внимание на истории возникновения научной школы, на основных результатах мирового уровня, полученные в ней. Другие – на особенностях руководства и деятельности самого лидера научной школы. Третьи – на особенностях функций и характеристик научного коллектива в конкретной области знаний и т.д. Однако вся информация носит описательный характер либо в форме воспоминаний, либо описаний и анализа полученных научных результатов. Но на вопрос, как в творческом коллективе получаются выдающиеся результаты, не дают. Нигде не изучалась проблема взаимоотношений в научной школе, механизм получения результатов деятельности научной школы. Тем более научная школа не рассматривалась как много-связная динамическая система.

В работе авторы предлагают анализ процессов коллективного управления научной школой на основе коллективного разума, т.е. коллективный разум рассматривается как интеллектуальный ресурс.

2. Структура оргсистемы управления научной школы

На современном этапе развития теории управления наиболее распространен (но нигде в литературе конкретно к научной школе не отражен) взгляд на управление научной школой (НШ) как на процесс организационно-функционального управления, осуществляемый научным руководителем (НР) в различных проблемных, критических, нестандартных и прочих ситуациях. Структура такой оргсистемы управления НШ представлена на рис.1.

Здесь $X(t)$ есть вектор, характеризующий то или иное состояние НШ (финансовое, кадровое, ресурсное, организационное, курсное, конфликтное и т.д.) и, отражающая проблемную

ситуацию, которая изменяется во времени, переходя в критическую, нештатную и даже в катастрофическую ситуацию, если своевременно не принять необходимых управленческих решений.

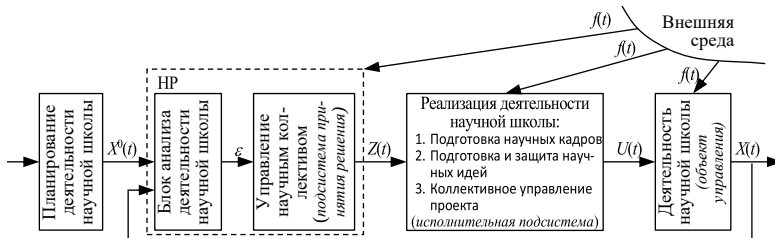


Рис. 1. Структура оргсистемы управления НШ

Управленческую деятельность НР поддерживают как собственные знания, так и знания, которые находятся в базе знаний в виде множества возможных различных ситуаций в состоянии НШ и желаемых управленческих действий в этих ситуациях. Кроме этих знаний НР получает информацию о текущем состоянии $X(t)$ НШ, возникшей в результате действия как внутренних, так и внешних $f(t)$ факторов.

Далее исполнительная система, в качестве которой выступает коллектив или ее часть, реализует принятое решение в виде вектора управляющих воздействий $U(t)$, которое изменяет состояние $X(t)$ НШ в желаемом направлении. Затем цикл управления повторяется снова до тех пор, пока состояние НШ не придет в норму, т.е. в желаемое состояние.

На устойчивость данной оргсистемы управления, учитывая инерционность оргпроцессов, сильное влияние оказывают чистые запаздывания, возникающие как в процессе принятия управленческого решения, так и в процессе исполнения этого решения. Здесь следует соблюдать следующее системное правило: управляющее воздействие $U(t)$ должно действовать на любом отрезке Δt_i таким образом, чтобы на этом отрезке Δt_i произошли допустимые качественные и количественные изменения состояния $X(t)$ в желаемом направлении. Тогда можно ожидать устойчивость процесса управления.

Однако, следует отметить, что никто в научной литературе по науковедению, по социологии не рассматривал с точки зрения кибернетики процесс управления НШ как многоцелевым много-связным динамическим объектом, в котором весь коллектив на основе своих знаний принимает участие как в принятии управленческих решений, так и в реализации этих решений. Далее рассмотрим проблему многосвязного управления НШ как многомерным динамическим объектом.

3. Понятие научной школы как многосвязного динамического объекта управления

Научная школа является неотъемлемой частью отечественного потенциала науки и образования. И в научной литературе рассматривается как один из главных элементов академической структуры науки, как источник новых идей и новых технологий, как один из важнейших факторов развития экономики и общества в целом, как источник подготовки научных кадров нового поколения [1-3].

Научная школа – это интеллектуальная, эмоционально-ценностная, неформальная, открытая общность (структура, объединение) ученых разных статусов, разных уровней знаний, разрабатывающих под руководством лидера, выдвинутую им научно-исследовательскую программу» [4].

Это определение в большей степени подходит к оценке научной школы (НШ) как многомерного объекта управления.

Коллективный разум как активная система порождает принципиально новые знания, которые не могут возникнуть ни у одного из членов научного коллектива, взятого в отдельности.

В рамках коллективного управления становится возможным объединить усилия всех сотрудников, специалистов различных структурных подразделений. В результате быстрее и квалифицированнее решаются сложные, противоречивые научные проблемы, и одновременно снижается вероятность ошибок при принятии решений.

Для проведения исследования выделены три основные цели, которые должны быть достигнуты при функционировании научной школы:

- подготовка научных кадров и специалистов для решения проблемы или выполнения проекта;
- разработка и защита научных идей в форме патентов, статей, докладов, монографий;
- коллективное выполнение поставленной научно-исследовательской проблемы или выполнение сложного проекта.

Для управления такой научной школой как сложным динамическим объектом требуется высокий уровень самоорганизации всего коллектива в виде трех взаимосвязанных управляемых подсистем, каждая из которых стремится достичь своей цели на заданном отрезке времени и пространства. Особенность такой организации заключается в том, что каждый член коллектива участвует в функционировании всех трех подсистем, выполняя возложенную на нее функцию, при этом передавая свои знания коллегам, никак не уменьшая собственный запас знаний.

Плановые значения переменных $x_i(t)$ рассмотрим в качестве целей многосвязной системы управления НШ.

4. Моделирование многосвязной системы управления деятельностью научной школы

1.1. МОДЕЛЬ ЛИНЕЙНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

Структура модели линейной многосвязной системы управления деятельностью научной школы на расчетном режиме представлена на рис. 2.

Особенностью этой модели является то, что формируется коллективный интеллектуальный ресурс в виде суммы принятых решений по каждой подсистеме с последующим их перераспределением [5]. Переходные процессы в каждой подсистеме представлены на рис. 3.

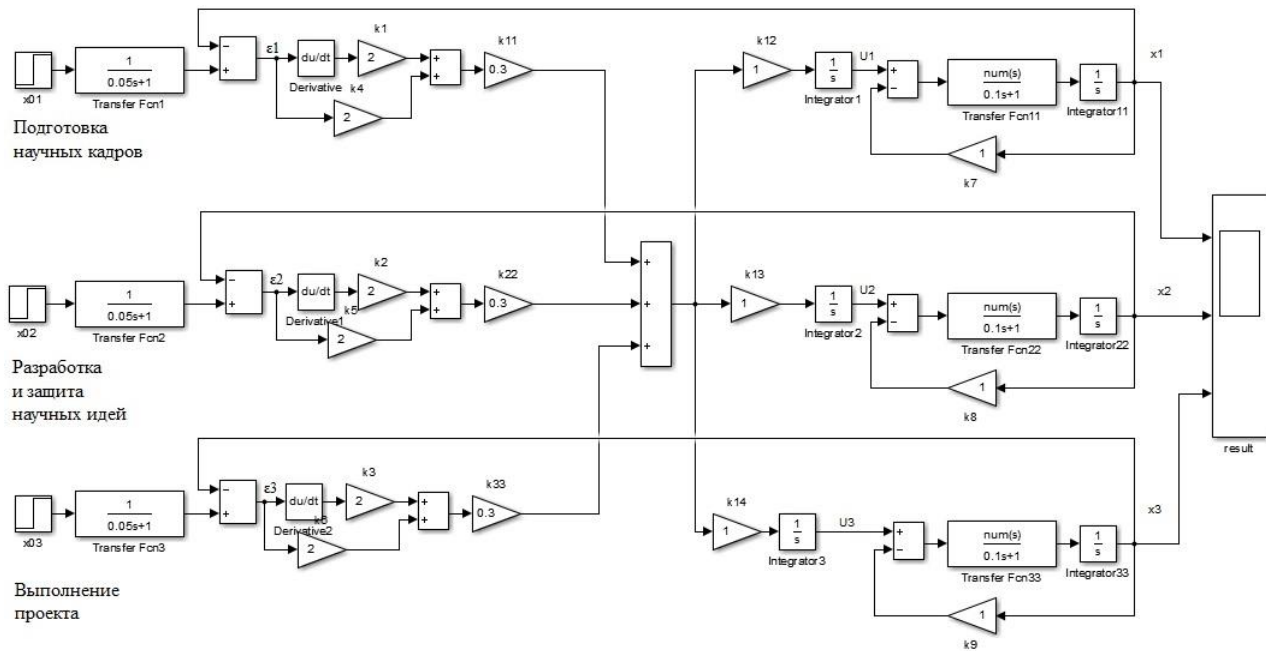


Рис. 2. Модель линейной многосвязной системы управления НИИ

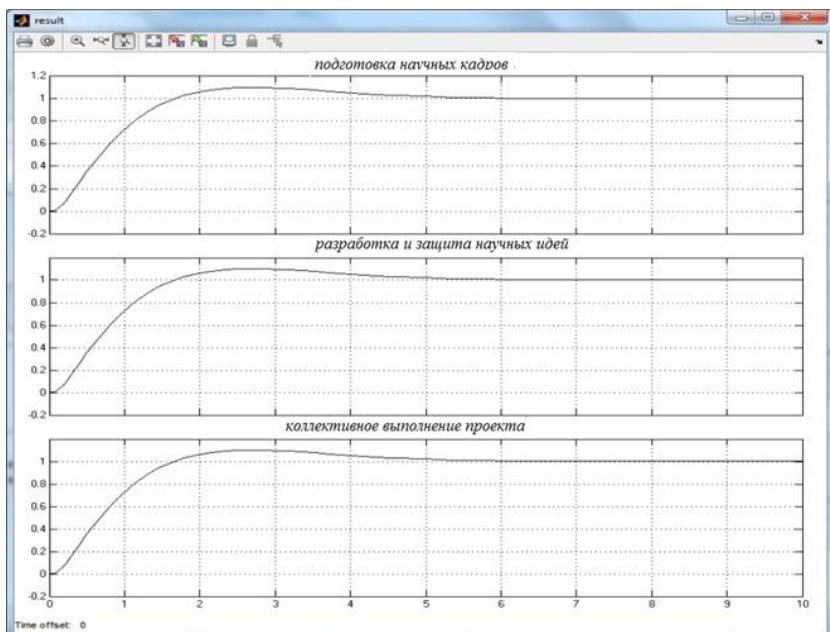


Рис. 3. Переходные процессы

Значения переменных имеют следующий смысл:

- $x_i(t)$, $x_i^0(t)$ – регулируемые и целевые переменные, при этом $x_1(t)$ соответствует объему работ по подготовке научных кадров; $x_2(t)$ – объему работ по разработке и защите научных идей; $x_3(t)$ – объему работ по коллективному выполнению проекта (в безразмерной форме);
- $\varepsilon_i(t) = x_i^0(t) - x_i(t)$ величина рассогласования (ошибки) между целевыми и текущими значениями i -той переменной;
- $z_i(t)$ – переменная, характеризующая результат принятия управленческого решения в i -той подсистеме;
- $q(t)$ – переменная, характеризующая интегральный интеллектуальный (коллективный) результат принятых управленческих решений;

- $U_i(t)$ – входная координата (управление) на динамический объект, выходной координатой которой является переменная $x_i(t)$.

Для управления такой научной школой как сложным динамическим многосвязным объектом требуется высокий уровень самоорганизации всего коллектива в виде трех взаимосвязанных управляемых подсистем, каждая из которых стремится достичь своей цели на заданном отрезке времени и пространства. Особенность такой организации заключается в том, что каждый член коллектива участвует в функционировании всех трех подсистем, выполняя возложенную на нее функцию, при этом передавая свои знания коллегам, никак не уменьшая собственный запас знаний.

В качестве управляющих переменных U_i рассмотрены следующие ресурсы, которые формируются коллективом в целом:

- знания (U_1), характеризующие интеллект коллектива НШ, в том числе знания инновационных технологий и методов, алгоритмов принятия решений, а также умение их своевременно применять при управлении;
- умения и навыки своевременно и эффективно применять эти знания (U_2) на основе накопленной практики и опыта при решении задач управления;
- творческая (креативная) способность (U_3), которая на основе системных, синергетических, физических, кибернетических и прочих принципов может создавать инновационные знания и использовать психологические факторы (эмоцию, интуицию, образное мышление и т.п.) для получения оригинальных нестандартных управленческих решений.

Полагаем, что все три управляющих фактора (в виде агентов коллектива) участвуют одновременно в определенной степени в достижении всех трех целей в аддитивной форме.

1.2. МОДЕЛЬ НЕЛИНЕЙНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

Структура модели нелинейной многосвязной системы управления деятельностью научной школы на расчетном режиме

представлена на рис. 4. Особенностью этой модели является то, что формируется в нелинейной форме коллективный интеллектуальный ресурс в виде произведения принятых решений в каждой подсистеме с последующим их нелинейным перераспределением [6].

В представленной модели учитываются ограничения уровня и темпов принимаемых решений в каждой подсистеме; ограничения темпа и результата коллективного принятия решений; равномерное или неравномерное распределение результата коллективного решения в виде идентичных управлений на динамический объект каждой подсистемы.

Переходные процессы в нелинейной многосвязной системе коллективного управления в каждой подсистеме представлены на рис. 5.

5. Исследование синергетического эффекта в процессе управления

Синергетический эффект – это внезапное появление идей, как множество новых знаний, проявляющихся в форме коллективного разума, который может выступить в качестве дополнительного интеллектуального ресурса, способствующего увеличению конечного результата, не требуя дополнительных затрат материально-технических ресурсов.

Для исследования проявившегося синергетического эффекта в модель добавлен элемент, имитирующий зарождение новых идей: результат коллективного управляющего воздействия преобразуется и вводится через интегратор в обратную связь канала третьей подсистемы управления. Эта модель имитирует процесс анализа и синтеза знаний, полученных коллективом.

В результате в сознании коллектива происходит всплеск идей, которые приходят с течением времени к некоторой постоянной величине, которая и распределяется как некоторый добавочный интеллектуальный ресурс между подсистемами, увеличивая конечные результаты деятельности подсистем, превышающие плановые результат на определенную постоянную величину.

Подготовка
научных кадров

Разработка
и защита
научных идей

Коллективное
выполнение
проекта

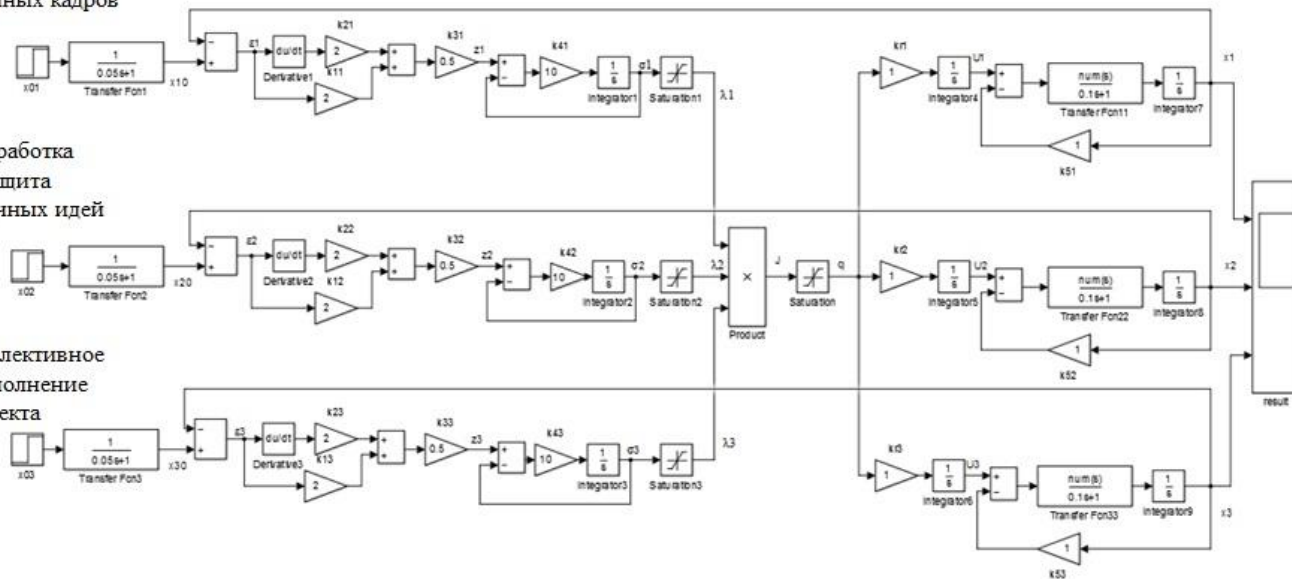


Рис. 4. Модель нелинейной многосвязной системы управления НШ

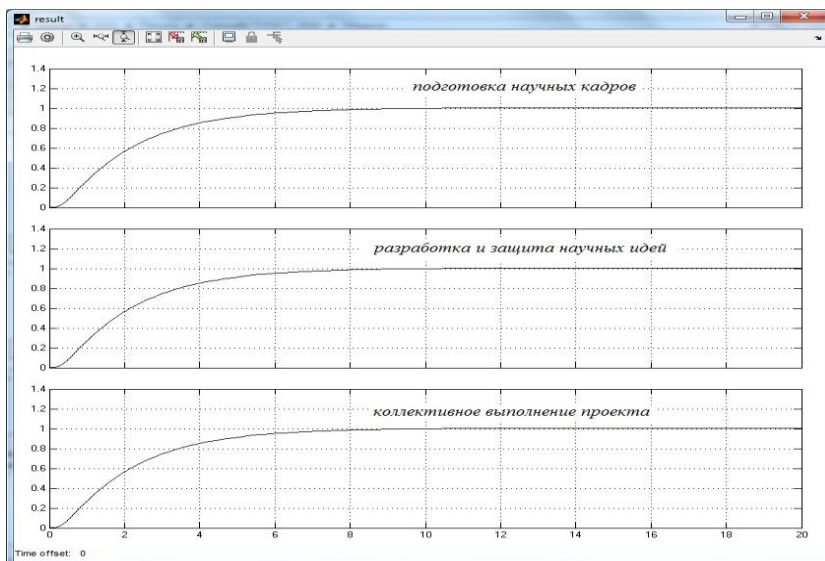


Рис. 5. Переходные процессы

Полученные результаты показывают, что вклад коллективного труда в функционирование первых двух подсистемы можно уменьшить в два раза при получении желаемых конечных результатов, а результаты по функционированию третьей подсистемы можно увеличить за счет синергетического эффекта без дополнительного вклада материально-технических ресурсов.

Появившийся синергетический эффект до определенного значения коэффициента обратной связи стабилизирует колебательный процесс, то есть повышает устойчивость системы, возникает устойчивый синергетический эффект коллективного интеллектуального взаимодействия при принятии управленческих решений.

В некоторых ситуациях может происходить так называемый интеллектуальный срыв и исчезновение синергетического эффекта коллективного разума. Это происходит в том случае, когда коллектив научной школы при принятии решения приходит либо к противоречию и не может выработать в процессе конфликта

новый интеллектуальный ресурс, либо не проводит коллективного анализа принимаемых управленческих решений подсистемами

Заключение

Разработанные линейная и нелинейная модели системы управления деятельностью научной школой как многосвязным (трехсвязным) динамическим объектом, позволили провести исследования динамических свойств системы управления.

В предложенной модели управления в одной из подсистем имитирован синергетический эффект в форме дополнительного коллективного разума. Затем он в процессе управления используется в качестве интеллектуального ресурса, способствующего увеличению конечного результата деятельности каждой подсистемы, выражающегося в повышении конечного результата во всех трех подсистемах без привлечения дополнительных материально-технических ресурсов, предусмотренных в плане.

Выявлена область параметров системы, в которой формируется устойчивый синергетический эффект, а также выявлена возможность исчезновения синергетического эффекта. Стремление повысить уровень синергетического эффекта приводит к потере устойчивости или к появлению в системе автоколебаний.

Литература

1. НОВИКОВ А.М., НОВИКОВ Д.А. *Методология*. – М.: СИНТЕГ, 2007. – 668 с.
2. БУРКОВ В.Н., КОРГИН Н.А., НОВИКОВ Д.А. *Введение в теорию управления организационными системами* / Под ред. чл.-корр. РАН Д.А. Новикова. – М.: Либроком, 2009. – 264 с.
3. *Основы научно-исследовательской деятельности: учеб. пособие*/ А. Г. Бурда; Кубан. гос. аграр. ун-т. – Краснодар, 2015. – 145 с.
4. КРИВОРУЧЕНКО В.К. *Научные школы* // Информационно-гуманитарный портал «Знание. Понимание. Умение». – 2011. – № 2 (март – апрель). – URL:<http://www.zpu-journal.ru>.

5. ILYASOV B., GERASIMOVA I., KARAMZINA A. *Effective Control of the Activities of the Scientific School as a Multivariable Dynamic Object* // VIth International Workshop «Critical Infrastructures: Contingency Management, Intelligent, Agent-Based, Cloud Computing and Cyber Security» (IWCI 2019). Part of series: Advances in Intelligent Systems Research. September 2019. – P. 136-142.
6. ИЛЪЯСОВ Б.Г., ГЕРАСИМОВА И.Б., КАРАМЗИНА А.Г. *Коллективное управление деятельностью научной школы как многосвязным динамическим объектом* // Проблемы управления и моделирования в сложных системах: Труды XXI международной конференции (3-6 сентября 2019 г. Самара, Россия): в 2-х т. / Под ред.: С.А. Никитова, Д.Е. Быкова, С.Ю. Боровика, Ю.Э. Плешивцевой. – Самара: ООО «Офорт», 2019. – С. 226-231.

МОДЕЛИРОВАНИЕ И УПРАВЛЕНИЕ СОЦИЕТАЛЬНОЙ СИСТЕМОЙ КАК СЛОЖНЫМ ДИНАМИЧЕСКИМ ОБЪЕКТОМ

Закиева Е.Ш., Ильясов Б.Г., Макарова Е.А.

*(Уфимский государственный авиационный
технический университет)*

zakievae@mail.ru, ilyasov@tc.uagatu.ac.ru, ea-makarova@mail.ru

Рассматриваются вопросы исследования динамики процессов функционирования и развития общества как активной социальной системы. Предложена триадная модель общества как единства трех основных сфер его жизнедеятельности – политической, экономической и социальной. Разработаны динамические модели подсистем общества. Выявлены закономерности функционирования и развития общества. В качестве критерия развития и интегральной оценки эффективности управления обществом рассмотрен показатель качества жизни. Предложена модель системы управления обществом, реализующей двухканальный принцип управления: административно-правовой и финансово-экономический. Проведен анализ эффективности управления обществом на основе оценки интегрального показателя качества жизни.

Ключевые слова: социетальная система, динамическая модель, качество жизни, система управления.

1. Введение

Современный этап развития цивилизации характеризуется высокой степенью динамичности, неустойчивости и неопределенности, ускорением темпов взаимовлияния и взаимозависимости регионов мира, усилением процессов глобализации. Мировое сообщество находится в принципиально новых условиях,

которые позволяют определять нашу эпоху как эпоху перемен, планетарной уязвимости и возникновения новых условий существования человечества [1].

Попыткой дать научно обоснованный ответ на глобальные вызовы времени явилось формирование качественно нового подхода к пониманию дальнейшего развития общества и необходимости перехода от модели неустойчивого развития к модели устойчивого развития, однако задача разработки эффективных механизмов, обеспечивающих устойчивое развитие, в мире пока не решена [2].

В этих условиях особую актуальность приобретают исследования, направленные на изучение динамических свойств сложных социальных систем как мирового, так и национального масштаба при действии на них возмущающих и управляющих факторов, разработку математических моделей социальных систем и процессов для выявления основных тенденций и закономерностей их функционирования и развития.

Проблема динамики развития общества и социальных процессов находится в центре внимания большинства ведущих философов, социологов, специалистов в области системных исследований. Концепция социальной статики и социальной динамики впервые была разработана основоположником социологии как самостоятельной науки О. Контом, по мнению которого социальная статика отражает условия и законы функционирования общества, а социальная динамика описывает законы развития и изменения социальных систем [3].

Моделирование динамики социальных систем является одной из наиболее сложных научных задач. Это обусловлено наличием большого количества параметров системы, динамической неустойчивостью социальных процессов, их многоуровневостью и разномасштабностью (микро- и макропроцессы), слабой формализуемостью многих параметров, необходимостью учета множества факторов, слабой предсказуемостью поведения системы и другими причинами [4].

Целью настоящего исследования является изучение динамики функционирования и развития общества как активной социетальной системы [5] при действии возмущений. Для достижения

поставленной цели разрабатываются динамические модели подсистем общества в классе непрерывных нелинейных динамических систем, а также модель системы управления обществом на основе оценки интегрального показателя качества жизни.

2. Триадная модель общества

Под социетальной системой понимают систему отношений и процессов, рассматриваемых на уровне общества в целом. В соответствии со структурно-функциональным и системным подходами авторы рассматривают общество как активную социетальную систему, способную к самоорганизации и представляющую собой единство трех основных взаимосвязанных подсистем (сфер жизнедеятельности): политической, экономической и социальной [6]. Каждая подсистема выполняет свои функции и включает в себя соответствующие социальные институты: государство, право, экономика, образование, наука, здравоохранение и другие. Все подсистемы социетальной системы тесно связаны между собой и взаимодействуют, придавая системе новое системное качество, несводимое к свойствам ее отдельных подсистем (см. рис. 1). Таким интегральным свойством является, например, свойство общества развиваться в условиях неопределенности.

Основными элементами социальной подсистемы являются люди, их взаимодействия, отношения и связи. Особенностью социальной системы является различие в физической природе ее элементов: индивид (человек), социальные группы и общности, неорганизованное население, социальные институты (организации), социальные ценности, нормы поведения. Основные функции социальной подсистемы – трудовая, потребительская, репродуктивная. Важнейшим показателем функционирования и развития социальной подсистемы является качество жизни.

Главная функция экономической подсистемы состоит в том, чтобы непрерывно создавать такие блага, которые необходимы для жизнедеятельности людей и без которых общество не сможет функционировать и развиваться. Экономическая деятельность людей направлена на удовлетворение их потребностей на основе использования имеющихся ресурсов. Потребности являются

исходным пунктом экономической деятельности, а их удовлетворение – конечным результатом. Необходимость постоянно удовлетворять потребности – свойство человеческого общества в целом и каждого человека в отдельности. Важнейшим показателем функционирования и развития экономической подсистемы является валовой внутренний продукт (ВВП).



Рис. 1. Модель общества в виде триады подсистем

Политическая подсистема и государство, как основной политический институт, выступает регулятором взаимоотношений социальной и экономической подсистем, обеспечивая на правовой основе их согласованное, сбалансированное, бесконфликтное взаимодействие, нормальную жизнедеятельность и устойчивое развитие общества. Основой единства и безопасности любого современного государства выступает национальная идея, которая должна быть основана на таких основных приоритетах устойчивого

развития как повышение качества жизни населения страны, обеспечение условий для социально-экономического развития, достижения высоких стандартов жизнеобеспечения, экономический рост, достижения высоких результатов в науке, технологиях, образовании, здравоохранении и культуре, рациональное природопользование, которые должны реализовываться путем укрепления роли государства в процессе управления социетальной системой.

Основными функциями политической подсистемы являются аккумуляция благ и их распределение на нужды общества, а также на обеспечение внутренней и внешней безопасности общества. В качестве основной цели политической подсистемы рассматривается обеспечение национальной безопасности.

Авторами разработаны модели подсистем общества как сложного динамического объекта, представленные в виде непрерывных нелинейных дифференциальных уравнений [6]. Отличительной особенностью предложенных моделей является то, что они учитывают взаимосвязь динамических процессов, происходящих во всех трех подсистемах общества под действием внешних сигналов.

Результаты исследований модели общества позволили выявить следующие закономерности его функционирования и развития. Повышение численности населения на 2% приводит к увеличению ВВП на 1,2% и повышению качества жизни на 2%. Внедрение инновационных технологий в экономику повышает производительность труда и приводит к увеличению ВВП и качества жизни. Повышение эффективности использования основного капитала приводит к увеличению ВВП на 4-5% и качества жизни на 4-6%. Влияние санкций со стороны враждебно настроенных государств приводит к снижению потенциального ВВП на 2-2,5%, а положительные действия со стороны дружелюбно настроенных государств приводят к увеличению ВВП на 1-1,5%. Показано также, что для уменьшения отрицательного влияния санкций, необходимо увеличивать темпы развития общества за счет повышения эффективности производства благ. Рождаемость в большей степени зависит от активности населения, от поддержки со стороны государства, а снижение смертности – от мер, принимаемых государством по борьбе с терроризмом, с

опасными природными явлениями и распространением инфекций. Достижения в области науки, медицины и здравоохранения способствуют повышению рождаемости и снижению смертности населения.

3. Модель системы управления обществом

В качестве критерия развития и интегральной оценки эффективности управления обществом рассматривается показатель качества жизни, структура которого предложена в работе [7].

Интегральный показатель качества жизни можно представить также в виде многосвязного многослойного динамического объекта, сохраняя переход от вертикальных связей в иерархической структуре к горизонтальным связям в сетевой структуре. В этом случае обобщенный интегральный показатель «Качество жизни» Q (первый слой) формируется тремя системными интегральными показателями: качество среды жизнедеятельности J_1 , качество жизненного потенциала J_2 , качество уровня жизни J_3 , которые составляют второй слой. При этом каждый системный показатель обладает собственным механизмом самоорганизации, реализованным в виде соответствующих коэффициентов обратных связей A_1, A_2, A_3 .

Каждый системный интегральный показатель, в свою очередь, формируется частными интегральными показателями (третий слой). Так, системный интегральный показатель «Качество среды жизнедеятельности» формируется такими частными интегральными показателями, как «Качество окружающей среды» (x_{11}), «Качество трудовой жизни» (x_{12}), «Качество социальной инфраструктуры» (x_{13}); системный интегральный показатель «Качество жизненного потенциала» – частными интегральными показателями «Уровень образованности» (x_{21}), «Статус» (x_{22}) и «Состояние здоровья» (x_{23}); системный интегральный показатель «Качество уровня жизни» – частными интегральными показателями «Уровень доходов» (x_{31}), «Качество питания» (x_{32}) и «Качество жилищных условий» (x_{33}). Каждый частный показатель обладает собственным механизмом самоорганизации,

реализованным путем введения соответствующих коэффициентов обратных связей a_{ij} .

Управление обществом осуществляется на основе оценки интегрального показателя качества жизни по принципу обратной связи, в соответствии с которым в каждый момент времени измеряется фактическое (текущее) значение показателя качества жизни Q и сравнивается с целевым значением Q^0 . В качестве целевого значения показателя качества жизни должны рассматриваться социальные стандарты качества и уровня жизни, разработанные органами государственного управления (подсистема планирования). В результате сравнения текущего и целевого значений показателя качества жизни (см. рис. 2) в подсистеме анализа и принятия решений вычисляется отклонение (ошибка управления) $\varepsilon = Q^0 - Q$.

Выделены две составляющие ошибки управления: ошибка ε_u , связанная с финансированием социальной системы, и ошибка ε_z , связанная с организационными изменениями социальной системы, для ликвидации которых необходимы финансово-экономические воздействия на частные показатели и проведение административно-правовых (организационных) мероприятий.

В соответствии с этим формируются два канала управления: административно-правовой (организационный), который уменьшает ошибку ε_z и финансово-экономический, который уменьшает ошибку ε_u . Для уменьшения административно-правовой составляющей ошибки ε_z принимаются управленческие решения Z (первый канал управления) по изменению организационных структур, например, путем изменения коэффициентов обратных связей A_1, A_2, A_3 , отвечающих за стабилизацию системных интегральных показателей на федеральном уровне, а также коэффициентов обратных связей a_{ij} , отвечающих за стабилизацию частных интегральных показателей на региональном уровне.

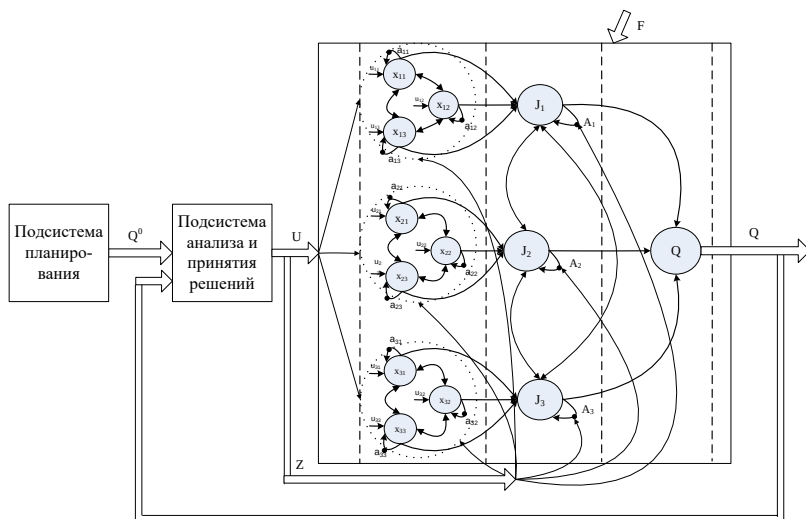


Рис. 2. Структура двухканальной системы управления обществом на основе оценки качества жизни

Для уменьшения финансово-экономической составляющей ошибки ε_u принимаются управленческие решения U (второй канал управления) по изменению объема финансовых ресурсов, вкладываемых в рост частных интегральных показателей.

Проведен анализ эффективности управления обществом на основе оценки интегрального показателя качества жизни. Результаты исследований позволили сделать следующие выводы. Во-первых, интегральный показатель качества жизни чувствителен к восприятию управляющих воздействий как по первому – административно-правовому – каналу управления, так и по второму – финансово-экономическому – каналу. Во-вторых, показатель качества жизни одинаково чувствителен к изменению коэффициентов обратных связей как частных, так и системных интегральных показателей. В-третьих, показатель качества жизни более чувствителен к одновременному изменению коэффициентов обратных связей частных и системных интегральных показателей, чем к их изменению в отдельности, следовательно, большего эффекта

можно достичь путем одновременного воздействия по двум каналам управления.

4. Заключение

Предложена модель общества как активной социетальной системы в виде триады взаимосвязанных подсистем: политической, экономической и социальной, каждая из которых выполняет свои функции, а их взаимодействие приводит к возникновению нового системного свойства, такого, как, способность общества к развитию в условиях неопределенности.

Разработаны модели подсистем общества как сложного динамического объекта, учитывающие взаимосвязь процессов, происходящих в подсистемах общества под действием возмущений, и позволившие выявить закономерности функционирования и развития общества, а также его способность к самоорганизации.

Предложена система управления обществом на основе оценки интегрального показателя качества жизни, реализующая двухканальный принцип управления. Проведена оценка эффективности управления обществом на основе оценки интегрального показателя качества жизни, результаты которой позволили определить чувствительность интегрального показателя к восприятию управляющих воздействий.

Литература

1. ИВАНОВ В.В., МАЛИНЕЦКИЙ Г.Г. Россия XXI век. Стратегия прорыва. Технологии. Образование. Наука. Изд. 3-е, стереотип. М.: ЛЕНАНД, 2018. – 304 с.
2. БУРКОВ В.Н., НОВИКОВ Д.А., ЩЕПКИН А.В. *Механизмы управления эколого-экономическими системами* / Под ред. академика С.Н. Васильева. М.: Изд. физ.-мат. лит., 2008. – 244 с.
3. ВОЛКОВ Ю.Г., ДОБРЕНЬКОВ В.И., НЕЧИПУРЕНКО В.Н., ПОПОВ А.В. *Социология* / Под ред. Ю.Г. Волкова. Изд. 2-е, испр. и доп. М.: Гардарики, 2003. – 512 с.

4. БУРКОВ В.Н., НОВИКОВ Д.А. *Теория активных систем: состояние и перспективы*. М.: Синтег, 1999. – 128 с.
5. МАЛКОВ С.Ю. *Применение синергетики для моделирования социальных процессов* // Синергетическая парадигма. Социальная синергетика. М.: Прогресс-Традиция, 2009. С. 202–233.
6. ЗАКИЕВА Е.Ш. *Анализ свойств общества как динамической системы на основе имитационного моделирования* // Информатизация образования и науки. 2019. № 3 (43). С. 148–160.
7. ИЛЬЯСОВ Б.Г., ГЕРАСИМОВА И.Б., МАКАРОВА Е.А., ЗАКИЕВА Е.Ш. *Объективно-субъективный подход к оценке качества жизни* // Качество. Инновации. Образование. 2016. №2 (129). С.47–57.

ТЕОРЕМЫ СУЩЕСТВОВАНИЯ РАВНОВЕСИЯ В БЕЗОПАСНЫХ СТРАТЕГИЯХ

Искаков М.Б.

(Институт проблем управления РАН, Москва)

mih_iskakov@mail.ru

Предлагается метод построения теорем существования равновесий в безопасных стратегиях из известных теорем существования равновесий Нэша. При выполнении условия сильных угроз для существования РБС достаточно потребовать соблюдения требований исходной теоремы только на безопасном множестве. В качестве примера применения метода построена теорема существования РБС на основе теоремы существования социального равновесия Дебре.

РБС и множества безопасных стратегий при условии сильных угроз. В качестве самой общей идеи построения критерия существования РБС можно взять как аналогию принцип сильных штрафов в теории активных систем [Бурков 1977]. Принцип заключается в том, что «штрафы за отклонение от реализации плана настолько велики, что единственной разумной линией поведения предприятия является безусловное выполнение принятых обязательств» [Бурков 1977, стр.43]. То есть, если имеется множество желательных или приемлемых планов, то выход агентов за его пределы штрафуется настолько сильно, чтобы исключить всякую мотивацию отклониться.

По аналогии, пусть есть множество безопасных стратегий, а любой опасный профиль содержит угрозы настолько серьезные, что осторожный рациональный игрок всегда будет искать решения только в безопасном множестве. Такие условия исключают возможность НБО профилей, не являющихся РБС, и избавляют от необходимости проверять наиболее сложное условие наличия

безопасных отклонений. Насколько сильными, по минимуму, должны быть угрозы, чтобы обеспечить такой эффект? Ответ можно сформулировать следующим определением. Пусть дана игра $G = (S_i, u_i)_{i=1}^N$ с соответствующей игрой угроз $\tilde{G} = (S_i, v_i)_{i=1}^N$.

Определение 1. Безопасным выигрышем игрока i в профиле стратегий s называется функция

$$v_i(s) = \begin{cases} \inf_{i \neq j, s'_i: u_j(s'_j, s_{-j}) > u_j(s)} u_i(s'_j, s_{-j}), & s_i \notin Q_i(s_{-i}), \\ u_i(s), & s_i \in Q_i(s_{-i}). \end{cases}$$

Соответствующей игре G **игрой угроз** называется игра $\tilde{G} = (S_i, v_i)_{i=1}^N$.

Определение 2. Угроза игроку i в профиле s является **сильной**, если существует безопасная стратегия $s' = (s'_i, s_{-i})$, такая, что $u(s') = v(s') > v(s)$. Если для игрока i содержащиеся в любом опасном профиле угрозы являются сильными, то такой игрок имеет **лучшую безопасную альтернативу** (для него выполняется **условие сильных угроз**). Игра G называется игрой с **сильными угрозами**, если все игроки в ней имеют лучшую безопасную альтернативу.

Вторая составляющая идеи теоремы существования РБС состоит в том, что если для игры выполняется требование сильных угроз и имеется некоторая известная теорема существования равновесия Нэша, то можно потребовать выполнения условий этой теоремы только на безопасном множестве (или даже на некотором предпочтительном подмножестве этого множества, содержащего в себе наилучшую безопасную альтернативу), и этого будет достаточно для существования РБС.

Более формально можно описать этот подход следующим образом. Пусть имеется некоторое верное утверждение (исходная теорема): «Если для игры выполняется условие (#####), то в игре существует равновесие Нэша». Пусть это условие (#####) выполняется на множествах безопасных стратегий игроков. Такое предположение надо сформулировать строго. Под выполнением условия на множествах безопасных стратегий будем понимать следующее. Введём вспомогательную игру $\tilde{G}_{Q_i}$, выигрыши

игроков в которой равны выигрышам исходной игры G в профилях, где их стратегии безопасны, и некоторой константе $C_{\min} \leq u_i(s), \forall i, s$, ограничивающей функции выигрыша компактной игры снизу, там где стратегии этих игроков не безопасны. То есть, если $Q_i \subset S$ – множество безопасных профилей игрока i в исходной игре G , то игру $\bar{G}_{Q_i}(S_i, \bar{u}_i), \bar{u}_i(s) = \begin{cases} u_i(s), s \notin Q_i \\ C_{\min}, s \in Q_i \end{cases}$ будем называть соответствующей ей обрезанной игрой.

Определение 3. Пусть дана игра $G(S_i, u_i)_{i=1}^N$ с множествами безопасности $Q_i \subset S$. Игра $\bar{G}_{Q_i}(S_i, \bar{u}_i), \bar{u}_i(s) = \begin{cases} u_i(s), s \notin Q_i \\ C_{\min}, s \in Q_i \end{cases}$ называется **соответствующей ей обрезанной игрой**. Условие (#####) существования равновесия Нэша **выполняется для игры G на безопасных множествах $Q_i \subset S$** , если оно выполняется для соответствующей обрезанной игры.

Таким образом, если для игры выполняются два условия: *условие теоремы существования равновесия Нэша на безопасном множестве* и условие сильных угроз, то можно ожидать, что в данной игре имеется РБС. Условие исходной теоремы (#####) обеспечивает наличие равновесия в нужном множестве, а условие сильных угроз гарантирует его устойчивость в смысле РБС для всей игры. Теперь можно сформулировать и доказать теорему.

Теорема 1. Пусть верно утверждение: «Если для игры выполняется условие (#####), то в игре существует равновесие Нэша». Если для игры $G(S_i, u_i)_{i=1}^N$ выполняется условие сильных угроз, а на её безопасных множествах $Q_i \subset S$ выполняется условие (#####) существования равновесия Нэша, тогда в игре G существует равновесие в безопасных стратегиях.

Доказательство. По предположению теоремы, для обрезанной игры $\bar{G}_{Q_i}(S_i, \bar{u}_i)$ выполняется условие (#####). Следовательно, в этой игре имеется равновесие Нэша s^* . В этом профиле стратегия каждого игрока $s_i^* \in Q_i$ является безопасной стратегией, так как в противном случае выигрыш некоторого игрока в обрезанной игре $\bar{u}_i(s)$ принимал бы минимальное значение $C_{\min}$ и для этого игрока имела бы лучшая альтернатива в безопасном множестве Q_i .

Рассмотрим любое отклонение от равновесного профиля s^* $\rightarrow (s'_i, s^*_{-i})$. Либо s'_i является безопасной стратегией, и тогда $u_i(s^*) \geq u_i(s')$. Либо s'_i – небезопасная стратегия и тогда угроза содержащаяся в s' сильна. Это означает, что $s^* \rightarrow (s'_i, s^*_{-i})$ не является безопасным отклонением. Таким образом, s^* – РБС. $\square$

Утверждение доказанной теоремы носит общий характер и содержательно слабо, так как требуемые в ней условия достаточно сильны. Например, в ней не предусмотрена возможность того, что для некоторых окружений определённый игрок может вообще не иметь безопасных стратегий. Рассмотрение прикладных задач показывает, что такой случай весьма распространён. Но в таком образом сформулированном виде теорема 2 наиболее прозрачно демонстрирует общий принцип, по которому можно строить более конкретные и сильные теоремы существования.

Локальный вариант теоремы. Здесь ослабление условия *лучшей безопасной альтернативы* заключается в том, что его выполнение требуется только по отношению к некоторому множеству $B = \times_{i=1}^N B_i$, где множества B_i предполагаются компактными выпуклыми подмножествами S_i .

Определение 4. Игрок i имеет *лучшую безопасную* в B , если для каждого $s_{-i} \in B_{-i}$ существует непустое подмножество $\tilde{Q}_i(s_{-i}) \in Q_i(s_{-i}) \cap B_i$ такое, что для каждой стратегии $s_i \notin \tilde{Q}_i$ существует стратегия $s'_i \in \tilde{Q}_i$ такая что $u_i(s'_i, s_{-i}) = v_i(s'_i, s_{-i}) > v_i(s_i, s_{-i})$. Игра G называется игрой с **сильными угрозами** по отношению к B , если каждый игрок имеет лучшую безопасную альтернативу в B .

Для любого $s_{-i} \in B_{-i}$, множество $\tilde{Q}_i(s_{-i})$ в BSA-игре предполагается всегда непустым. График многозначной функции $\tilde{Q}_i(s_{-i})$, $\Gamma(\tilde{Q}_i) = \{(s_i, s_{-i}) | s_i \in \tilde{Q}_i(s_{-i}), s_{-i} \in B_{-i}\}$ определяется как подмножество B . Теперь можно сформулировать локальный вариант базовой теоремы существования РБС.

Теорема 2. Пусть верно утверждение: «Если для игры выполняется условие (#####), то в игре существует равновесие Нэша». Если игра $G(S_i, u_i)_{i=1}^N$ является игрой с лучшей безопасной альтернативой (BSA-игрой) по отношению к B , а на её безопасных

множествах $Q_i \subset S$ выполняется условие (#####) существования равновесия Нэша, тогда в игре G существует равновесие в безопасных стратегиях.

Доказательство. Рассмотрим для каждого игрока $k=1, \dots, N$ игру $G_k((B_k, S_{-k}), u)$. По теореме 2 в каждой из этих игр существует РБС. Так как игра $G(S_i, u_i)_{i=1}^N$ является игрой с сильными угрозами или BSA-игрой, то любое из этих равновесий в играх G_k является РБС и в G . $\square$

Таким образом, сформулировано достаточно сильное для практического применения утверждение базовой теоремы существования РБС. Теперь можно конкретизировать использованный в ней абстрактный вид исходной теоремы и получать уже прикладные варианты критериев существования.

Теорема существования РБС по Дебре.

Теорема G.Debreu (1952). В качестве первого варианта исходной теоремы существования равновесия Нэша была взята конструкция из статьи [Дебре, 1952]. Она формулируется следующим образом.

Полиэдрон – множество в $\mathbb{R}^n$ гомеоморфное геометрическому полиэдрону (т.е. объединению конечного числа выпуклых оболочек в $\mathbb{R}^n$). Он очевидно замкнут. ...

Пусть при заданном s_{-i} (т.е. действиях всех остальных), выбор i -го агента ограничен *непустым компактным* множеством $A_i(s_{-i}) \subset S_i$. Агент i выбирает s_i из $A_i(s_{-i})$ так, чтобы максимизировать $u_i(s_{-i}, s_i)$, которая предполагается непрерывной по s_i в $A_i(s_{-i})$. Множества $A_i(s_{-i})$ интерпретируется как задающие совокупность социально приемлемых выборов.

Это делает интуитивным следующее определение *социального равновесия по Дебре*.

Определение Debreu. s^* является *точкой социального равновесия*, если для всех $i = 1, \dots, n : s_i^* \in A_i(s_{-i}^*)$ & $u_i(s^*) = \max_{s_i \in A_i(s_{-i}^*)} u_i(s_{-i}^*, s_i)$.

График функции $A_i(s_{-i}^*)$ определяется как подмножество $S_{-i} \times S_i$ следующего вида: $\Gamma_i = \{(s_{-i}, s_i) \mid s_i \in A_i(s_{-i})\}$. Для любого s_{-i} , множество $A_i(s_{-i})$ всегда предполагается непустым.

Теорема Дебре. Пусть для всех $i = 1, \dots, n$ множества S_i – стягиваемые полиэдры, $A_i(s_{-i})$ – многозначные функции из S_{-i} в S_i с замкнутыми графиками Γ_i , u_i – непрерывные функции из Γ_i в дополненную ось действительных чисел такие, что $\varphi_i(s_{-i}) = \max_{s_i \in A_i(s_{-i})} u_i(s_{-i}, s_i)$ непрерывна. Если для каждого i и s_{-i} множество $M_{s_{-i}} = \{s_i \in A_i(s_{-i}) \mid u_i(s_{-i}, s_i) = \varphi_i(s_{-i})\}$ стягиваемо, то существует точка социального равновесия.

Теорема существования РБС. Воспользуемся теоремой Дебре, чтобы доказать существование РБС в BSA играх в конечномерных евклидовых пространствах. Для этого класса игр ослабим стандартные условия существования равновесия Нэша (в чистых стратегиях), потребовав их выполнения в соответствующем множестве B . В этом случае равновесие Нэша в множестве B оказывается РБС в исходной игре, в соответствии с теоремой 4 и теоремой Дебре.

Теорема 3. Пусть $G(S_i, u_i)_{i=1}^N$ является BSA-игрой по отношению к B , в которой для всех i , график $\Gamma(\tilde{Q}_i)$ замкнут, $u_i(s)$ – непрерывная функция из $\Gamma(\tilde{Q}_i)$ в $\mathbb{R}$, а функция $\varphi_i(s_{-i}) = \max_{s_i \in \tilde{Q}_i(s_{-i})} u_i(s_{-i}, s_i)$ непрерывна. Если для любых i и $s_{-i} \in B_{-i}$ множество $M_{s_{-i}} = \{s_i \in \tilde{Q}_i(s_{-i}) \mid u_i(s_{-i}, s_i) = \varphi_i(s_{-i})\}$ стягиваемо, то в игре G в множестве B существует равновесие в безопасных стратегиях.

Доказательство. В качестве основы доказательства используем теорему существования социального равновесия Дебре и теорему 4. Поскольку множества $\tilde{Q}_i(s_{-i})$ предполагаются в BSA игре непустыми для всех $s_{-i} \in B_{-i}$, можно рассматривать их как многозначную функцию из B_{-i} в B_i . Далее, следуя Дебре, определим профиль s^* как точку социального равновесия, если для всех $i = 1, \dots, N$: $s_i^* \in \tilde{Q}_i(s_{-i}^*)$ и $u_i(s^*) = \max_{s_i \in \tilde{Q}_i(s_{-i}^*)} u_i(s_i, s_{-i}^*)$. Тогда все условия теоремы существования Дебре удовлетворяются и существует точка социального равновесия $s^* \in B$.

Покажем, что эта точка является РБС в G . Рассмотрим выгодное отклонение s_i' произвольного игрока i в профиле s^* . Очевидно, оно является несоревновательным, поскольку s^* безопасный профиль стратегий. Если $s_i' \in \tilde{Q}_i(s_{-i}^*)$, то $u_i(s_i', s_{-i}^*) \leq u_i(s^*)$, и

отклонение не является выгодным. Если $s'_i \notin \tilde{Q}_i(s^*_{-i})$, то в соответствии с BSA условием существует отклонение $s''_i \in \tilde{Q}_i(s^*_{-i})$ такое, что $u_i(s''_i, s^*_{-i}) > v_i(s'_i, s^*_{-i})$. Поскольку $u_i(s''_i, s^*_{-i}) \leq u_i(s^*)$, то получается $v_i(s'_i, s^*_{-i}) < u_i(s^*)$. По определению 15 функции безопасного выигрыша v_i это означает, что несоревновательное отклонение не является безопасным. Таким образом, в безопасном профиле s^* ни один игрок не может сделать безопасное несоревновательное отклонение, то есть s^* является точкой РБС в игре G . $\square$

Итак, если взять в качестве исходной теорему Дебре, достаточно легко её условия приводятся к требуемым формулировкой теоремы 2, и из неё получается теорема существования РБС. Единственное потребовавшееся уточнение этих условий определялось использованием понятий социального равновесия и множеств социально приемлемых выборов, которое очевидно переносится на понятия РБС и безопасных множеств.

Литература

1. БУРКОВ В.Н., 1977. *Основы математической теории активных систем*. М.: Наука.
2. DEBREU, G., 1952. *A social equilibrium existence theorem* // Proc. Natl. Acad. Sci. USA 38(10), 886-893

МЕХАНИЗМЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ АКТИВНЫХ СИСТЕМ В УСЛОВИЯХ ДИНАМИКИ И НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

Кондратьев В.Д.

(Московский автомобильно-дорожный институт)

k-051310@mail.ru

Цыганов В.В., Щепкин А.В.

(Институт проблем управления РАН, Москва)

bbc@ipu.ru, av_shch@mail.ru

Проведен обзор основных результатов по направлению теории активных систем, связанному с исследованием функционирования динамических активных систем и разработкой адаптивных механизмов функционирования организационных систем разной природы и масштаба - от предприятия и отрасли до государства и мирового сообщества в условиях изменений. Рассмотрено использование этих механизмов в системах управления промышленными предприятиями и финансовыми учреждениями, отраслями и ведомствами, национальными и международными структурами.

Ключевые слова: активность, неопределенность, адаптивность, динамика, степень дальновидности, плановая траектория, траектория реализации.

1. Введение

В докладе рассматривается обзор результатов теории активных систем (ТАС) по направлению, ориентированному на исследование функционирования динамических активных систем и разработку адаптивных механизмов функционирования активных систем (кратко – АМФ). По этому направлению ТАС защищено 4 докторских и 7 кандидатских диссертаций в области

технических наук. Комбинации АМФ используются в качестве модулей для анализа и проектирования комплексных систем управления социально-экономическими системами разной природы и масштаба - от предприятия и отрасли до государства и мирового сообщества. С их помощью выполнены работы более чем по 20 грантам, контрактам и договорам. Их результаты внедрены в системах управления промышленными предприятиями и финансовыми учреждениями, отраслями и ведомствами, национальными и международными структурами.

На начальном периоде развития АМФ, в бытность СССР, объектами исследований и разработок были, в основном, хозяйственные механизмы (в частности, отраслевой цикл «исследование-производство»). Обзор основных работ по АМФ в 1979-1984 гг. дан в монографии [1]. Обзор дальнейших работ по АМФ, проведенных в 1985-1991гг., дан в монографии [2]. Ниже рассматриваются основные направления и результаты исследований и разработок АМФ, проведенных в России в 1992-2019 гг. При этом будем ссылаться, в основном, на изданные в этот период монографии и брошюры. Заинтересованный читатель сможет найти в них более детальные обзоры с библиографическими ссылками на более чем 400 научных работ по тематике АМФ.

2. Адаптивные механизмы функционирования предприятий и учреждений

В 1990-х годах подавляющее большинство как министерств, так и отраслевых НИИ и КБ были ликвидированы. Уцелевшим предприятиям и организациям требовались системы адаптации на рынке. Соответственно, основными объектами исследований и разработок АМФ стали механизмы адаптации субъектов рынка к быстрым изменениям.

2.1. ПРОМЫШЛЕННЫЕ ПРЕДПРИЯТИЯ

Промышленные предприятия в 1990-х годах вели отчаянную борьбу за выживание. В этой связи основное внимание уделялось разработке и внедрению систем адаптации предприятий на рынке. В результате была разработана концепция, структура и

адаптивные механизмы интеллектуального предприятия, введенные на Экспериментальном заводе научного приборостроения со Специальным конструкторским бюро РАН (совместно с В.А. Бородиным и Г.Б. Шишкиным) [3]. Монография [3] была отмечена на конкурсе Ассоциации книгоиздателей России «Лучшая книга 2004г.», как не имеющая аналогов в современной литературе. После её опубликования Г.Б. Шишкин защитил диссертацию на тему «Адаптивные механизмы оценки и ранжирования в системе управления предприятием», а В.А. Бородин был избран членом-корреспондентом РАН. В дальнейшем, на основе этих результатов, была разработана и внедрена адаптивная организация вагоноремонтного предприятия (совместно с Н.Ф. Сириной) [4]. Совместно с Г.В. Михеевым были разработаны и внедрены адаптивные механизмы функционирования системы качества на предприятии, совместно с А.Б. Клюквиным - противозатратные стохастические экспертные механизмы, совместно с Ю.А. Шевченко - модели и механизмы партнерства в научно-технической корпорации.

2.2. ФИНАНСОВЫЕ УЧРЕЖДЕНИЯ

На основе теории адаптивного управления эволюцией организации [3] были разработаны и внедрены АМФ в коммерческом банке «Витас». В частности, председатель его правления Р.А. Багамаев провел научный анализ и синтез механизмов сбалансированного развития банка, а член правления Д.А. Бородин исследовал модели и методы поддерживаемого развития отделений банка.

3. Адаптивные механизмы функционирования отраслевых и ведомственных систем

Разработанные в монографии [3] теоретические основы адаптивного управления эволюцией организации использовались при исследовании и разработке механизмов функционирования отраслевых и ведомственных систем.

3.1. ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЙ ТРАНСПОРТ

Исследование, разработка и внедрение АМФ на железнодорожном транспорте велись в нескольких направлениях.

Реформа железнодорожных грузоперевозок. В начале 2010-х годов вагонный парк ОАО «РЖД» был приватизирован. Появилось около 2000 частных собственников вагонов. Их несогласованная деятельность привела к образованию крупномасштабных заторов на железных дорогах, встречных перевозок порожних вагонов. Следствием стало резкое падение объемов железнодорожных грузоперевозок. Для исправления сложившегося положения, по заказу ОАО «РЖД», было проведено моделирование и оценка последствий реализации Целевой модели рынка грузовых перевозок железнодорожным транспортом. Были разработаны адаптивные механизмы реформирования железнодорожных грузоперевозок в России (совместно с С.А. Савушкиным) [5].

Контроль железнодорожного транспорта. Были разработаны адаптивные алгоритмы технологического и ценового аудита железнодорожного транспорта [6]. На их основе была разработана и внедрена Методика проведения технологического аудита производственных процессов в подразделениях бизнес-блока «Железнодорожные перевозки и инфраструктура» ОАО «РЖД», а также соответствующие учебные курсы в Корпоративном университете ОАО «РЖД».

Региональное управление железнодорожным транспортом. Оптимизации, Были разработаны адаптивные алгоритмы оптимизации границ железных дорог, региональных дирекций управления движением, тягой, сбытом и инфраструктурой ОАО «РЖД» с учетом Концепции организационного развития Холдинга «РЖД» (совместно с И.Г.Малыгиным, А.К. Еналеевым и С.А. Савушкиным) [6].

Вагонное хозяйство. Были разработаны адаптивные механизмы функционирования вагонного хозяйства, внедренные в ОАО «РЖД» (совместно с Н.Ф. Сириной) [7].

Крупномасштабные железнодорожные проекты. Совместно с И.Г.Малыгиным, А.К. Еналеевым и С.А. Савушкиным были разработаны механизмы экспертизы и разработки крупномасштабных железнодорожных проектов [6]. Были проведены

экспертизы (технологический и ценовой аудит) проектов реконструкции Байкало-Амурской магистрали (БАМ), строительства высокоскоростной железнодорожной магистрали «Москва — Казань», терминально-логистического центра «Белый Раст» и др.

На основе обобщения полученных результатов, совместно с И.Г.Малыгиным, А.К. Еналеевым и С.А. Савушкиным, были разработаны научные основы теории и методологии разработки и экспертизы больших транспортных систем [6].

3.2. ВЕДОМСТВЕННЫЕ СИСТЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ

Были исследованы, разработаны и внедрены адаптивные механизмы функционирования:

- систем пожарной безопасности на железнодорожном транспорте (совместно с В.С. Беликовым, Д.В. Катцыным и И.Г. Малыгиным) [8]; в частности, была разработана методология автоматизированной количественной комплексной оценки пожарной безопасности на железнодорожном транспорте;

- сил специального назначения по борьбе с незаконными вооруженными формированиями (совместно с С.В.Баленко) [9];

- сил специальной охраны (совместно с И.В.Гурлевым) [10];

- систем страхования (совместно с Овчинниковой Т.И.) [11].

4. Адаптивные механизмы функционирования национальных систем

Теоретические основы адаптивного управления эволюцией организации [3] были также использованы при исследовании и разработке механизмов функционирования национальных систем.

4.1. НАЦИОНАЛЬНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Анализ механизмов эволюции России проведен в монографии [3]. Основанные на нем механизмы модернизации системы национальной безопасности на основе совершенствования механизмов федеральной, региональной, муниципальной, общественной и корпоративной безопасности разработаны совместно с В.Л. Шульцем [12]. В свою очередь, они основаны на адаптивных

механизмах безопасности социально-экономических систем, разработанных совместно с В.Л. Шульцем, Р.Ф. Идрисовым и Н.Н. Тереховой [13]. Дальнейший прогресс в этой области обеспечило развитие теории гуманитарных систем и высоких гуманитарных технологий [14]. На их основе, были разработаны механизмы общественной безопасности в условиях изменений (совместно с В.Л. Шульцем) [15].

4.2. НАЦИОНАЛЬНАЯ ИННОВАЦИОННАЯ СИСТЕМА

Адаптивные механизмы функционирования национальной инновационной системы в России были разработаны в монографии [3], и впоследствии развиты совместно с С.А. Баркаловым и И.С. Суровцевым [10].

4.3. ИНФОРМАЦИОННЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ

Адаптивные механизмы информационного менеджмента разрабатывались совместно с С.Н. Бухариным [17-19]. Фундаментом информационного менеджмента является теория управления эволюцией организации [3]. Взаимосвязь информационного менеджмента и информационного управления была установлена совместно с В.В. Кульбой, Д.А. Кононовым, С.А. Косяченко и И.В. Черновым [20].

На основе полученных результатов, были разработаны адаптивные механизмы национальной системы информационного управления и противоборства [21]. Был основан и прошел стадию становления журнал «Информационные войны», ныне входящий в перечень изданий, рекомендованных ВАК для публикации результатов диссертационных работ.

4.4. ТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ

На основе теории больших транспортных систем [6], были исследованы, разработаны и внедрены адаптивные механизмы:

- разработки и экспертизы крупномасштабных проектов развития транспортной инфраструктуры России, в том числе Чемпионата мира по футболу 2018г., Байкало-Амурской магистрали, высокоскоростной магистрали «Москва-Казань», крупнейшего

терминально-логистического центра «Белый Раст» (совместно с И.Г.Малыгиным, С.А. Савушкиным и А.К. Еналеевым) [6];

- комплексного освоения территории России на основе транспортных пространственно-логистических коридоров в рамках реализации Мегапроекта «Единая Евразия: ТрансЕвразийский Пояс Развития – Интегральная Евразийская Транспортная Система» (совместно с В.В. Козловым, А.Д. Некипеловым, В.В. Ивановым, А.А. Макоско, Н.И. Воропаем, В.А.Бородиным, И.Г.Малыгиным, С.А. Савушкиным, А.К. Еналеевым и др.) [22];

- планирования и реализации 3-х этапов развития инфраструктуры Сибири, Дальнего Востока и Арктической зоны России до 2050 года (совместно с А.А. Макоско, В.А.Бородиным, И.Г.Малыгиным, С.А. Савушкиным, А.К. Еналеевым и др.) [23].

5. Адаптивные механизмы функционирования международных систем

Адаптивные механизмы функционирования международных систем разрабатываются в сотрудничестве с другими членами технических комитетов (ТК) Международной федерации автоматического управления (ИФАК) «Технология, культура и международная стабильность» (ТС9-5) и «Крупномасштабные сложные системы» (ТС5.4).

5.1. ТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ ЕВРАЗИЙСКОГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО СОЮЗА

Адаптивные механизмы функционирования больших транспортных систем [6] были использованы при разработке и экспертизе проектов развития Евразийского экономического союза (ЕАЭС). По заказу Евразийской экономической комиссии (ЕЭК) была проведена экспертиза проекта транспортной политики Единого экономического пространства России, Белоруссии и Казахстана (совместно с И.Г.Малыгиным, А.К. Еналеевым и С.А. Савушкиным) [6]. По заказу ЕЭК были также разработаны адаптивные механизмы реформирования, антимонопольного регулирования и прогнозирования конкуренции на рынке железнодорожных грузоперевозок ЕАЭС [6].

5.2. МЕЖДУНАРОДНЫЕ РЕЖИМЫ

Были разработаны адаптивные механизмы контроля технологий двойного назначения, использованные в международных режимах нераспространения оружия массового поражения (совместно с А.Н. Гришуткиным) [3].

5.3. МЕЖДУНАРОДНАЯ СТАБИЛЬНОСТЬ

Адаптивные механизмы функционирования международных систем разрабатывались в сотрудничестве с другими членами ТК ИФАК «Supplementary Ways for Improving International Stability» (SWIS), преобразованного впоследствии в ТК ИФАК TC9-5 [3,15]. Развитие теории гуманитарных систем [14] в последние годы позволило исследовать и разрабатывать управляющие воздействия, основанные как на желаниях членов общества [24], так и на их страхах [25].

6. Функционирование динамических активных систем

Характерной особенностью управления в экономических системах часто является то, что на каждом шаге принятия решений повторяются однотипные ситуации. Примером этого могут служить задачи, в основе которых лежит многократный процесс принятия решений. К таким задачам относятся процедуры формирования развернутого плана предприятия в каждом периоде функционирования на основе полученных директивных заданий, задачи оптимального распределения ресурсов, управления запасами и т. д. Если учесть, что лицо, принимающее решение, обладает определенной дальновидностью, т. е. учитывает последствия принимаемых решений на свои будущие возможные состояния, то анализ функционирования такой системы необходимо проводить на динамических моделях повторяющихся ситуаций.

Решение возникающих при этом задач, в частности, проводится с помощью повторяющихся игр [24,25]. Исследование математических моделей повторяющихся игровых ситуаций, проведенное в [26-28], направлено на определение условий

существования стратегий, обладающих свойством устойчивости при различных гипотезах поведения участников, на выявление условий существования устойчивых решений в повторяющихся играх n лиц с изменяющейся ценностью платежной единицы.

6.1. ОПИСАНИЕ МОДЕЛИ

В модели, как и в [31], состояние АЭ называется реализацией, а «желательные» значения компонент реализации - планом. В динамических моделях АС каждый плановый период состоит из нескольких периодов функционирования. Свои состояния АЭ выбирает в каждом периоде функционирования. Центр определяет план АЭ для каждого периода функционирования и строит для всего планового периода плановую траекторию АЭ. Если центр или АЭ обладают дальновидностью, т. е. способностью предвидеть последствия принимаемых решений на выбор своих реализаций в будущих периодах функционирования, то возможности по организации функционирования динамической модели АС расширяются.

Если плановый период содержит общие для всех периодов функционирования этап формирования данных, этап планирования и этап выполнения планов, то принципиальной разницы между динамической и статической моделями АС при этом нет. Определив формально плановый период единым периодом функционирования можно исследовать поведение системы уже на этих единых периодах, не рассматривая процессы, происходящие внутри них. Таким образом, при такой организации функционирования системы исследование поведения модели фактически сводится к исследованию уже известной статической модели АС [31].

Если центр определяет планы для АЭ лишь на текущий период функционирования, не учитывая возможные состояния АС в последующие периоды, то деятельность центра соответствует тому, что он не обладает дальновидностью. При этом дальновидный АЭ может учитывать влияние выбора реализаций в текущем периоде функционирования на множество возможных реализаций в последующих периодах, но в связи с тем, что планы на будущие периоды центром не определены, то учет АЭ своих

реализаций в текущем периоде функционирования на множество возможных реализаций в последующих периодах носит ограниченный характер.

Если предполагать, что АЭ не делает прогнозов относительно возможных плановых заданий в будущих периодах функционирования, то отсюда следует, что изучение функционирования системы в плановом периоде соответствует последовательному изучению поведения АС на всех периодах функционирования.

В случае, когда центр обладает дальновидностью, то, определив плановую траекторию в начале планового периода, он может ее корректировать в последующих периодах функционирования, учитывая при этом информацию о выборе реализаций АЭ. При этом не исключается возможность, что скорректированная к концу планового периода плановая траектория будет существенно отличаться от первоначально выбранной.

Если плановая траектория определена на T периодах функционирования, а этап реализации повторяется в каждом периоде функционирования, тогда такой способ организации функционирования АС получил название функционирование динамической АС [32].

6.2. УЧЕТ БУДУЩЕГО В КРИТЕРИЯХ ЭФФЕКТИВНОСТИ АЭ И ЦЕНТРА

Число будущих периодов N , которые АЭ учитывает в целевой функции, определяет степень его дальновидности [33]. Для недальновидного АЭ $N=0$.

В динамической модели АС и дальновидный, и недальновидный АЭ выбирают свои реализации в каждом периоде функционирования. Недальновидный АЭ в каждом периоде функционирования решает задачу максимизации своей целевой функции только в текущем периоде, и траектория его реализации представляет собой последовательность решений таких задач.

Дальновидный АЭ в каждом периоде функционирования делает выбор реализации в текущем периоде и прогнозирует реализации будущих периодов, стремясь достичь максимума своей

целевой функции, как суммы значений целевых функций за несколько периодов функционирования.

Если при выборе реализации в текущем периоде функционирования и построении прогноза реализаций на будущие периоды АЭ по-разному оценивают значения целевой функции в разные периоды, то при стремлении достичь максимума суммы значений целевых функций за несколько периодов функционирования, АЭ умножает целевую функцию в каждом периоде функционирования на соответствующий коэффициент важности. В этом случае, значения коэффициентов важности определяют вес значения целевой функции АЭ в будущих периодах функционирования по отношению к значению этой функции в периоде, в котором принимается решение. При этом говорят, что зависимость значения коэффициентов важности от номера периода функционирования отражает степень учета будущего при принятии решения в данный момент. Коэффициент важности в экономической литературе получил название коэффициента дисконтирования.

Набор коэффициентов важности или вектор коэффициентов важности при анализе функционирования динамических АС получил название распределение дальновидности АЭ [32]. Компоненты этого вектора могут быть «жестко привязаны» к периодам функционирования, а могут и меняться при определении АЭ реализации и построения прогноза в различные периоды функционирования.

Если степень учета будущего при принятии решений в каждом периоде функционирования не меняется, то нетрудно показать, что реализация в текущем периоде функционирования и прогноз состояний на будущие периоды при соответствующих требованиях на множества возможных реализаций, совпадают с реализацией и прогнозом, определяемыми в последующих периодах. Фактически это означает, что когда компоненты вектора распределение дальновидности «жестко» привязаны к периодам функционирования то степень учета будущего АЭ не меняется.

6.3. ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ АС ПРИ ОДИНАКОВЫХ СТЕПЕНЯХ ДАЛЬНОВИДНОСТИ АЭ И ЦЕНТРА

Совпадение степеней дальновидности АЭ и центра соответствует тому, что АЭ, уже в первом периоде функционирования, АЭ может построить прогноз на весь плановый период, т. е. всегда выполняется неравенство $N+1 \geq T$. Анализ функционирования динамических АС основывается на предположении, что при любом отклонении реализации от плана в текущем периоде функционирования выбор реализаций в следующем периоде сужается. Соответственно совпадение реализации с планом в предыдущем периоде обеспечивает наиболее широкие возможности выбора реализаций в следующем периоде. Другими словами, самый большой спектр выбора реализации у АЭ возникает лишь тогда, когда его реализация в предыдущем периоде совпадает с планом в этом периоде. Это предположение позволяет доказать существование таких распределений дальновидностей у АЭ, при которых совпадение реализаций и прогноза при каждом распределении дальновидностей в отдельности, обеспечивает совпадение реализаций и прогноза этого АЭ и для линейных комбинаций этих распределений дальновидностей.

Следует отметить, что при разных распределениях дальновидностей у АЭ можно определить такие функции штрафа, зависящие только значений коэффициентов важностей, которые обеспечивают совпадение реализаций и прогнозов АЭ во всех периодах функционирования.

6.4. ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ АС ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СТЕПЕНЯХ ДАЛЬНОВИДНОСТИ АЭ И ЦЕНТРА

Различие в степенях дальновидности АЭ и центра соответствует тому, что АЭ, по крайней мере в первом периоде функционирования, не может построить прогноз на весь плановый период, т. е. всегда выполняется неравенство $N+1 < T$.

Предположение о том, что отклонение реализации от плана уменьшает множество выборов АЭ позволяет доказать, что если степень учета будущего АЭ в каждом периоде не меняется, и реализация, и прогноз, построенные АЭ в первом периоде

функционирования совпадают с плановыми заданиями, то при $N \geq T/2 - 1$ реализация АЭ на всей плановой траектории совпадает с планом.

В [34] показано, что при различных распределениях дальновидности центра и АЭ существуют такие соотношения между компонентами этих дальновидностей, при которых плановая траектория всегда оказывается более предпочтительной для АЭ.

Установление «сильных штрафов», всегда может обеспечить совпадение реализации с планом независимо от распределения дальновидности АЭ. Однако наличие дальновидности у АЭ и условие того, что отклонение реализации от плана уменьшает множество выборов АЭ позволяет ослабить условие «сильных штрафов». В частности, для того чтобы добиться совпадения реализации с планом в системе с дальновидными АЭ не обязательно вести контроль за выполнением планов в каждом периоде функционирования, и как следствие, нет необходимости «сильно» штрафовать в каждом периоде за отклонение реализации от плана. Например, в плановом периоде, состоящем из трех периодов функционирования, достаточно установить «сильный» штраф во втором периоде функционирования при отсутствии штрафов за невыполнение планов в первом и третьем периодах и тем самым обеспечить совпадение реализации с планом во всем плановом периоде.

Литература

1. БУРКОВ В.Н., КОНДРАТЬЕВ В.В., ЦЫГАНОВ В.В., ЧЕРКАШИН А.М. *Теория активных систем и совершенствование хозяйственного механизма*. М.: Наука, 1984. – 271с.
2. ЦЫГАНОВ В.В. *Адаптивные механизмы в отраслевом управлении*. М.: Наука, 1991 - 168с.
3. ЦЫГАНОВ В.В., БОРОДИН В.А., ШИШКИН Г.Б. *Интеллектуальное предприятие: механизмы овладения капиталом и властью. Теория и практика управления эволюцией организации*. М.: Университетская книга, 2004. – 768 с.

4. СИРИНА Н.Ф., ЦЫГАНОВ В.В. *Адаптивная организация вагоноремонтного комплекса*. Екатеринбург: УрГУПС, 2008. – 178 с.
5. ЦЫГАНОВ В.В. САВУШКИН С.А. *Реформирование железнодорожных грузоперевозок в России. Критика либеральной реформы при ограничениях роста*. Saarbruken: Palmarium Academic Publishing, 2012. – 452 с.
6. ЦЫГАНОВ В.В., МАЛЫГИН И.Г., ЕНАЛЕЕВ А.К., САВУШКИН С.А. *Большие транспортные системы: теория, методология, разработка и экспертиза*. СПб: ИПТ РАН, 2016. – 216с.
7. СИРИНА Н.Ф., ЦЫГАНОВ В.В. *Механизмы функционирования вагонного хозяйства*. М.: Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте, 2010. – 188с.
8. БЕЛИКОВ В.С., КАТЦЫН Д.В., МАЛЫГИН И.Г., ЦЫГАНОВ В.В. *Системные аспекты пожарной безопасности*. СПб.: ИПТ РАН, 2012. – 152с.
9. БАЛЕНКО С.В., ЦЫГАНОВ В.В. *Адаптивные механизмы функционирования сил специального назначения*. М.: ИПУ РАН, 2003. – 82с.
10. ГУРЛЕВ И.В., ЦЫГАНОВ В.В. *Адаптивные механизмы охраны*. М.: ИПУ РАН, 2003. – 81с.
11. ОВЧИННИКОВА Т.И., ЦЫГАНОВ В.В. *Адаптивные механизмы страхования*. М.: ИПУ РАН, 2003. – 72 с..
12. ШУЛЬЦ В.Л., ЦЫГАНОВ В.В. *Модернизация системы национальной безопасности. Модели и механизмы федеральной, региональной, муниципальной и корпоративной безопасности*. М.: Наука, 2010. – 216с.
13. ШУЛЬЦ В.Л., ЦЫГАНОВ В.В., ИДРИСОВ Р.Ф., ТЕРЕХОВА Н.Н. *Безопасность социально-экономических систем*. М.: Наука. 2009. - 272с.
14. ЦЫГАНОВ В.В. *Адаптивные механизмы и высокие гуманитарные технологии. Теория гуманитарных систем*. – М.: Академический проект, 2012. - 351с.
15. ЦЫГАНОВ В.В., ШУЛЬЦ В.Л. *Социология общественной безопасности*. М.: Наука, 2014. – 415с.

16. БАРКАЛОВ С.А., СУРОВЦЕВ И.С., ЦЫГАНОВ В.В. *Управление инновационными системами* / Коллективная монография «Формирование национальной инновационной системы в России». Воронеж: ВГАСУ, 2010. С. 106-169.
17. ЦЫГАНОВ В.В., БУХАРИН С.Н. *Информационные войны в бизнесе и политике. Теория и методология*. М.: Академический проект. 2007. – 336 с.
18. БУХАРИН С.Н., ЦЫГАНОВ В.В. *Методы и технологии информационных войн*. М.: Академический проект. 2007. – 387с.
19. ЦЫГАНОВ В.В., БУХАРИН С.Н. *Информационный менеджмент: механизмы управления и борьбы в бизнесе и политике. Словарь-справочник*. М.: Академический проект. 2009. – 506с.
20. КУЛЬБА В.В., КОНОНОВ Д.А., КОСЯЧЕНКО С.А., ЦЫГАНОВ В.В., ЧЕРНОВ И.В. *Средства и объекты информационного управления* // Информационные войны. 2009. №4. С.20-32.
21. ЦЫГАНОВ В.В. *Информационный менеджмент и национальная система информационного управления и противоборства*. Юбилейный: ПСТМ, 2008. – 28с.
22. *Комплексное освоение территории Российской Федерации на основе транспортных пространственно-логистических коридоров. Актуальные проблемы реализации мегапроекта «Единая Евразия: ТЕПР – ИЕТС»* / Коллективная монография под ред. В.В. Козлова. – М.: Наука, 2019. – 463 с.
23. *Инфраструктура Сибири, Дальнего Востока и Арктики. Состояние и 3 этапа развития до 2050 года* / Коллективная монография под ред. А.А. Макоско. – М.: ИПТ РАН, 2019. – 465 с.
24. TSYGANOV V.V. *Limits of global growth, stagnation, creativity and international stability* // AI and Society. Vol. 29. 2014. № 2, P. 259-266.
25. TSYGANOV V.V. *Emotional Expectations and Social Stability* // IFAC PaperOnline . Vol. 51. 2018. № 30. P. 112-117.
26. ГЕРМЕЙЕР Ю.Б. *Игры с противоположными интересами*. М.: Наука, 1976, 326 с.

27. ГЕРМЕЙЕР Ю.Б. *Слабоустойчивые совместные решения в повторяющихся играх.* // Докл. АН СССР, 1974, т. 216, № 3, с. 481-484.
28. КОНОНЕНКО А.Ф., СТРОНГИН Н.Г. *Анализ устойчивых ситуаций в повторяющихся процессах.* - В кн.: *Современное состояние теории исследования операций.* М.: Наука, 1979, с. 173-196.
29. ГЕРМЕЙЕР Ю.Б., ШТИЛЬМАН М.С. *Некооперативные повторяющиеся игры с произвольным дисконтированием.* // Докл. АН СССР, 1975, т. 221, № 1, с. 22-25.
30. ШТИЛЬМАН М.С. *Повторяющиеся игры с изменяющейся ценностью платежной единицы. I, II.* // Изв. АН СССР, Техн. кибернетика, 1978, № 1, с. 26-33; № 5, с. 26-34.
31. БУРКОВ В.Н. *Основы математической теории активных систем.* М.: Наука, 1977, 255 с.
32. ЩЕПКИН А.В. *Динамические активные системы с дальновидными элементами. I. Динамическая модель активной системы.* // АиТ, 1986, № 10, с. 89 - 95.
33. БУРКОВ В.Н., КОНДРАТЬЕВ В.В. *Механизмы функционирования организационных систем.* М.: Наука, 1981, 384 с.
34. ЩЕПКИН А.В. *Динамические активные системы с дальновидными элементами. II. Дальновидность активных элементов в динамических моделях.* // АиТ, 1986, № 11, с. 82 - 94.

О СОВМЕСТНОМ РАЗВИТИИ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ И ПОВТОРЯЮЩИХСЯ НЕАНТАГОНИСТИЧЕСКИХ ИГР

Мохо́нько Е.З.

(Вычислительный центр им. А.А. Дородницына

ФИЦ ИУ РАН, Москва)

mohon@ccas.ru,

В работе рассмотрен метод развития неантагонистических динамических игр, который состоит в том, что идеи, постановки задач и методы их решения переносятся из одного вида игр в другой. А именно, результаты исследования дифференциальных игр переносятся на повторяющиеся игры. И наоборот, результаты рассмотрения повторяющихся игр приводят к возникновению новых задач в дифференциальных неантагонистических играх. Идеи их решения также берутся из повторяющихся игр.

Ключевые слова: неантагонистические динамические игры, оптимальное получение информации, метод развития игр.

1. Введение

Динамические неантагонистические игры более полно отражают современные реальные конфликты по сравнению со статическими играми, поэтому важно и актуально их развивать. Одним из методов развития таких игр является построение и исследование игровых моделей с простой динамикой с тем, чтобы в дальнейшем попытаться использовать полученный опыт и результаты при исследовании игр с более сложной динамикой. В данной работе в качестве простых игр рассматриваются неантагонистические повторяющиеся игры с непрерывным временем. А в качестве сложных –

неантагонистические дифференциальные игры. Описывается опыт их взаимного влияния на развитие друг друга.

2. Возникновение неантагонистических дифференциальных игр и повторяющихся игр с непрерывным временем

Сильной стороной повторяющихся игр является простота математического аппарата. Сильной стороной неантагонистических дифференциальных игр является возможность моделирования с их помощью конфликтов с более сложной динамикой по сравнению с теми, которые моделируются повторяющимися играми.

Многочисленный участник конференций по активным системам, профессор А.Ф. Кононенко, опираясь на результаты, полученные в антагонистических играх [1], [2], рассмотрел неантагонистическую дифференциальную игру [3]. В ней он дал определение ситуации равновесия в позиционных стратегиях и получил необходимые и достаточные условия существования таких ситуаций. Он также описал повторяющуюся неантагонистическую игру с непрерывным временем [4]. В такой игре он исследовал ситуацию равновесия в стратегиях с памятью и нашел оптимальный режим получения информации [5].

3. Дальнейшее развитие этого направления игр

Далее в развитие этих игр включились ученики А.Ф. Кононенко. Удалось решить, например, следующую задачу. Дав возможность игрокам, как и в повторяющейся игре, получать информацию не только непрерывным, но и дискретным образом, определить оптимальный режим получения информации в неантагонистической дифференциальной игре [6].

Позже выяснилось, что повторяющуюся игру с непрерывным временем можно представить как частный вид дифференциальной игры [7]. Результаты, полученные в повторяющихся играх, можно рассматривать, как результаты, полученные для частного вида дифференциальных игр. Далее просто нужно выяснить, возможно ли распространить эти результаты на более общий вид

дифференциальных игр. С другой стороны, результаты, полученные для общего вида дифференциальных игр, верны и для частного случая этих игр, а значит, легко переносятся на повторяющиеся игры.

И действительно, результаты сложной дифференциальной игры с неточным знанием терминального выигрыша [8] удалось перенести на повторяющуюся игру. Тем самым об этой динамической игре узнали исследователи, не знакомые с аппаратом дифференциальных игр. В [7] перенос конструкций из дифференциальной игры привел к тому, что в повторяющихся играх был получен более общий случай равновесной ситуации по сравнению с [4]. А именно, если в [4] равновесный выбор представлял собой выбор одной точки, то в [7] выбор может зависеть от времени. Благодаря этому изменилось представление о ситуации равновесия в повторяющейся игре.

Перенос результата из повторяющейся игры с ограничением времени, которое можно потратить на наблюдение за выборами партнера [9] на частный случай дифференциальной игры удалось сделать. Частным случаем являлся случай с функцией, описывающей динамику дифференциальной игры, зависящей только от управлений игроков. В общем случае эта функция зависит не только от управлений игроков, но и от времени, и от позиции.

Пока не удалось перенести этот результат хотя бы на случай, когда динамика дифференциальной игры, описывается функцией, зависящей от управлений и времени. Для такой игры был получен какой-то новый для дифференциальной игры результат [10], более слабый по сравнению с игрой, динамика которой зависит только от управлений. Аналога этому результату в повторяющихся играх пока нет.

А вот аналоги некоторых результатов из повторяющихся игр с дополнительным платежом [11] удалось получить для общего вида неантагонистической дифференциальной игры. При этом используются конструкции, типичные для дифференциальных игр и не похожие на конструкции из повторяющихся игр.

Под влиянием достижений антагонистических дифференциальных игр стали рассматриваться повторяющиеся игры с изменяющимся множеством выбора второго игрока. Удалось получить

результаты по оптимизации получения информации для более сложных повторяющихся игр. В них [12] функции выигрышей зависят не только от выборов игроков [4],[5], но и от времени.

4. Заключение

Дифференциальные и неантагонистические повторяющиеся игры связаны друг с другом. Оказалось, что перевод результатов из одного вида игр в другой может приводить к появлению более сложных игр, новых конструкций, новых результатов, нового понимания свойств динамических игр.

Литература

1. КРАСОВСКИЙ Н.Н., СУББОТИН А.Н. *Позиционные дифференциальные игры*. М.: Наука, 1974.- 456с.
2. ЧЕРНОУСЬКО Ф.Л., МЕЛИКЯН А.А. *Игровые задачи управления и поиска*. М.: Наука, 1978. - 270с.
3. КОНОНЕНКО А.Ф. *Структура оптимальной стратегии в динамических управляемых системах* // Ж.вычисл. матем. и матем. физ., 1980. Том 20, №5. – С. 1105 - 1116.
4. КОНОНЕНКО А.Ф. *Постановка задачи. Модель с непрерывным временем* // Современное состояние теории исследования операций: Сб. научн. тр. М.: Наука, 1979.- С.173-179.
5. КОНОНЕНКО А.Ф. *О задаче наблюдения в повторяющихся операциях* // Современное состояние теории исследования операций: Сб. научн. тр. М.: Наука, 1979. – С.179-182
6. КОНОНЕНКО А.Ф., МОХОНЬКО Е.З. *О процессе получения информации в неантагонистических дифференциальных играх* // Сообщения по прикладной математике. М.: ВЦ АН СССР, 1982.- 20с.
7. МОХОНЬКО Е.З. *О связи повторяющихся неантагонистических игр с дифференциальными играми*. // Динамика неоднородных систем. Труды ИСА РАН. Том 53 (5). М.: Институт системного анализа РАН, 2010. – С.48-60.

8. МОХОНЬКО Е.З. *О дифференциальной игре с неточным знанием терминального выигрыша*//Сообщения по прикладной математике. М.: ВЦ РАН, 1994. - 64 с.
9. МОХОНЬКО Е.З. *Динамика информационных процессов в неантагонистических играх: дисс. доктора физ.-мат. наук:05.13.17.М.: ВЦ РАН, 1998. - 350с.*
10. МОХОНЬКО Е.З. *Ситуация равновесия при ограниченном запасе времени наблюдения.* Сборник научных трудов XII Международной школы-симпозиума «Анализ, моделирование, управление, развитие социально-экономических систем (АМУР-2018)»14-27 сентября 2018г. Симферополь-Судак. Симферополь: КФУ,2018. – С.318-326.
11. МОХОНЬКО Е.З., НОСЫРЕВ А.В. *Информационные процессы в повторяющейся игре с дополнительным платежом и возмущающим фактором*//Сборник научных трудов. V Международная школа - симпозиум «Анализ, моделирование, управление, развитие социально-экономических систем. 12-18 сентября 2011г, Севастополь». Симферополь: ТНУ, 2011. – С.267-272.
12. МОХОНЬКО Е.З. *Дискретные режимы получения информации в неантагонистической повторяющейся игре двух лиц.* // Материалы одиннадцатой международной конференции «Управление развитием крупномасштабных систем MLSD-2018» (1-3 октября 2018 г., Москва, Россия). В двух томах. Том I. М.: ИПУ, 2018.- С.314-317. ISBN 978-5-91450-218-5.

ОТ АКТИВНОЙ СИСТЕМЫ К КОЛЛЕКТИВНОМУ ИСКУССТВЕННОМУ ИНТЕЛЛЕКТУ

Райков А.Н.

(Институт проблем управления РАН, Москва)

Alexander.N.Raikov@gmail.com

Отмечено, что за последние 50 лет мир очень сильно изменился, кардинальным образом трансформировался его цифровой и кибернетический сегмент. Констатируется, что теория активных систем (ТАС) устойчиво развивается независимо от превратности обстоятельств, обеспечивая теоретический базис все новым научным и практическим разработкам. К основным источникам и составным частям дальнейшего развития ТАС отнесены: классическая и неклассическая математика, управляемая термодинамика, феноменологический философский и когнитивный психологический базис. Акцентируется внимание на том, что сейчас без инструментов интернета вещей, глубокого обучения, анализа больших данных и искусственного интеллекта (ИИ), обогащенных методологией ТАС, немыслимы как текущие процессы государственного и корпоративного управления, так и разработок, глядящих далеко вперед, например, коллективного и сильного (общего) искусственного интеллекта (AGI). Выявлены особенности когнитивных аспектов AGI через репрезентацию квантовых эффектов и аспектов ситуационной осведомленности. Приведены примеры практического применения элементов коллективного ИИ.

Ключевые слова: искусственный интеллект, квантовая семантика, стратегические совещания, ситуационная осведомленность, теория активных систем

1. Введение

У теории активных систем (ТАС) [1, 2] много измерений, три из которых—главные. Одно из них итожит прошлое, второе—наполняет научным содержанием настоящее, третье—обосновывает прогностический взгляд в будущее.

К трем источникам и трем составным частям ТАС можно отнести классическую математику во всей ее полноте, управляемую термодинамику и соответствующий философско-психологический базис. Становление этих источников можно датировать первой половиной прошлого века, то есть задолго до появления компьютеров. В середине прошлого века эти источники пополнились вычислительными атрибутами, зарождением искусственного интеллекта.

В настоящее время цифровые технологии кардинально меняют систему управления во власти и на производстве, делая управление более распределенным, горизонтальным, эффективным, интеллектуальным. Однако отход от централизованного управления запускает механизмы самоорганизации, которые грозят управлению дивергенцией. Интеллектуализация Интернета вещей приводит к автономизации компонент производства, что увеличивает риски выхода управления из-под контроля, который должен императивно обеспечить целенаправленное и устойчивое достижение стратегических целей. Вместе с тем интернет вещей не способен учесть всю глубину производственных процессов, которые реализуются под присмотром или с участием человека. Для этого ищутся новые способы репрезентации реальности, например с привлечением механизмов квантовой физики и теории относительности.

Внедрение сквозных технологий, особенно робототехники и искусственного интеллекта (ИИ), увеличивает риск сокращения рабочих мест, что может, с одной стороны, повысить производительность труда, а с другой—инициировать падение деловой репутации предприятия, снижение его социальной ответственности. А это, в свою очередь, может привести к падению спроса на продукцию и услуги предприятия.

Под эти новые реалии совершенствуются и методы ТАС, одновременно обогащая теоретический и практический базис теории управления и принятия решений, в том числе коллективных.

2. Особенности новой, цифровой, среды

В новых условиях субъективный фактор, сыгравший существенную мотивационную роль в создании ТАС, по-прежнему актуален. Особенно важен аспект ТАС, касающийся коллективных процессов. Так, предприятие можно представить в виде живого организма, работающего с постоянно обновляемыми цифровыми и иными технологиями. Он учитывает динамику и давление окружающей среды, которая охватывает политику, рынок, потребителя продукции и услуг. У преуспевающей организации всегда хорошо поставлено целеполагание, менеджмент, коллективное стратегическое планирование. Среду, которую должны учитывать методы и подходы ТАС можно проиллюстрировать в виде Рис. 1.

В новых условиях ТАС обогащается методами и подходами, учитывающими следующие особенности этой среды:

- пространство моделирования бесконечномерное, концептуально-понятийное, некаузальное (беспричинное, феноменологическое);
- выбор варианта решения проблемы может происходить из бесконечного множества альтернатив и значений переменных ее модели;
- допускается изменение состояния компонентов модели скачкообразным (квантованным) образом;
- поведение каждого фактора модели может быть синхронизировано с состоянием некоего субъекта или объекта, местоположение и функция которого неизвестны;
- изменения в модели могут носить случайный характер, причем закон распределения вероятности случайных величин может быть неизвестен;



Рис. 1. Среда применения методов и подходов ТАС

- внешнее воздействие на развитие моделируемой ситуации может быть осуществлено непредсказуемым образом, при этом развитие процесса должно сохранить свою устойчивость (робастность управления);
- в процессе участвует большое множество автономных аппаратов и сенсоров, коллективов людей и др.

В среде с такими особенностями решаемые задачи приобретают обратный характер, что ведет к их некорректности, неустойчивости решения.

3. Когнитивные семантики и обратные задачи

Человеческий фактор делает пространство моделирования понятийным, модель—обогащенной неформализуемыми (когнитивными) семантиками, задачи—обратными, а процесс решения—дивергентным. В таком пространстве невозможно построить метрику, близость понятий (факторов, обогащенных семантиками) может быть оценена с применением способа построения и пересечения окрестностей (отделимость на топологическом пространстве).

Когнитивные семантики неформализуемы. Традиционно семантики строятся отображением, проекцией символической имитационной модели на вещные конструкции, те же символы, большие данные и прочие логические архетипы. Субъектный фактор добавляет в это построение когнитивные семантики (Рис. 2). Когда задачи приобретают обратный характер, их решение на неметрическом пространстве нуждается в обеспечении устойчивой сходимости к неточным целям (Рис. 3). Решению таких задач на практике может помочь авторский метод конвергентного управления и поддержки решений [3]. Для обеспечения сходимости решения обратных задач на понятийном (топологическом) пространстве при большом числе участников принятия решений используются методы сетевой экспертизы, когнитивного моделирования и эволюционных вычислений [4, 5].

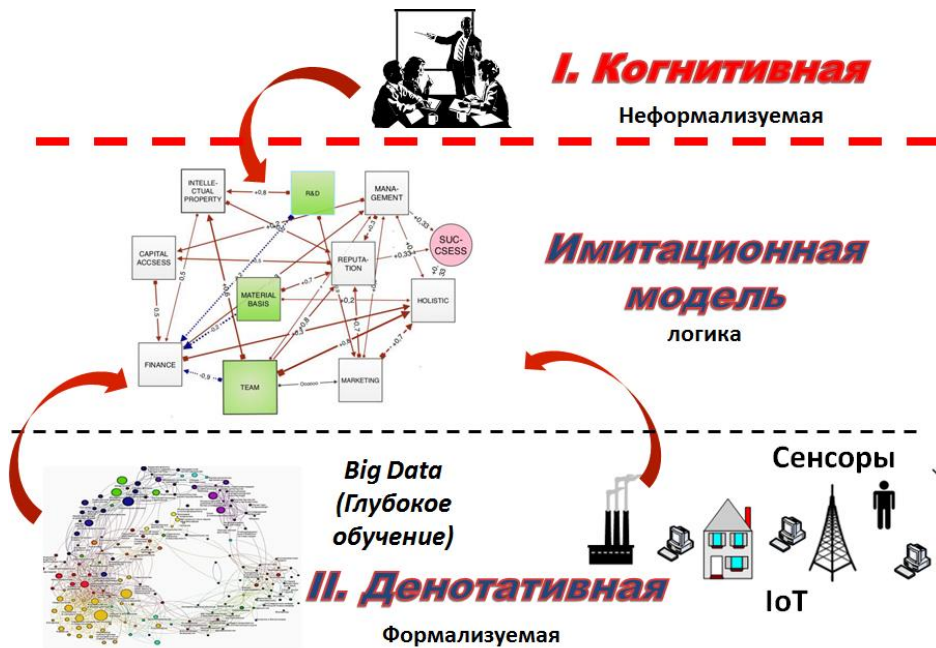


Рис. 2. Когнитивные и денотативные семантики

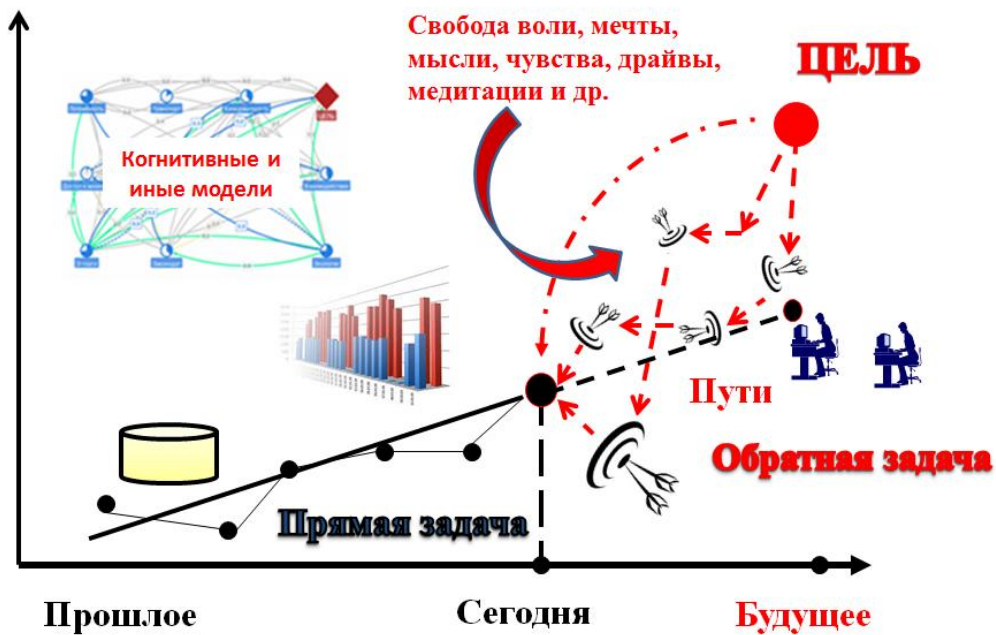


Рис. 3. Прямая vs Обратная задачи

Для большеразмерных задач глобальной оптимизации (The large-scale global optimization, LSGO). Например, к последнему относится метод последовательной дифференциальной эволюции [6]. Он учитывает локальные и глобальные окрестности. Метод ставит задачу ускорения сходимости на большом пространстве. В нем используются оператор кроссовера, мутации, а также биномиальный и экспоненциальный операторы. Причем, правило мутации, которое вносит разнообразие и обеспечивает сходимость, предлагается выбирать направленным образом. Именно в мутационные моменты работы алгоритма целесообразно привносить в процесс решения задачи качественную информацию субъектом управления.

Имеющийся теоретический и практический задел, а также анализ новых подходов к решению обратных задач на когнитивной модели, показывает:

- обычный генетический алгоритм обеспечивает целенаправленное и сходящееся решение обратной задачи на имитационной модели без ее семантической интерпретации;
- семантическая интерпретация элементов модели на основе их отображения на большие данные делает задачу NP-сложной и большой размерности, а использование классических методов оптимизации некорректными (неформализуемыми);
- существуют эволюционные методы, позволяющие ускорять решение обратной задачи на когнитивной модели, обогащенной семантическими интерпретациями, с применением продвинутых генетических алгоритмов.

Вместе с тем, как показывают исследования [7, 8, 9], классических детерминированных интерпретаций когнитивной модели явно недостаточно для учета семантик, порождаемых мыслями, чувствами, коллективным бессознательным. Нужны методы, которые косвенным образом учитывают такие аспекты. В качестве примера построения таких методов может служить подход с квантовыми семантиками.

4. Квантовая семантика

Классические подходы семантической интерпретации компьютерных моделей отличается своей детерминированностью, статистически предсказуемой природой. К неклассическим же подходам можно отнести привлечение к моделированию методов квантовой физики и аналоговой оптики [8, 9].

Так, в работе [8] делается подобная попытка в отношении косвенного учета эмоциональной и трансцендентальной составляющей процесса моделирования и принятия решений. Для этого к частотным распределениям слов в текстах документов (граммам) применяется квантовый оператор Адамара, обеспечивающий суперпозиций различных состояний текстов документов, интерпретирующих модель, и обеспечивающий улучшение когнитивной семантической интерпретации элементов компьютерной модели.

Сама природа квантовой семантики [7, 10, 11] отличается от семантики классической, которая опирается на логику и статистику. Особенности квантовой семантики состоят в следующем:

- поведение квантовых частиц описывается в бесконечно-мерном пространстве; на практике это ассоциируется с репрезентацией когнитивных семантик и непредсказуемого влияния на процесс прогнозирования будущего бесконечного числа факторов;
- с изменением расположения частицы в классической парадигме ее идентичность не меняется, в квантовой среде—в «другом месте» это будет уже другая частица; это ассоциируется со сменой семантики слов при смене контекста;
- квантовая частица представляет собой как частицу, так и волну, что приводит к волновым эффектам, что ассоциируется с эффектом коллокации слов, когда любой термин в сочетании с различными терминами имеет разные значения;
- попытки детектировать (поймать) волну, «сопровождающую» частицу, приводит к коллапсу; это хорошо

- ассоциируется с репрезентацией мыслей, эмоций, трансценденций, где попытка их описать словами приводит к отказу от их невербальных природных особенностей;
- изменение состояния квантовой частицы происходит скачкообразным образом, у частицы не может быть нулевых значений комбинаций ее параметров, в отличие от классической частицы, допускающей превращения в точку; это ассоциируется с фактом перманентной генерации мыслей у человека;
 - каждая классическая частица может рассматриваться и измеряться автономно, что невозможно в квантовом случае, для которого характерен эффект нелокальности, демонстрирующий зависимость поведения частицы от некоторой другой, место и импульс которой точно не определены; это ассоциируется с эффектом зависимости мышления от внешних неконтролируемых обстоятельств;
 - в квантовой парадигме все явления носят вероятностный характер, то есть для подтверждения явления необходимо проводить множество экспериментов; в классическом случае этому можно сопоставить появление ошибок измерений, что в квантовой парадигме недопустимо без умаления явления; это хорошо ассоциируется с феноменом непредвиденности событий в реальной жизни;
 - любое классическое имитационное моделирование требует абстрагирования и отрыва модели от объекта или явления, что порождает много допущений, приводящим к неизбежным ошибкам; квантовый подход допускает непосредственное рассмотрение самих явлений в качестве информации, и, таким образом, обеспечивает слияние реального объекта с моделью, превращает объект в реальную семантику модели.

Перечисленные особенности феномена квантовой семантики порождают надежду, что использование квантовых аналогий позволит приблизить процессы прогнозирования в среде активных систем к феноменам реальной действительности и сделать их

более достоверными. Однако для этого еще предстоит решить множество вопросов, начиная с нахождения различных способов представления с помощью подходов квантовой семантики знаков, алфавита, слов, предложений, их семантических интерпретаций и иных вербальных и виртуальных конструкций. Иллюстрация одной из схем проведения анализа проблемной ситуации с применением когнитивного моделирования, генетических алгоритмов и использования квантовых операторов для построения неформализуемых семантик показана на Рис. 4.

В этом контексте, особый интерес представляет актуальный теоретический и прикладной аспект интерпретация феномена коллективного познания, распределенного познания, формирующего содержательный базис коллективного искусственного интеллекта, обеспечивающего более высокую осведомленность о проблемной ситуации, и, соответственно, более высокое качество принятия решений.

5. Распределенная ситуационная осведомленность

Распределенное познание—это, прежде всего, системный взгляд на познание. Его фокус сосредоточен на исследовании поведения ансамбля (коллектива) индивидуумов и артефактов, а не отдельных людей [4, 5, 12].

Вопрос, в частности, ставится относительно того, как информация представляется, преобразуется и распределяется между индивидуумами в мультимедийной среде. Встает проблема формирования среды распределенной ситуационной осведомленности (PCO), которая обеспечивает интегрированное распределенное познание коллективом людей. Между агентами ансамбля людей (коллектива) происходит обмен данными в структурированной форме, задаваемой фреймворком ситуационной осведомленности (CO). Этот фреймворк может состоять из трех последовательно связанных частей: распознавание ситуации, анализ, прогнозирование. Нарушение этой связности при коммуникациях в коллективе может привести к непредсказуемым последствиям [13] (Рис. 5).

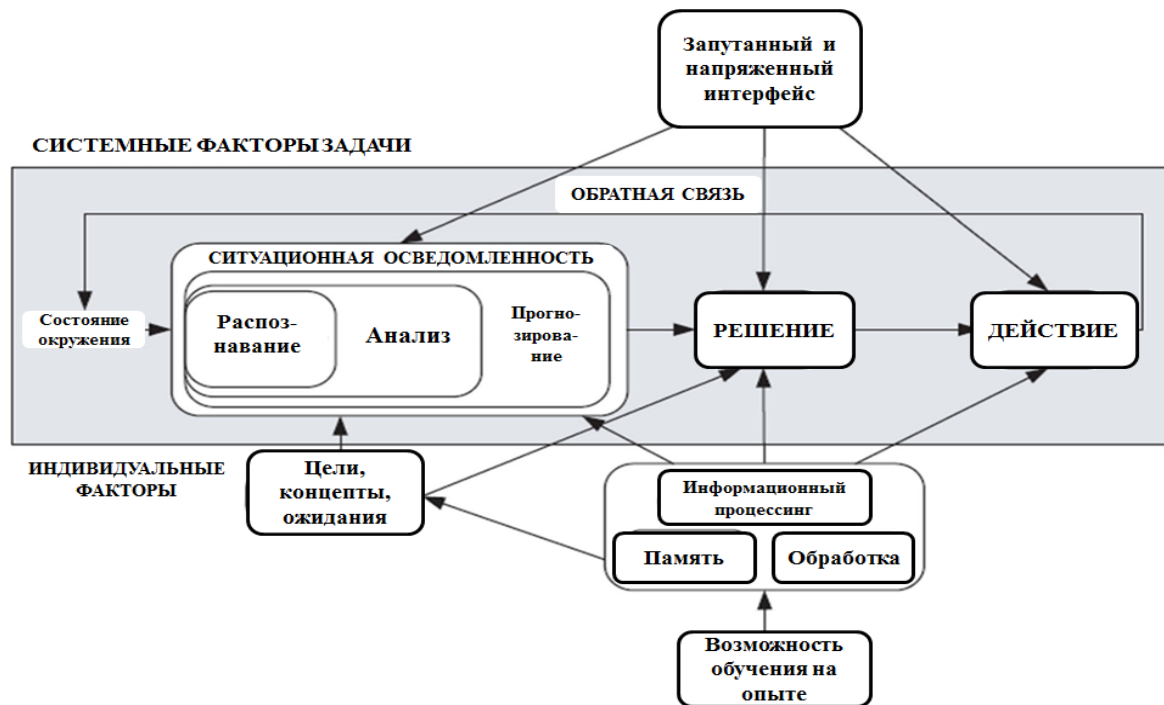


Рис. 5. Фреймворк распределенной ситуационной осведомленности

Развитие темы создания систем СО активизировали террористические акты 11 сентября 2001 года. Уже позже, исследуя авиакатастрофу Air France Airbus A330 2009 года с применением методов РСО, авторы [13] показали, что в условиях катастрофы теряет понимание ситуации вся социотехническая система самолета, а не отдельные участники процесса управления. Они генерируют информацию в формате СО на разных этапах инцидента, и нарушение правил реализации транзакций приводит к катастрофе. Идентифицируются четыре класса неудачных транзакций: отсутствующие транзакции там, где они должны быть; неподходящие (неадекватные) транзакции; незавершенные транзакции и неправильно понятые транзакции. При этом не только люди, но и автоматические агенты вовлекаются в транзакции. Использование же правил формирования СО и РСО позволяет сократить число неудачных транзакций, существенно уменьшить риск наступления катастрофического события.

РСО отличается от СО отдельного индивида. В РСО не имеет значения, знают ли человеческие агенты всю информацию, поскольку система в целом имеет достаточно информации для выполнения поставленной задачи. То есть, в РСО индивидуальный агент может и не владеть нужной ему информацией, за него это сделает система и в проверенном формате. В условиях же использования только СО это может привести к катастрофе. С позиций РСО сосредоточение СО исключительно на индивидуальном сознании или только на окружающей среде может привести СО к пропуску важной информации, и, как следствие, к неожиданным последствиям.

Таким образом, фреймворк РСО хорошо приложим для анализа социально-технологических систем, как активированных знаний для решения специальных задач группой специальных агентов, активных систем.

6. Практическая апробация

Приведенные подходы к конвергентной структуризации информации при целенаправленном взаимодействии

участников коллективного действия в течение последних 30 лет прошли весомую апробацию на практике. Основным местом применения подходов являются ситуационные центры. В настоящее время эти центры приобретают все более распределенный и мобильный характер, в их работе участвует множество удаленных экспертов [12].

Ситуационные центры используются для решения проблем в сфере политики, экономики, социальной сфере, технологий, гражданского участия в государственном и муниципальном управлении. Примерами решенных с применением методов ТАС, конвергентного подхода и элементов AGI задач могут быть: построение стратегии развития туризма в мегаполисе [14], разработка концепции повышения качества начального и среднего профессионального образования [10], приоритизация экспорта продукции агропромышленного комплекса страны [15] и др.

7. Заключение

Теория активных систем непрерывно и опережающим образом развивается вот уже 50 лет подряд, постоянно укрепляя теоретический и практический базис вновь создаваемых кибернетических, интеллектуальных и цифровых систем.

Эта теория захватывает все более широкий круг дисциплин: философию, психологию, кибернетику, математику, физику, право, лингвистику, семиотику, теорию катастроф, медицину, робототехнику и др.

Накопленный базис ТАС служит основой в создании совершенно новых методов и подходов проектирования перспективных систем коллективного, общего, сильного искусственного интеллекта. Это делает процессы управления и принятия решений все более эффективными, в том числе в

области решения политических, экономических, социальных и технологических проблем.

ЛИТЕРАТУРА

1. БУРКОВ В.Н. *Основы математической теории активных систем*. М.: Наука. – 1977. – 256 с.
2. НОВИКОВ Д.А. *Игровые задачи управления* / Сборник докладов Международной научно-практической конференции “Управление большими системами”. М.: ИПУ РАН. – 1998. – С. 35 – 38.
3. РАЙКОВ А.Н. *Конвергентное управление и поддержка решений*. -М.: Издательство ИКАР. – 2009. – 245 с.
4. RAIKOV A. *Accelerating technology for self-organising networked democracy*. Futures. Volume 103, October 2018, Pages 17-26. doi: 10.1016/j.futures.2018.03.015.
5. GUBANOV D., KORGIN N., NOVIKOV D., RAIKOV A. *E-Expertise: Modern Collective Intelligence*, Springer. Series: Studies in Computational Intelligence, Vol. 558, – 2014. XVIII, 112 p.
6. MOHAMED A.W. *Solving large-scale global optimization problems using enhanced adaptive differential evolution algorithm*. Complex Intell. Syst. – 2017 3(4):205–231.
7. DALELA A. *Quantum Meaning: A Semantic Interpretation of Quantum Theory*. Shabda Press. Kindle Edition. – 2012. – 196 p.
8. RAIKOV A. *Convergent networked decision-making using group insights*. Complex & Intelligent Systems. December 2015, Volume 1, Issue 1, pp 57-68. doi:10.1007/s40747-016-0005-9.
9. РАЙКОВ А.Н. В.А. КОТЕЛЬНИКОВ: *Предвосхищение будущего цифровизации* // Информатизация и связь. – 2019. № 1. – С. 7 – 11. doi:10.34219/2078-8320-2019-10-1-7-1.
10. RAIKOV A. *Strategic analysis of the long-term future needs of educational services*. Proc. 3rd World conference on smart trends in systems, security and sustainability (WorldS4 2019). 30th – 31st July 2019, Roding Building, London Metropolitan University, London, UK. IEEE. 29-36, – 2019. doi: 10.1109/WorldS4.2019.8903983

11. ILLANKOON P., TRETTEEN P., & DAY KUMAR U. *Modelling human cognition of abnormal machine behaviour*. Human-Intelligent Systems Integration. – 2019. 1:3–26. doi: 10.1007/s42454-019-00002-x
12. *Стратегическое целеполагание в ситуационных центрах развития* / Под ред. В.Е. Лепского, А.Н. Райкова / Авторы: Авдеева З.К., Зацаринный А.А., Журенков Д.А., Ильин Н.И., Колин К.К., Лепский В.Е., Малинецкий Г.Г., Райков А.Н., Савельев А.М., Сильвестров С.Н., Славин А.Б., Славин Б.Б. – М.: Когито-Центр. – 2018. – 320 с.
13. SALMON P.M., WALKER G.H., STANTON N.A. *Pilot error versus sociotechnical systems failure: a distributed situation awareness analysis of Air France 447*. Theoretical Issues Ergon Sci. – 2016. 17(1):64–79. doi: 10.1080/1463922X.2015.1106618.
14. RAIKOV A.N. *Megapolis Tourism Development Strategic Planning with Cognitive Modelling Support*, Proc. of International Congress on Information and Communication Technology (ICICT 2019), London, UK, February 25 and 26, 2019, Springer Nature Singapore Pte Ltd (in printing).
15. RAIKOV A., ABROSIMOV V. *Import Countries Ranking with Econometric and Artificial Intelligence Methods*. Third International Conference Digital Transformation and Global Society, DTGS 2018, St. Petersburg, Russia, May 30 – June 2, 2018, Revised Selected Papers, Part I. p. 402-414. https://doi.org/10.1007/978-3-030-02843-5_32.

ПОДХОД К КОРРЕКТНОМУ ОПИСАНИЮ ЭКСПЕРТНОГО КРЕАТИВНОГО МЕТОДА

Ю.В. Сидельников

(Институт проблем управления РАН, Москва)

sidelnikovy@mail.ru

Разработан подход к корректному описанию экспертного креативного метода. Предложены постулаты, базовые гипотезы исследования и утверждения. Разработан понятийный аппарат исследования по рассматриваемой теме. В дальнейшем, на этой основе, предлагается разработать адекватную модель произвольной разновидности мозговой атаки.

Ключевые слова: креативные методы, модели описания и процедуры мозговой атаки.

1. Введение

Целью нашего исследования является разработка подхода к корректному описанию произвольного экспертного креативного метода с тем, чтобы на его основе, в дальнейшем, создавать модели креативных методов. Для реализации указанной цели рассмотрим её декомпозицию и решим следующие задачи:

1. Ввести постулаты и рассмотреть базовые гипотезы исследования.
2. Найти необходимое условие корректного описания произвольного экспертного метода.
3. Найти необходимые и достаточные условия для идентификации произвольной разновидности мозговой атаки (МА).
4. Выдвинуть и обосновать гипотезы о структуре и виде модели произвольной разновидности МА.

5. Найти необходимое условие адекватности модели потенциально возможной МА.
6. Выяснить условия построения адекватной модели потенциальной разновидности МА.

2. Постулаты и базовые гипотезы исследования

Постулат №1. Полагаем, что произвольный экспертный метод можно отнести к четко выделенной совокупности, если существуют совокупность свойств и характеристик, которые необходимы и достаточны для идентификации такого креативного экспертного метода.

Утверждение №1. Полагаем, что для произвольной разновидности мозговой атаки (МА) существует нижеследующий набор свойств и характеристик (совокупность из четырех условий), которые необходимы и достаточны для ее идентификации:

1. Дискурсивная хаотизация перебора¹, как реальный механизм получения новой информации (МПНИ) от участников на этапе генерации идей [1].
2. Разделение процесса генерации идей от этапа их критического анализа по времени и по группам участников. Таким образом, сначала одна группа участников, получив задачу, только выдвигает идеи, другая же группа, но уже экспертов — анализирует полученные предложения. Как минимум, это двухэтапная процедура решения задачи.
3. Управляемая дискуссия в малых группах с непосредственным контактом участников (этап генерации) и экспертов (этап анализа).

Еще одна трудность идентификации связана с тем, что таким же реальным МПНИ от экспертов на этапе генерации обладают

1 О дискурсивности хаотизации перебора говорится с целью подчеркнуть, что хаотизируется познавательный процесс, протекающий в рамках уже имеющихся представлений и смыслов, означенных, оформленных, определеннных полностью или частично.

не только МА, но и произвольный метод фокальных объектов (МФО).

Кроме трех необходимых условий рассмотрим четвертое, которое, позволяет отделить совокупность МА от совокупности разновидностей МФО, имеющих одинаковый МПНИ, используемый экспертами именно на этапе генерации.

Таким образом, мы получим необходимые и достаточные условия принадлежности креативного экспертного метода к четко выделенной совокупности таких экспертных методов (методик или процедур) как МА.

Опишем эти отличия на основе выделенных в верхней строке таблицы №1 характеристик, параметров и приемов.

Таблица 1.

Отличия методов МА и МФО на этапе генерации.

Метод	Характеристика ролевой функции	Порядок постановки решения задачи	Приемы, используемые в методе	Количество участников
МА	Не эксперт	Сразу пытаются получить решение	Развитие и заимствование идеи друг друга	Группа (практически всегда).
МФО	эксперт	Не сразу пытаются получить решение	Источниками для генерирования идей служат ассоциации, метафоры и случайно выбранные понятия	Один (практически всегда).

Поясним, и в дальнейшем дадим формальное определение понятия: «существенный параметр (характеристика) экспертного метода». Для этой цели детализируем трактовку этого понятия, следующим образом: «существенный параметр (характеристика) процедурной составляющей метода» и «существенный параметр

(характеристика) описательной составляющей метода». Кроме того, полезно:

- выделить и формализовать такое подмножество существенных параметров (характеристик) как важнейшие (идентификационные), которые идентифицируют или процедурную составляющую креативного экспертного метода из выделенной совокупности или его описание;
- пояснить понятие «желательный параметр (характеристика) экспертного метода». (Например: «удобство использования экспертного метода» или «временные и материальные затраты на реализацию экспертного метода»);
- определить понятия «несущественный параметр (характеристика) экспертного метода».

К пояснению понятий: «несущественный параметр (характеристика)» и «существенный параметр (характеристика) экспертного метода» и можно подойти, используя подход, описанный в работе [2]. В таком случае, к несущественным параметрам (характеристикам) экспертного метода относят те, которые метод может приобретать или терять, оставаясь в то же время все тем же самым методом. И тогда, существенным параметрам (характеристикам) конкретного экспертного метода относят те, утрачивая которые, этот метод перестает быть самим собой, становится чем-то иным.

Постулат № 2. Любая из характеристик (параметр), которая идентифицирует или процедурную составляющую креативного экспертного метода или его описание является существенной.

В качестве примера рассмотрим идентификационные параметры (характеристики) описания научного материала статьи. Такими параметрами, исходя из структуры этой статьи, обычно определяемой редакцией журнала, являются: 1) Индекс, например, УДК; 2) Название статьи; 3) Автор (авторы); 4) Аннотация статьи; 5) Ключевые слова; 6) Введение; 7) Постановка задачи; 8) Структурно-содержательные блоки (параграфы) 9) Заключение или выводы; 8) Список цитированной литературы.

Постулат № 3. Характеристика (параметр) процедурной составляющей метода является существенной, если ее отсутствие создает неясность при использовании этого метода.

Рассмотрим поясняющий пример. Так, при описании такого метода, как итеративная экспертная процедура типа Дельфи, их авторы иногда не дают информацию о такой характеристике процедурной составляющей этого итеративного метода как: «правило остановки процедуры» и, значит, для пользователя не ясно когда нужно заканчивать свою деятельность. Именно такой казус в статье Светланы Котляр, когда автор не указала правило остановки, разработанной ею итеративной процедуры [3]. Таким образом, правило остановки процедуры является существенной характеристикой итеративного метода.

Постулат № 4. Значения параметров (характеристик) процедурной составляющей метода могут быть заданы в различных типах шкал, от номинальной до абсолютной, а процедуры проверки их существенности могут различаться.

Как, например, это предложено в статье [4]. Рассмотрим случай, когда параметр (характеристика), метода задан в такой шкале, где на множестве значений рассматриваемого параметра (характеристики) метода можно задать отношение хотя бы частичного порядка (например, порядковая, балльная или абсолютная шкала).

Постулат № 5. Параметр (характеристика) процедурной составляющей произвольного метода является существенным, если найдется, по крайней мере, одно не пустое подмножество значений этого параметра, что между значениями рассматриваемых параметров на данном подмножестве и значениями эффективности реализации этого метода, как функции от этого параметра, существует прямая или обратно пропорциональная зависимость.

Подчеркнем еще раз, что в этом случае речь идет лишь о существенных параметрах (характеристиках) процедурной составляющей метода. Приведем поясняющий пример. Рассмотрим классическую мозговую атаку и такой ее параметр, как число аналитиков на этапе анализа идей. При этом фиксируем остальные параметры. На наш взгляд, при увеличении числа аналитиков от

одного до некоторого небольшого их числа k значение эффективности реализации этапа анализа МА, как одного из важнейших для этого метода, не будет уменьшаться. Затем на интервале $(k, k+n)$, значение эффективности практически не будет меняться при увеличении числа аналитиков от k до $(k+n)$. Когда же число аналитиков N будет существенно больше, чем $(k+n)$ и будет возрастать, то значение эффективности реализации этапа анализа МА, будет падать и, значит, эффективности реализации всего метода также будет уменьшаться.

Сначала поясним, а затем дадим формальное определение наиболее важного, для нашего исследования, понятия: «корректность экспертного метода».

В дальнейшем мы будем вводить два типа некорректности экспертного метода: процедурная некорректность экспертного метода и описательная. Введение двух типов некорректности экспертного метода необходимо, хотя бы потому, что описание самого метода и его процедурной составляющей соответствует единой цели, но двум качественно различным задачам, стоящим перед исследователем и реализующим эту цель.

Относительно процедурной некорректности экспертного метода, полагаем:

Постулат № 6. Достаточное условие некорректности экспертного метода. Экспертный метод решения задач, содержащий данную процедурную составляющую, некорректно задан (описан), если у любого пользователя могут возникнуть объективные трудности при решении любых задач с его помощью.

Пояснить это можно следующим образом: даже при внимательном прочтении описания того или иного экспертного метода (методики или процедуры) у пользователя иногда возникают существенные трудности при их применении. При этом мы исходим из того, что мы рассматриваем именно научный метод. Эти трудности могут быть связаны, например, с:

1. неполнотой отображения авторами процедурной составляющей метода, точнее отсутствие существенных параметров этой составляющей метода;

2. тем, что они включают в описание процедурной составляющей экспертного метода такую информацию, на которую пользователь обращает внимание, но которую нельзя использовать при применении этого метода;
3. сложностью или некорректностью задачи.

Конечно, третья из перечисленных трудностей при применении может быть связана не с самим методом, а с высоким уровнем сложности задач, которую пытается решить пользователь этого экспертного метода, или же в случае, если сама задача сформулирована некорректно. Необходимо иметь в виду, что существуют, по крайней мере, три различные трактовки некорректной задачи: в математике, введенное Жаком Адамаром и развитое московской школой академика Андрея Николаевича Тихонова [5], в рамках классической логики [6] и в рамках эротетической (интеррогативной) логики [7].

В дальнейшем мы будем рассматривать лишь первую трудность, и стремиться минимизировать уровень найденных трудностей.

Пояснить понятие «описательная некорректность экспертного метода» можно на основе следующего **Постулата № 7**. Экспертный метод решения задач некорректно описан, если отсутствуют:

- те или иные важнейшие (идентификационные) параметры (характеристики) описания экспертного метода;
- какие-либо элементы структуры описания, хотя и не являющиеся идентификационными параметрами, но при этом ее нормам в данном журнале, соответствующего раздела или направления науки.

Утверждение № 2 Необходимое условие корректного описания произвольного экспертного метода. Описание экспертного метода является корректным, если оно содержит описание не только самой процедуры, но и другие блоки информации, полезные и (или) необходимые как для пользователя этим методом, так и для научного сообщества в целом.

Так, например, название метода и информация об авторе (авторах), в структуре его описания, служит для его пользователя

идентификатором этого метода, а также содействует реализации одной из потребностей, не столько конкретного автора этого метода, сколько научного сообщества в целом.

Введем понятие «уровень некорректности описания экспертного метода». В данной статье будут введены лишь шесть уровней (балльных градаций). При этом, по возможности, при их введении обеспечим межэкспертную воспроизводимость балльных градаций значений уровня некорректности описания экспертного метода.

Формализуем трактовки уровней некорректности описания метода, начиная от максимально некорректного первого уровня. При этом устанавливаем, что с возрастанием значения балльной оценки, ее уровень некорректности описания метода будет ослабевать.

Полагаем, что экспертный метод описан максимально некорректно (первый уровень) если, при его описании нам не доступен первоисточник его описания, хотя и известно о существовании такого метода.

Например, максимально некорректно описан в российской научной литературе метод каталога, являющийся базовым для всех разновидностей метода фокальных объектов. Этот метод широко известен в российской и мировой научной литературе. Хотя нам и удалось найти ссылку на первоисточник, но, на сегодняшний день, этот источник практически не доступен, по крайней мере, в России¹ [8]. Аналогичная ситуация по ряду разновидностей МА.

В дальнейшем, там, где это, возможно, конкретизируем трактовку уровней некорректности описания экспертных методов, на примере МА.

Полагаем, что описание креативного экспертного метода некорректно на втором уровне, если:

1. Нам доступно описание этого метода по первоисточнику.

¹ *Практически во всех российских источниках нет указания на первоисточник и неверно указан год публикации.*

2. При этом в первоисточнике отсутствует описание важнейших из существенных параметров или характеристик, если их можно выделить, который идентифицирует его как конкретный креативный экспертный метод из рассмотренной совокупности.

Так для МА, на наш взгляд, таким важнейшим параметром является дискурсивная хаотизация перебора, как реальный механизм получения новой информации от участников на этапе генерации идей. Наличие такого механизма позволяет пользователю эффективно использовать этот метод для решения любых экспертных задач третьего уровня сложности [9]. (Как минимум, автор, при описании такого параметра, должен указывать, что идеи, на этапе генерации, должны возникать случайным образом, и при этом, конечно, их любая критика должна быть строго запрещена).

Описание креативного экспертного метода некорректно на третьем уровне, если:

1. Доступно описание этого метода по первоисточнику.
2. В этом первоисточнике, дано описание важнейшего из существенных параметров (характеристик), который идентифицирует его как конкретный креативный экспертный метод из выделенной совокупности (при условии, что его можно выделить).
3. Но, при этом, отсутствуют описание других существенных параметров или характеристик, которые идентифицируют его как конкретный креативный экспертный метод из выделенной совокупности.

Так, для конкретной разновидности МА эта совокупность состоит из четырех указанных условий (существенных параметров или характеристик) которые идентифицируют его принадлежность к МА. Например, второе условие его идентификации: «разделение по времени и по группам участников процессов генерации и критического анализа».

Описание креативного экспертного метода некорректно на четвертом уровне, если:

1. Доступно описание этого метода по первоисточнику.

2. В этом первоисточнике, дано описание важнейшего из существенных параметров (характеристик), который идентифицирует его как конкретный креативный экспертный метод из выделенной совокупности (при условии, что его можно выделить).
3. В этом первоисточнике, дано описание других существенных параметров или характеристик, которые идентифицируют его как конкретный креативный экспертный метод из выделенной совокупности.
4. Но, при этом, отсутствуют описание других существенных и желательных параметров или характеристик, как процедуры такого метода, так и его описания.

Например, для произвольного метода в описании отсутствуют такие параметры и характеристики, как название рассматриваемой разновидности метода или фамилия автора (авторов) этой разновидности.

Описание креативного экспертного метода некорректно на пятом уровне, если:

1. Доступно описание этого метода по первоисточнику.
2. В этом первоисточнике, дано описание важнейшего из существенных параметров (характеристик), который идентифицирует его как конкретный креативный экспертный метод из выделенной совокупности (при условии, что его можно выделить).
3. В этом первоисточнике, дано описание других существенных параметров или характеристик, которые идентифицируют его как конкретный креативный экспертный метод из выделенной совокупности.
4. И там же дано описание других существенных параметров (характеристик), как самой процедуры такого метода, так и его описания;
5. Но, при этом, отсутствуют описания других несущественных, но желательных параметров (характеристик) как самой процедуры такого метода, так и его описания. Так называемые «дополнительные параметры». Например, для МА,

таким желательным параметром является: «удобство использования экспертного метода».

В том случае, если мы вводим подмножество (класс) рассматриваемой совокупности креативных экспертных методов, то на основе выделения новых существенных параметров и характеристик можно и нужно задать еще один уровень некорректности описания метода из подмножества (класса) рассматриваемой совокупности.

В качестве примера, рассмотрим и выделим следующее подмножество (класс) такой совокупности креативных экспертных методов как МА, в рамках процедуры которых, рассматривается формализация корректировки постановки задачи или проблемы ЛПР по мере появления новой информации. Например, для классической мозговой атаки Осборна, этот вопрос не рассматривается, но в рамках такой разновидности МА как «Четырехэтапная мозговая атака» он ставится и решается [10].

Полагаем, что экспертный метод не корректен на шестом уровне, если:

1. Доступно описание этого метода по первоисточнику.
2. В этом первоисточнике, дано описание важнейшего из существенных параметров (характеристик), который идентифицирует его как конкретный креативный экспертный метод из выделенной совокупности (при условии, что его можно выделить).
3. И там же дано описание остальных существенных параметров (характеристик), которые идентифицируют его как конкретный креативный экспертный метод из выделенной совокупности.
4. И там же дано описание других существенных параметров (характеристик), как самой процедуры такого метода, так и его описания.
5. И там же дано описание других существенных параметров (характеристик), как самой процедуры такого метода, так и его описания которые идентифицируют его как конкретный креативный экспертный метод из выделенного класса совокупности;

6. Но, при этом, отсутствуют описания других дополнительных параметров (несущественных, но желательных параметров) как самой процедуры такого метода, так и его описания.

Поясним трактовку понятия: «вероятность решения задачи субъектом, использующего данный креативный метод». Обычно методы, используются для решения типовых, а не уникальных задач и гарантированно обеспечивают получение решения или результата, но для креативных методов ситуация качественно отличается. Используя мозговую атаку или дельфийскую процедуру, вы не имеете гарантий получения решения или результата, а лишь некоторую вероятность. Именно поэтому, на наш взгляд, для дальнейших исследований и практической работы, будет полезно ввести понятие: «вероятность решения задачи субъектом, использующего данный креативный метод». Точнее, ввести, и в дальнейшем использовать, это понятие как параметр кортежа <Креативный метод, Задача, Субъект>. По аналогии с тем, что трудоемкость решения задачи рассматриваемым методом, является параметром кортежа <Метод, Задача>. Под субъектом, можно понимать как отдельного исследователя (участника процесса генерации) их команду или научное сообщество.

Использование такого понятия может быть полезно для обоснования выбора креативного метода при их сопоставлении, но, в этом случае, нужно ввести, и в дальнейшем эффективно применять, отношение, хотя бы частичного порядка, на множестве креативных методов. С этой целью можно использовать введенное ранее понятие «уровень некорректности описания метода».

Гипотеза № 1. Полагаем, что при фиксированных, в рамках некоторых классов задач, а также уровней опыта и знаний субъектов, вероятность решения данным методом задачи этим субъектом будет статистически устойчивой характеристикой.

В общем плане мы исходим из того, что любая модель – идеальная или материальная является носителем информации о свойствах и характеристиках исходного объекта (объекта - оригинала), существенных для субъекта при решении им конкретного класса задач. В рамках данного исследования мы будем рассматривать лишь вербальные нормативные (прескриптивные) модели.

Напомним, что нормативные модели показывают не существующее, но желаемое. Именно нахождение и выделение существенных параметров и характеристик креативных методов позволит нам построить такие модели.

3. Разработка подхода к описанию экспертного креативного метода

Необходимо отметить, что мы моделируем метод, который описан в научной статье. В дальнейшем мы будем исходить из Утверждения № 3 и следующего Постулата.

Постулат № 8. Исходя из общего определения понятия модель, в рамках данного исследования, полагаем, что общая модель метода должна состоять из отдельных составляющих моделей, число которых зависит от количества важнейших задач, стоящих перед автором (авторами).

Утверждение № 3. Необходимое условие адекватности модели потенциально возможной МА.

Полагаем, чтобы получить адекватную модель МА в случае, если автор разрабатывает новую разновидность МА, ему необходимо решить следующую совокупность задач:

1. Дать краткое описание на русском языке (аннотация).
2. Дать краткое описание на английском языке (аннотация¹).
3. Дать полное описание нового варианта метода, в данном случае МА, разработанной им, согласно правилам оформления статей для публикации в научном журнале. (Редакционные требования).
4. В случае, если материал подготовил не автор разновидности МА, то дать полное описание его варианта метода.
5. Рассмотреть процедурную составляющую новой разновидности МА;

¹ Англоязычный вариант аннотации, в современных естественнонаучных журналах, имеет свои особенности.

6. Рассмотреть дополнительную (не процедурную) составляющую новой разновидности МА¹.

Таким образом, мы приходим к следующим правдоподобным гипотезам:

Гипотеза № 2. Произвольную разновидность МА, представленную в виде научной статьи невозможно представить в виде одной адекватной модели.

Гипотеза № 3. Для ряда наук, возможно, получить адекватную модель потенциальной разновидности МА, если ее представить в виде взаимосвязанной, иерархически организованной совокупностью минимум пяти различных вербальных нормативных (прескриптивных) моделей, точнее их синкретической совокупностью состоящей из:

1. Краткого описания (аннотации) на русском языке.
2. Краткого описания (аннотации) на английском языке.
3. Модели полного описания варианта МА, разработанной ее автором.
4. Модели процедурной составляющей МА.
5. Модели дополнительной (не процедурной) составляющей МА.

Необходимо отметить, что аннотация статьи как модель есть упрощенный вариант описания метода в вербальной форме и одновременно есть идентификационный параметр описания материала.

Для случая, если автор научной статьи создает новацию на основе уже существующей разновидности МА и будет ее публиковать в научном журнале, то добавляется еще одна задача дать, например, критический анализ существующей разновидности МА или выявить трудности ее реализации или сопоставить разные варианты МА или разработать модель произвольной разновидности МА. В этом случае различных задач, и, соответственно, вербальных и нормативных (прескриптивных) моделей должно быть уже шесть. Их может быть и больше, если автор научной

¹ Например, структура затрат на реализацию МА.

статьи о креативном методе, использует в своем исследовании все четыре основных процесса и соответствующие процедуры. В таком случае можно рассматривать отдельно модели таких процедур как: подготовительного этапа и предварительной постановки задачи ЛПР и (или) заказчиком; генерации идей; анализ идей; принятия решений.

Приведем поясняющие примеры элементов каждой из моделей, из сокращенного списка. Так, для модели:

- краткого описания (аннотации) на русском языке необходимо указать ее назначение, суть содержания, вид, форму и другие особенности.
- краткого описания (аннотации) на английском языке необходимо отразить наличие совокупности таких блоков как: введение, цели и задачи, используемые методы, полученные результаты, заключение.
- полного описания варианта МА, разработанной ее автором, одним из ее элементов является: «Автор (авторы) рассматриваемой разновидности МА».
- полного описания варианта МА, подготовленного не ее автором, одним из ее элементов является: «Год первой публикации разновидности МА описываемой ее автором»;
- процедурной составляющей МА ее элементом является: «Время, отведенное на деятельность участников этапа генерации идей»;
- дополнительной (не процедурной) составляющей этого метода ее элементом, например, является: «Общая стоимость проведения рассматриваемого варианта МА».

Отметим, что возможно частичное совпадение ряда элементов этих составляющих моделей. Например, в описании модели, которую разработал автор разновидности МА, название статьи у автора этой разновидности может не включать название его разновидности МА, а если и есть, то обычно одно. В описании же модели статьи обзорного характера, включающего эту же разновидность МА, но подготовленную другим исследователем необходимо указывать все названия рассматриваемой разновидности

МА, появившиеся и закреплённые в научной литературе. (На русском и английском языках). Например, названия: мозговая атака или классическая мозговая атака (Brainstorms or Classical brainstorming) или метод «отнесенной оценки» или мозговой штурм. И это существующие варианты названий мозговой атаки, автором которой является Алекс Ф. Осборн [11].

4. Заключение

В статье обоснована правомочность использования впервые рассматриваемого подхода к корректному описанию креативного экспертного метода. Для этой цели:

1. введены восемь постулатов и предложены три базовые гипотезы исследования;
2. предложены необходимые и достаточные условия для идентификации произвольной разновидности МА. (Утверждение №1);
3. предложено необходимое условие корректного описания произвольного экспертного метода. (Утверждение № 2);
4. предложено необходимое условие адекватности модели потенциально возможной МА. (Утверждение № 3);
5. обоснованно введены шесть уровней (балльных градаций) некорректности описания экспертного метода.

Впервые предложены и обоснованы условия построения адекватной модели потенциальной разновидности МА. (Гипотезы № 2 и № 3).

ЛИТЕРАТУРА

1. СИДЕЛЬНИКОВ Ю.В., САЛТЫКОВ С.А. *Процедура отбора наиболее приемлемых разновидностей экспертных методов* / Управление большими системами. Сборник трудов ИПУ, 2010. Т. 15. № 30. С. 35 – 66.
2. URL:https://iphlib.ru/greenstone3/library/collection/.../HAS_N_0140b25e3b350ce9bc35a140 (дата обращения: 21.09.2017).

3. КОТЛЯР С.Б. *Модель коллективного принятия решения при локальном взаимодействии* // VI Симпозиума по кибернетике. Ч. III. – Тбилиси: Ин-т кибернетики АН ГССР, 1972. С. 98-99.
4. СИДЕЛЬНИКОВ Ю.В. *Пропорциональный метод экспертно-статистического оценивания трудоемкости инновационных проектов* / Вестник Московского Авиационного Института. 2012. Т. 19, № 2. С. 203-209.
5. *Корректные и некорректные задачи* / А. Н. Тихонов // Большая советская энциклопедия : [в 30 т.] / гл. ред. А. М. Прохоров. — 3-е изд. — М. : Советская энциклопедия, 1969—1978.
6. ГУСЕВ Д. А. *Логика*. Учебное пособие. Издательство «Прометей», 2015. — 300 с.
7. ВОЙШВИЛЛО Е.К., ПЕТРОВ Ю.А. *Язык и логика вопросов*. Сборник «Логика и методология научного познания» под ред. А.А. Старченко, изд-во МГУ, 1974. С. 147-158.
8. KKUNTZE, FRIEDRICH - *Von den neuen Denkmitteln der Philosophie. In sechs Briefen an den Einzelnen und an die Philosophischen Arbeitsgemeinschaften*. Heidelberg, Winter 1928. Gr.-8vo, 8, — 262 s..
9. СИДЕЛЬНИКОВ Ю.В., САЛТЫКОВ С.А. *Процедура установления соответствия между задачей и методом* // Экономические стратегии.— 2008. № 7 (65). — С. 102-109.
10. СИДЕЛЬНИКОВ Ю.В. *Четырехэтапная мозговая атака* // Проблемы управления. 2014. № 1, С. 36-44.
11. OSBORN A.F. *How to think up*. — McGraw-Hill, 1942. — 38 p.

ДИНАМИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ УСТОЙЧИВЫМ РАЗВИТИЕМ АКТИВНЫХ СИСТЕМ

Угольников Г.А., Горбанёва О.И., Усов А.Б.
(Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону)
ougoln@mail.ru, gorbaneva@mail.ru, usov@math.rsu.ru
Агиева М.Т., Мальсагов М.Х.
(Ингушский государственный университет, Назрань)
agieva25@mail.ru, mmm1956@bk.ru

В качестве одного из направлений развития теории активных систем представлена теория управления устойчивым развитием активных систем. Предложено понятие расширенной активной системы как иерархически управляемой динамической системы, формализованы методы управления с учётом требований гомеостаза, разработаны методы и алгоритмы решения соответствующих дифференциально-игровых задач управления, описаны информационно-аналитические системы поддержки решений, дано динамическое обобщение механизмов стимулирования в организационных системах, построены и исследованы модели управления устойчивым развитием эколого-экономических, территориальных, образовательных систем, изучены статические модели согласования интересов при распределении ресурсов, реализован подход к моделированию коррупции в иерархических системах управления.

Ключевые слова: активные системы, динамические игры, оптимальное управление, устойчивое развитие.

1. Введение

Понятие активной системы предложено В.Н. Бурковым и развито им совместно с учениками в виде теории активных

систем (ТАС) [7,8]. Новый импульс эти исследования получили в теории управления организационными системами (ТУОС), развиваемой Д.А. Новиковым и его соавторами [20,25]. Близкие подходы используются в российской научной литературе в информационной теории иерархических систем [11], а в зарубежной - теории контрактов и дизайна механизмов [24,70].

Концепция устойчивого развития (УР) первоначально возникла при анализе воздействия человека на окружающую природную среду [13,29,58,63]. В основе этой концепции лежит понятие гомеостаза, т.е. выполнения определённых требований к состоянию эколого-экономических систем на протяжении длительного времени. Математическая формализация этого понятия нашла отражение в теории живучести Ж.-П. Обена [60,62,64].

Модели согласования общественных и частных интересов при распределении ресурсов изучаются в экономике общественных благ [71]. Системная методология управления организациями предложена в менеджменте качества [14].

Предлагаемая *теория управления устойчивым развитием активных систем* (ТУРАС) развивает ТАС с учётом результатов ТУОС и других вышеуказанных направлений. Основная идея развития заключается в построении и исследовании динамических моделей согласования интересов активных агентов с учётом требований гомеостаза для управляемой ими системы.

В первом разделе работы даётся общая характеристика основных положений ТУРАС. Во втором разделе представлены методы и алгоритмы решения дифференциальных игр как основных математических моделей ТУРАС. Третий раздел посвящён концепции информационно-аналитических систем поддержки решений применительно к ТУРАС. В четвёртом-шестом разделах описаны модели управления УР эколого-экономических, территориальных и образовательных систем. В седьмом разделе изложена методология управления УР в иерархических системах в условиях коррупции. Восьмой-десятый разделы излагают перспективные направления развития ТУРАС: сетевые модели управления в маркетинге, динамические модели стимулирования и согласования общественных и частных интересов при

распределении ресурсов. Приведена обширная библиография (11 монографий и более 60 статей) по ТУРАС за период 1999-2019 гг.

2. Общая теория управления устойчивым развитием активных систем

Первыми публикациями по ТУРАС, посвящёнными математической формализации методов иерархического управления, были статьи [32,35,75]. Эти результаты получили развитие в [36,41,47] и были обобщены в монографиях [22,33,39,73]. Дальнейшее развитие теории описано в [72,76], её современное состояние представлено в [21,34,37].

Активные агенты действуют в соответствии с собственными интересами. Наряду с этим, существуют цели и требования, важные для активной системы в целом, но совсем не обязательно совпадающие с интересами отдельных агентов (*гомеостаз* активной системы). Поэтому вводится *Центр* - выделенный активный элемент, выражающий интересы всей активной системы. Рассматривается модель *расширенной* активной системы, включающей Центр, агентов и управляемую агентами динамическую систему, для которой должен выполняться гомеостаз. Формулируются эмпирические принципы ТУРАС.

1. *Принцип экономической рациональности*: интересы каждого активного агента, в т.ч. Центра, целиком и полностью характеризуются стремлением к максимизации выигрыша с учётом имеющихся ограничений.

2. *Принцип ответственности Центра*: главная цель Центра заключается в обеспечении условий гомеостаза, при этом он может иметь дополнительные частные интересы.

3. *Принцип необходимости управления*: в общем случае интересы отдельных агентов не совпадают с требованиями гомеостаза.

4. *Принцип активности агента*: каждый агент стремится достичь своих целей наилучшим образом, исходя из наличных ресурсов, в т.ч. информации о ситуации.

5. *Принцип иерархического согласования интересов*: решение задачи управления активной системой ищется с позиции Центра, который максимизирует свой выигрыш на множестве наихудших для него ситуаций, порождаемых оптимальной реакцией агентов на выбранное Центром управляющее воздействие.

6. *Принцип невозможности системного выбора*: множество агентов в общем случае не способно прийти к коллективному решению, удовлетворяющему всем желательным свойствам.

7. *Принцип стратегического информирования*: передача агентом информации (возможно, искажённой) другим агентам - это его стратегия, направленная на достижение собственных целей.

Активные агенты далеко не всегда заинтересованы в выполнении условий гомеостаза, в силу чего формулирование этих требований в официальных документах остаётся простой декларацией. Поэтому УР наряду с условиями гомеостаза обязательно должно включать учёт интересов обеспечивающих его активных агентов (системную согласованность, мотивированность). Совместное выполнение условий гомеостаза и системной согласованности и означает *устойчивое развитие* активной системы.

Идеальным способом достижения УР выступает *убеждение* - добровольное и осознанное принятие требований гомеостаза всеми агентами. На практике убеждение в основном пока остаётся делом будущего, поэтому Центру приходится использовать иерархическое управление. *Принуждение* включает административно-законодательные механизмы управления, явно ограничивающие множества возможных действий агентов так, чтобы они не могли нарушить гомеостаз. *Побуждение* (стимулирование) состоит в использовании экономических механизмов, делающих желательные для Центра гомеостатические действия более выгодными для агентов, чем нежелательные.

Построены и исследованы дифференциально-игровые модели управления УР для различных информационных регламентов (программные/позиционные стратегии, наличие/отсутствие обратной связи по управлению, принуждение/побуждение) и способов организации (независимое, кооперативное и иерархически

управляемое поведение агентов). Предложены индексы системной согласованности для количественной оценки эффективности управления УР активных систем.

3. Численные методы и компьютерная имитация

В общем случае для решения динамических задач ТУРАС нужны численные методы и имитационное моделирование. Первая авторская публикация на эту тему - статья [57]. В работах [40,45,51] обоснована дискретизация непрерывных моделей в соответствии с гипотезой о том, что субъекты управления не могут менять свои стратегии в любой момент времени в силу естественной инерции, поэтому управления остаются постоянными на некоторых периодах. Модифицирован метод А.Ф. Кононенко решения иерархических дифференциальных игр [11] для случая нескольких агентов с учётом указанной гипотезы.

В статье [78] описан метод качественно репрезентативных сценариев имитационного моделирования. Идея метода состоит в том, что для получения вполне приемлемой качественной картины прогноза достаточно использовать небольшое число значений каждой управляющей переменной, отражающих характерные принципиально различные варианты воздействия на управляемую динамическую систему. Предложены формальные условия проверки качественной репрезентативности сценариев, аналогичные требованиям внутренней и внешней устойчивости.

В работах [5,6,61] изложено применение методов случайного поиска (генетические алгоритмы, алгоритм имитации отжига, бинарное деление) к решению дифференциальных иерархических игр, в том числе моделирующих механизмы стимулирования при распределении ресурсов. Генетический алгоритм и имитация отжига основаны на идее о том, что управление Центра во многих практических ситуациях обладает "липшицевым" свойством, т.е. не может меняться резко, а либо сохраняется, либо увеличивается или уменьшается на небольшую заданную величину. Тогда использовать стратегию альтернативы поощрения и сурового наказания (как в стандартных моделях стимулирования) не удаётся, и

надо искать другие, адаптивные способы решения задачи. Бинарное деление лишено этого ограничения, а именно, управление центра может быть кусочно-непрерывной функцией. Однако алгоритм бинарного деления накладывает дополнительные ограничения на функционал ведущего. Условие Липшица может сочетаться с использованием онлайн-подхода, когда Центр пошагово "обучается" на не известных ему заранее стратегиях оптимальных ответов агентов.

4. Информационно-аналитические системы

Концепция имитационных систем поддержки решений была предложена Н.Н. Моисеевым в ВЦ АН СССР [28]. Идея заключается в соединении возможностей математического моделирования, информационных технологий и экспертных оценок для решения сложных практических задач. Со временем стали говорить об информационно-аналитических системах (ИАС) поддержки решений. В работе [43] идея ИАС конкретизирована для эколого-экономических систем, в статье [44] - для систем управления качеством водных ресурсов. Отличительной особенностью описанной в [30] ИАС управления водными ресурсами Ростовской области выступает реализация концепции ТУРАС применительно к водным ресурсам. С этой целью проведены конкретизация механизмов управления [25] для водопользования и разработка оригинальных моделей управления УР водохозяйственного комплекса.

ИАС представляются наиболее адекватным (хотя довольно затратным) инструментом практической реализации задач управления УР активных систем.

5. Управление устойчивым развитием эколого-экономических систем

Модели управления эколого-экономическими системами (ЭЭС) как историческая основа ТУРАС представлены в монографии [38]. ЭЭС представляют собой один из наиболее характерных классов расширенных активных систем, для которых было

первоначально определено понятие УР. В роли Центра здесь выступает некоторый орган государственного управления, выполняющий природоохранные функции, в роли агентов - предприятия-природопользователи, в роли управляемой динамической системы - некоторая экологическая система. В работах [54,69,79,81] рассмотрены общие вопросы управления ЭЭС. В цикле статей [46,48,49,53] построены и исследованы модели управления качеством водных ресурсов для различных конфигураций расширенных активных систем. Статья [23] демонстрирует применение ТУРАС к задаче борьбы с эвтрофикацией мелководных водоёмов. В статье [56] исследуются динамические теоретико-игровые модели двухуровневых систем управления с учётом условий УР. В качестве механизмов иерархического управления рассматриваются методы принуждения и побуждения. Приведены определения равновесий и алгоритмы их построения на основе имитационного моделирования для различных информационных регламентов. Проведён сравнительный анализ эффективности механизмов управления для модели экосистемы мелководного водоёма (Азовского моря).

6. Управление устойчивым развитием территориальных систем

Концепция управления УР территориальных систем изложена в монографии [15]. Работы [4,74,77] демонстрируют применение системного подхода, математического моделирования и информационных технологий к задачам согласования интересов территориальных субъектов управления. Определяется понятие региональной активной системы. Гомеостаз региона означает, что хозяйственная деятельность должна обеспечивать достаточно высокие значения социально-экономических индикаторов, не нарушая в то же время требований экологического равновесия. Формально, все показатели состояния региональной социо-эколого-экономической системы должны находиться в заданном диапазоне. В свою очередь, системная согласованность означает, что при достижении своих целей Центр должен максимально

учитывать интересы активных агентов. Для количественной оценки системной согласованности используется соответствующий индекс. Описаны административные и экономические механизмы управления, обеспечивающие системную согласованность.

Исследуется задача распределения двумя соседними субъектами средств между развитием своей и общей (трансграничной) территории. Для координации деятельности вводится специальный орган управления (Центр). Экономический механизм управления исследуется в двух вариантах: выбор долей участия в доходе от развития общей территории и распределение ресурса. Приводится детальный анализ указанных механизмов, а также организационно-экономическая интерпретация для конкретных задач территориального управления.

7. Управление устойчивым развитием образовательных систем

Задачи управления УР для ещё одного важного класса активных систем, а именно образовательных, рассматриваются в монографии [3]. Это направление исследований продолжено в статьях [17,18]. Дан анализ университета как активной системы, предложены критерии её УР и их формализация на основе подхода комплексного оценивания. Описан ряд моделей управления УР на уровне кафедры, факультета и университета в целом: статическая модель распределения вознаграждения как кооперативная игра; динамическая модель стимулирования участников научного проекта; динамическая модель контроля распределения рабочего времени сотрудников кафедры как дифференциальная игра в нормальной форме и в форме характеристической функции на основе метода принуждения; двойственные задачи дискретного программирования с учётом требований УР для определения оптимальной кадровой структуры факультета, в том числе оценки эффективности объединения кафедр; динамические модели согласования общих и частных интересов сотрудников при

продвижении инноваций; динамические модели борьбы с коррупцией.

Отдельный цикл работ [16,26,65] посвящён методологии моделирования социального партнёрства в системе дополнительного профессионального образования.

8. Управление устойчивым развитием в условиях коррупции

Модели управления УР в условиях коррупции в рамках ТУРАС базируются на следующих основных принципах, раскрытых в монографиях [10,68] и статьях [19,42,50,55].

1. Базовой схемой моделирования служит иерархическая система «принципал – супервайзер – агент - объект» в различных модификациях и её теоретико-игровое исследование. Коррупции подвержен средний уровень управления (супервайзер), верхний уровень управления (принципал) считается некоррупцированным и выполняет функции борьбы с коррупцией.
2. Предполагаются известными определённые требования УР управляемой системы. Если они выполняются, то задача принципала считается решённой даже при наличии коррупции.
3. Пары «принципал – супервайзер» и «супервайзер – агент» состоят в отношениях «ведущий – ведомый». Ведущий игрок для достижения своих целей использует принуждение и побуждение.
4. Коррупция угрожает УР объекта, поскольку взяточнику выгодно в обмен на взятку ослаблять требования УР. С другой стороны, коррупция есть специфическая форма обратной связи в иерархических системах управления, в силу которой управления становятся функциями взятки.
5. Различаются административная коррупция, при которой за взятку ослабляются административные требования, и экономическая коррупция, при которой взятка позволяет ослабить экономические требования верхнего уровня управления. При моделировании административная коррупция означает принуждение агента супервайзером с обратной связью по величине взятки, а

экономическая коррупция – побуждение агента супервайзером с дополнительной обратной связью по величине взятки.

9. Сетевые модели влияния и управления в маркетинге

Модели влияния и управления на сетях описаны в [12]. В рамках ТУРАС известные модели анализа и прогноза групповых мнений формулируются применительно к маркетингу, приводятся авторские алгоритмы исследования моделей. Основная идея состоит в том, что поскольку финальные мнения всех агентов зависят только от начальных мнений членов сильных подгрупп, то маркетинговые воздействия следует оказывать на них и только на них, что существенно снизит расходы на управление. Даются постановки задач оптимального и конфликтного управления мнениями целевой аудитории на сетях, намечаются пути их решения на основе метода качественно репрезентативных сценариев имитационного моделирования [1,2].

Задачи оптимального и/или конфликтного управления могут быть дополнены условием гомеостаза, которое в общем случае противоречит непосредственным экономическим интересам субъектов управления, поэтому его включение в постановку задачи возможно либо при добровольном самоограничении субъектов (социальная ответственность), либо через введение Центра, обеспечивающего гомеостаз посредством принуждающего или побуждающего воздействия на остальных субъектов управления.

10. Динамические модели стимулирования в организационных системах

Как известно из статической теории стимулирования [25], в оптимальном механизме Центр компенсирует агентам их затраты с мотивирующей надбавкой в случае выполнения плана и ничего не платит в противном случае, при этом план определяется как решение задачи максимизации разности между доходом Центра и суммарными затратами агентов.

В рамках ТУРАС показано, что этот результат сохраняет силу в дискретной стохастической постановке на бесконечном интервале времени [31]. Рассмотрены базовая модель "Центр-агент" и модель с несколькими агентами при частных и более общих предположениях относительно множеств стратегий. Исследовано стимулирование в динамической модели оптимальной эксплуатации биоресурсов с неопределёнными параметрами, где Центр дальновидный, а агент - близорукий [80].

11. Модели согласования интересов при распределении ресурсов

Статические модели согласования общественных и частных интересов (СОЧИ-модели) построены и исследованы в [9,66,67]. В СОЧИ-моделях каждый активный агент распределяет свой ресурс между инвестициями в частную деятельность и создание некоторого общественного продукта. Выигрыш агента представляет собой сумму доходов от частной деятельности и участия в доходах от использования общественного продукта. Вводится функция общественного благосостояния, равная сумме функций выигрыша агентов. Тогда СОЧИ-модель системно согласована, если значение функции общественного благосостояния в наихудшем из равновесий Нэша в игре агентов совпадает с глобально максимальным значением. Показано, что системная согласованность достигается, только если агенты относятся к одному из двух типов: индивидуалисты (тратят весь ресурс на поддержку частной деятельности) и коллективисты (тратят его на создание общественного продукта). Построены и исследованы механизмы управления системной согласованностью в СОЧИ-моделях.

На основе имитационного моделирования начато исследование динамических СОЧИ-моделей управления качеством мелководных экосистем, рыболовства, продвижения инноваций в организациях [27,52,59].

12. Заключение

ТАС играет ключевую роль в формализации процессов управления с участием субъектов, имеющих собственные цели, интересы и средства их достижения и способных к стратегическому поведению в условиях конфликта, возможной кооперации и неопределённости. Важным направлением развития ТАС выступает ТУОС, которая уточняет область приложений ТАС и представляет новые результаты по построению и исследованию механизмов управления.

Описанная в настоящей работе ТУРАС представляет собой ещё одно направление развития ТАС, в котором основное внимание уделяется динамическим моделям управления. ТУРАС опирается на достижения ТАС, ТУОС и ряда других смежных направлений исследований. За 20 лет развития ТУРАС в её рамках предложено понятие расширенной активной системы как иерархически управляемой динамической системы, формализованы методы управления с учётом требований гомеостаза, разработаны методы и алгоритмы решения соответствующих дифференциально-игровых задач управления, описана структура информационно-аналитических систем поддержки решений, дано динамическое обобщение механизмов стимулирования в организационных системах, построены и исследованы модели управления УР эколого-экономических, территориальных, образовательных систем, управления качеством водных ресурсов и оптимальной эксплуатации биологических ресурсов, описан и изучен класс статических моделей согласования интересов при распределении ресурсов, реализован подход к моделированию коррупции в иерархических системах управления.

К ближайшим направлениям развития ТУРАС относятся построение и исследование динамических моделей согласования интересов при распределении ресурсов, в том числе в условиях коррупции, дальнейшее изучение динамических моделей стимулирования, разработка и приложение сетевых моделей управления в маркетинге, развитие метода качественно репрезентативных сценариев имитационного моделирования и методов

случайного поиска для решения сложных динамических задач управления, детальный анализ моделей управления УР учреждений высшего образования.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ, проект №17-19-01038.

Литература

1. АГИЕВА М.Т. *Модели управления на социальных сетях в маркетинге* // Инженерный вестник Дона. 2018. №1. ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2018/4670.
2. АГИЕВА М.Т., БАБИЧЕВА Ю.В., ОКУЛИСТ Н.М., УГОЛЬНИЦКИЙ Г.А. *Задачи анализа и прогноза при управлении целевой аудиторией в маркетинге* // Управление большими системами. Вып.79. М.: ИПУ РАН, 2019. С.27-64.
3. АГИЕВА М.Т., МАЛЬСАГОВ М.Х., УГОЛЬНИЦКИЙ Г.А. *Моделирование иерархической структуры управления образованием*. Ростов-на-Дону: изд-во ООО "ЦВВР", 2003.- 208 с.
4. АНОПЧЕНКО Т.Ю., МУРЗИН А.Д., УГОЛЬНИЦКИЙ Г.А. *Моделирование согласования интересов в задачах управления устойчивым развитием территорий* // Экономика природопользования. 2017. №6. С.35-47.
5. БЕЛЯВСКИЙ Г.И., ДАНИЛОВА Н.В., УГОЛЬНИЦКИЙ Г.А. *Эволюционное моделирование в задачах управления устойчивым развитием активных систем* // Математическая теория игр и ее приложения, 2016, 8(4), 14-29.
6. БЕЛЯВСКИЙ Г.И., ДАНИЛОВА Н.В., УГОЛЬНИЦКИЙ Г.А. *Эволюционные методы решения динамических задач распределения ресурсов* // Математическая теория игр и ее приложения, 2018, 10(1), 5-22.
7. БУРКОВ В.Н. *Основы математической теории активных систем*. М.: Наука, 1977. - 255 с.
8. БУРКОВ В.Н., НОВИКОВ Д.А. *Теория активных систем: состояние и перспективы*. М.: Синтег, 1999. - 128 с.

9. ГОРБАНЁВА О.И. *Статические модели распределения ресурсов с учётом согласования интересов активных агентов*. Дисс. на соискание учёной степени д.т.н. М., 2019.
10. ГОРБАНЁВА О.И., УГОЛЬНИЦКИЙ Г.А., УСОВ А.Б. *Моделирование коррупции в иерархических системах управления*. Ростов-на-Дону: изд-во ЮФУ, 2014. – 412 с.
11. ГОРЕЛИК В.А., ГОРЕЛОВ М.А., КОНОНЕНКО А.Ф. *Анализ конфликтных ситуаций в системах управления*. М.: Радио и связь, 1991. – 288 с.
12. ГУБАНОВ Д.А., НОВИКОВ Д.А., ЧХАРТИШВИЛИ А.Г. *Социальные сети: модели информационного влияния, управления и противоборства*. М.: Физматлит, 2010. - 228 с.
13. ДАНИЛОВ-ДАНИЛЬЯН В.И., ЛОСЕВ К.С. *Экологический вызов и устойчивое развитие*. М.: Прогресс, 2000. - 416 с.
14. ДЕМИНГ Э. *Выход из кризиса. Новая парадигма управления людьми, системами и процессами*. М.: Альпина, 2007.- 620 с.
15. ДРУЖИНИН А.Г., УГОЛЬНИЦКИЙ Г.А. *Устойчивое развитие территориальных социально-экономических систем: теория и практика моделирования*. М.: Вузовская книга, 2013. – 224 с.
16. ДЬЯЧЕНКО В.К., ТАРАСЕНКО Л.В., УГОЛЬНИЦКИЙ Г.А. *Имитационное моделирование социального партнёрства в системе дополнительного профессионального образования // Управление большими системами. Вып.46*. М.: ИПУ РАН, 2013. С.179-196.
17. МАЛЬСАГОВ М.Х. *Модели комплексного оценивания и кадровой оптимизации работы факультета // Инженерный вестник Дона*. 2019. №1.
<http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2019/5624>.
18. МАЛЬСАГОВ М.Х. *Учреждение высшего образования как активная система // Инженерный вестник Дона*. 2018. №3.
<http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2018/5122>.
19. МАЛЬСАГОВ М.Х., УГОЛЬНИЦКИЙ Г.А., УСОВ А.Б. *Борьба с экономической коррупцией при распределении ресурсов // Компьютерные исследования и моделирование*, 2019, 11(1), 173-185.

20. *Механизмы управления* / Под ред. Д.А. Новикова. М.: Лександр, 2011. - 192 с.
21. *Модели управления устойчивым развитием активных систем и их приложения* / Под ред. Г.А. Угольницкого. Ростов-на-Дону-Таганрог: изд-во ЮФУ, 2019. - 255 с.
22. *Мониторинг: от приложений к общей теории* / Под ред. Угольницкого Г.А. Ростов-на-Дону: ЮФУ, 2009. - 176 с.
23. НИКИТИНА А.В., СУХИНОВ А.И., УГОЛЬНИЦКИЙ Г.А. и др. *Оптимальное управление устойчивым развитием при биологической реабилитации Азовского моря* // Математическое моделирование, 2016, 28(7), 96-106.
24. НИКОЛЕНКО С.И. *Теория экономических механизмов*. М.: "Бином", 2009. - 207 с.
25. НОВИКОВ Д.А. *Теория управления организационными системами*. М.: Физматлит, 2007. - 584 с.
26. НОР-АРЕВЯН О.А., ТАРАСЕНКО Л.В., УГОЛЬНИЦКИЙ Г.А. *Математическое моделирование социального партнерства: методология междисциплинарного исследования (на примере системы дополнительного профессионального образования)* // Социологические исследования, 2018, 4, 15-24.
27. ОНОПРИЕНКО А.Н., УГОЛЬНИЦКИЙ Г.А., УСОВ А.Б. *Имитационное моделирование иерархических регламентов управления (на примере рыболовства)* // Известия ВУЗов. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. 2016. №4. С.25-29.
28. ПАВЛОВСКИЙ Ю.Н. *Имитационные модели и системы*. М.: "Фазис", 2000. - 134 с.
29. *Переход к устойчивому развитию: глобальный, региональный и локальный уровни. Зарубежный опыт и проблемы России.* / Рук. авт. колл. Н.Ф. Глазовский. М., 2002. - 444 с.
30. ПУЧКИН М.В., УГОЛЬНИЦКИЙ Г.А., УСОВ А.Б. *Проект информационно-аналитической системы управления водными ресурсами Ростовской области* // Известия ВУЗов. Северо-Кавказский регион. Техн. науки. 2016. №2. С.28-35.

31. РОХЛИН Д.Б., УГОЛЬНИЦКИЙ Г.А. *Равновесие Штакельберга в динамической модели стимулирования с полной информацией* // Автоматика и телемеханика, 2018, 4, 152-166.
32. УГОЛЬНИЦКИЙ Г.А. *Иерархическое управление устойчивым развитием социальных организаций* // Общественные науки и современность. 2002. №3. С.133-140.
33. УГОЛЬНИЦКИЙ Г.А. *Иерархическое управление устойчивым развитием*. М.: Физматлит, 2010. – 336 с.
34. УГОЛЬНИЦКИЙ Г.А. *Методология и прикладные задачи управления устойчивым развитием активных систем* // Проблемы управления. 2019. №2. С.19-29.
35. УГОЛЬНИЦКИЙ Г.А. *Теоретико-игровое исследование некоторых способов иерархического управления* // Известия РАН. Теория и системы управления. 2002. №1. С.97-101.
36. УГОЛЬНИЦКИЙ Г.А. *Теоретико-игровые принципы оптимальности иерархического управления устойчивым развитием* // Известия РАН. Теория и системы управления. 2005. №4. С.72-78.
37. УГОЛЬНИЦКИЙ Г.А. *Управление устойчивым развитием активных систем*. Ростов-на-Дону: ЮФУ, 2016. - 940 с.
38. УГОЛЬНИЦКИЙ Г.А. *Управление эколого-экономическими системами*. М.: Вузовская книга, 1999. - 132 с.
39. УГОЛЬНИЦКИЙ Г.А. *Устойчивое развитие организаций*. М.: Физматлит, 2011. - 320 с.
40. УГОЛЬНИЦКИЙ Г.А., УСОВ А.Б. *Алгоритмы решения дифференциальных моделей иерархических систем управления* // Автоматика и телемеханика, 2016, 5, 148-158.
41. УГОЛЬНИЦКИЙ Г.А., УСОВ А.Б. *Вертикальные коалиции в иерархических трехуровневых системах управления веерной структуры* // Известия РАН. Теория и системы управления. - 2010. - №6. – С. 94-101.
42. УГОЛЬНИЦКИЙ Г.А., УСОВ А.Б. *Динамические модели коррупции в иерархических системах управления при эксплуатации биоресурсов* // Известия РАН. Теория и системы управления. 2014. №6. С. 168-176.

43. УГОЛЬНИЦКИЙ Г.А., УСОВ А.Б. *Информационно-аналитическая система управления эколого-экономическими объектами* // Известия РАН. Теория и системы управления. 2008. №2. С.168-176.
44. УГОЛЬНИЦКИЙ Г.А., УСОВ А.Б. *Информационно-аналитические системы управления качеством водных ресурсов* // Водные ресурсы. 2008. Т.35. №5. С.625-631.
45. УГОЛЬНИЦКИЙ Г.А., УСОВ А.Б. *Исследование дифференциальных моделей иерархических систем управления путем их дискретизации* // Автоматика и телемеханика. 2013. №2. С. 109-122.
46. УГОЛЬНИЦКИЙ Г.А., УСОВ А.Б. *Кооперативный подход на основе принуждения и побуждения при управлении качеством водных ресурсов* // Известия РАН. Теория и системы управления. 2009. №4. С.153-162.
47. УГОЛЬНИЦКИЙ Г.А., УСОВ А.Б. *Математическая формализация методов иерархического управления эколого-экономическими системами* // Проблемы управления. 2007. №4. С.64-69.
48. УГОЛЬНИЦКИЙ Г.А., УСОВ А.Б. *Методы иерархического управления качеством воды с учётом манипуляции центра и контригры предприятий* // Водные ресурсы. 2004. №3. Т.31. С. 375-382.
49. УГОЛЬНИЦКИЙ Г.А., УСОВ А.Б. *Многоуровневые модели в задачах управления качеством речной воды* // Водные ресурсы. 2005. Т.32. №4. С.504-511.
50. УГОЛЬНИЦКИЙ Г.А., УСОВ А.Б. *Модели борьбы с административной коррупцией в иерархических системах управления* // Математическая теория игр и ее приложения. 2014. Т.6. Вып.1. С.73-90.
51. УГОЛЬНИЦКИЙ Г.А., УСОВ А.Б. *Равновесия в моделях иерархически организованных динамических систем с учётом требований устойчивого развития* // Автоматика и телемеханика. 2014. №6. С.86-102.
52. УГОЛЬНИЦКИЙ Г.А., УСОВ А.Б. *Теоретико-игровая модель согласования интересов при инновационном развитии*

- корпорации // Компьютерные исследования и моделирование, 2016, 8(4), 673-684.
53. УГОЛЬНИЦКИЙ Г.А., УСОВ А.Б. *Управление качеством воды в водотоках* // Водные ресурсы. 2003. №2. С. 250-256.
 54. УГОЛЬНИЦКИЙ Г.А., УСОВ А.Б. *Управление сложными эколого-экономическими системами* // Автоматика и телемеханика. 2009. №5. С.169-179.
 55. УГОЛЬНИЦКИЙ Г.А., УСОВ А.Б. *Управление устойчивым развитием иерархических систем в условиях коррупции* // Проблемы управления. 2010. №6. С.19-26.
 56. УГОЛЬНИЦКИЙ Г.А., УСОВ А.Б., ПУЧКИН М.В.и др. *Теоретико-игровые регламенты механизмов управления устойчивым развитием мелководных экосистем* // Автоматика и телемеханика, 2017, 6, 122-137.
 57. УГОЛЬНИЦКИЙ Г.А., ЧЕРДЫНЦЕВА М.И. *Компьютерная имитация устойчивого развития эколого-экономических систем* // Компьютерное моделирование. Экология. Вып.2. Под ред. Г.А. Угольницкого. М.: Вузовская книга, 2004. С.126-135.
 58. ADAMS W.M., JEANRENAUD S.J. *Transition to Sustainability: Towards a Humane and Diverse World*. Gland: International Union for Conservation of Nature and Natural Resources, 2008. - 107 p.
 59. ANTONENKO A.V., GORBANEVA O.I., OUGOLNITSKY G.A. *Concordance of Private and Public Interests: Dynamic Graph Representation, Identification and Simulation Modeling* // Advances in Syst. Science and Applications, 2016, 16 (4), 43-52.
 60. AUBIN J.-P. *Viability Theory*. Springer-Verlag, 1991. - 572 p.
 61. BELYAVSKY G., DANILOVA N., OUGOLNITSKY G. A *Markovian Mechanism of Proportional Resource Allocation in the Incentive Model as a Dynamic Stochastic Inverse Stackelberg Game* // Mathematics, 2018, 6(8), 131.
 62. CAIRNS R.D., MARTINET V. *An environmental-economic measure of sustainable development* // European Economic Review, 2014 (69), 4-17.
 63. CLARK W.C. *Sustainability Science: A Room of its Own* // Proc.

- of the National Academy of Science, 2007 (114), 1737-1738.
64. DOYEN L., MARTINET V. *Maximin, viability and sustainability* // J. of Econ. Dynamics and Control, 2012 (36), 1414-1430.
 65. DYACHENKO V.K., OUGOLNITSKY G.A., TARASENKO L.V. *Computer Investigation of a Game Theoretic Model of Social Partnership in the System of Continuing Professional Education* // Advances in Systems Science and Applications, 2015, 15(4), 320-328.
 66. GORBANEVA O.I., OUGOLNITSKY G.A. *Static Models of Coordination of Social and Private Interests in Resource Allocation* // Automation and Remote Control, 2018, 79(7), 1319-1341.
 67. GORBANEVA O.I., OUGOLNITSKY G.A. *System Compatibility, Price of Anarchy and Control Mechanisms in the Models of Concordance of Private and Public Interests* // Advances in Systems Science and Applications, 2015, 15(1), 45-59.
 68. GORBANEVA O.I., OUGOLNITSKY G.A., USOV A.B. *Modeling of Corruption in Hierarchical Organizations*. - N.Y.: Nova Science Publishers, 2016. - 552 p.
 69. KORNIENKO S.A., OUGOLNITSKY G.A. *Dynamic Stackelberg Games with Requirements to the Controlled System as a Model of Sustainable Environmental Management* // Advances in Systems Science and Applications, 2014, 14(4), 325-345.
 70. LAFFONT J.-J., MARTIMORT D. *The Theory of Incentives: The Principal-Agent Model*. - Princeton Univ. Press, 2002. 421 p.
 71. LONG N.V. *A Survey of Dynamic Games in Economics*. World Scientific, 2010. 275 p.
 72. OUGOLNITSKY G. *Game theoretic formalization of the concept of sustainable development in the hierarchical control systems* // Annals of Operations Research, 2014, 220(1), 69-86.
 73. OUGOLNITSKY G. *Sustainable Management*. N.Y.: Nova Science Publishers, 2011. – 288 p.
 74. OUGOLNITSKY G.A. *A System Approach to the Regional Sustainable Management* // Advances in Systems Science and Applications, 2017, 17(2), 52-62.

75. OUGOLNITSKY G.A. *Game theoretic modeling of the hierarchical control of sustainable development* // Game Theory and Applications. 2002. Vol.8. N.Y., Nova Science Publ. P.82-91.
76. OUGOLNITSKY G.A. *Sustainable Management as a Key to Sustainable Development* // Sustainable Development: Processes, Challenges and Prospects. Ed. D. Reyes. N.Y.: Nova Science Publishers, 2015. P.87-128.
77. OUGOLNITSKY G.A., ANOPCHENKO T.YU., GORBANEVA O.I., LAZAREVA E.I., MURZIN A.D. *System Methodology and Model Tools for Territorial Sustainable Management* // Advances in Syst. Science and Applications, 2018, 18(4),136-150.
78. OUGOLNITSKY G.A., USOV A.B. *Computer Simulations as a Solution Method for Differential Games* // Computer Simulations: Advances in Research and Applications. Eds. M.D. Pfeffer and E. Bachmaier. N.Y.: Nova Science Publ., 2018. P.63-106.
79. OUGOLNITSKY G.A., USOV A.B. *Problems of the sustainable development of ecological-economic systems* // Global Climatology and Ecodynamics: Anthropogenic Changes to Planet Earth / Eds. A.P. Cracknell, V.P. Krapivin, C.A. Varotsos. Springer-Praxis, 2009. – P.427-444.
80. ROKHLIN D.B., OUGOLNITSKY G.A., USOV A.B. *A two-level model of optimal harvesting under parameter uncertainty* // Far East Journal of Math. Sciences, 2017, 102(7), 1365-1380.
81. UGOL’NITSKII G.A., USOV A.B. *Three-level control systems for ecological-economic objects with fan structure* // Automation and Remote Control, 2011, 72(8), 1790-1798.

АКТИВНОСТЬ И УПРАВЛЕНИЕ В ТЕОРИИ КОНСТРУКТИВНЫХ ЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Шевченко В.В.

*(Вычислительный центр им. А.А. Дородницына
ФИЦ ИУ РАН, Москва)
vsh1953@mail.ru,*

Рассматриваются вопросы описания и анализа процессов управления и активного поведения в рамках теории конструктивных логических систем (КЛС), являющейся оригинальным нетривиальным обобщением теории конечных автоматов, позволяющим, в числе прочего, рассматривать процессы трансформации свойств поведения системы. Ещё одним преимуществом теории КЛС является наличие точных определений операций над КЛС, сопоставимых по гибкости и многообразию со средствами оперирования над образами живого языка (объединение и разложение, укрупнение и детализация, обобщение и конкретизация, аналогия). Представлено точное определение понятий управляющая и управляемая КЛС, простейшие примеры, иллюстрирующие эти определения. Рассмотрены принципы описания и анализа конкретных процессов управления и игровых взаимодействий.

Ключевые слова: активная система, управление, конструктивная логическая система, игра, конечный автомат, сеть Петри.

1. Введение

Одной из центральных проблем математического моделирования процессов управления и активного, заинтересованного поведения участников сложных процессов в общественных системах является проблема формализации связанных с такими процессами описательных наук. Предприниматели и политики,

министры и торговцы, врачи и учителя общаются на своих профессиональных языках, сложившихся веками, далёких от математических формализмов, и с недоверием воспринимают то, что им пытаются советовать математики. Одной из попыток преодоления этой пропасти можно назвать теорию активных систем В.Н. Буркова [1]. Весьма серьёзное внимание этой проблеме уделял и блестящий мастер точного исследования и организатор науки А.А. Дородницын [2-3]. Самое непосредственное отношение к этому имеют теория игр и исследование операций. Однако говорить о прорыве в достижении взаимопонимания между энтузиастами математического моделирования и практиками пока не приходится.

В настоящей работе, исходя из достаточно серьёзного опыта как теоретического, так и практического характера, предлагается несколько неожиданный подход к решению обозначенной проблемы.

Стремление докопаться до сокровенного обобщающего точного знания о том, как устроен мир, старо, как этот мир. В наиболее известной нам европейской традиции оно наиболее ярко проявлено в диалоге Платона «Парменид», «Аристотелевом корпусе» и его переосмыслениях Авиценной и Лейбницем. Успех математики операторов дифференцирования и взятия первообразных, открытых Лейбницем и Ньютоном, породил «Лапласов детерминизм», исходя из которого всё в мире адекватно описывается в виде дифференциальных динамических систем (исповедуемый с поправкой на возможность включения случайных процессов определённой частью интеллектуалов по сей день, свидетельством чего является, в частности, популярность работ нашего современника А. Вейника). Обозначившееся ко второй половине 19-го века разочарование в таком детерминизме вылилось в увлечение алгебраическими представлениями о группах, полях, универсальных алгебрах, выросшей из них теорией категорий. Стремление «проникнуть в философию математических наук» (Ж.А. Пуанкаре) породило «парадокс Бертрана Рассела» и «кризис оснований математики», попытки преодолеть этот кризис (УДК 519.25) различными способами. Активным участником

всего этого явился Д. Гильберт с его финитизмом, исходя из которого всё новое в математике начинается с неожиданных конечных построений, и теорией доказательств. За финитизмом Д. Гильберта последовали интуиционизм, аксиоматика Пеано и опровержение её непротиворечивости Гёделем, ультрафинитизм А.С. Есенина-Вольпина (отказ от всех множеств, кроме конечных), Бурбаки, Тьюринг и Пост, конечные автоматы Мура и Милля, конструктивные функции и алгоритмы А.А. Маркова, общая теория систем, различные математические теории конфликтов и катастроф. Можно ли из всего этого вынырнуть с позитивным результатом, с богатым уловом? Ведь каждый из перечисленных подходов своеобразен. По мнению автора, можно.

Начав, следуя за Гильбертом и Пуанкаре, с построения конечного представления, обобщающего все известные нам конечные представления, включая недетерминированные конечные автоматы и сети Петри. В качестве такого обобщающего конечного представления предлагается представление о конструктивной логической системе (КЛС). Далее это конечное представление обобщается в виде счётного представления о счётных семействах КЛС (СС КЛС). Накопленный к настоящему моменту опыт показывает, что представление о СС КЛС весьма общее, известные автору конструктивные задачи фундаментальной и прикладной математики удаётся поставить (а иногда и решить) на языке СС КЛС.

Далее, в п. 2, рассмотрены и проиллюстрированы простейшими примерами принципы формализации на языке КЛС (пока не СС КЛС) задач управления и активного (игрового) взаимодействия. После рассмотрения в п. 1 необходимых ключевых представлений теории КЛС.

2. Конструктивные логические системы и их семейства

В современной теории недетерминированных конечных автоматов не допускаются пустые множества выходов и переходов

в соответствующих функциях (выходов и переходов). Но при этом в сетях Петри, также являющихся вполне корректным конечным математическим представлением, возникают неразрешимости (тупиковые ситуации). Более 30 лет назад [4], автор решил попробовать записывать свойства движений в дискретном времени в конечном пространстве состояний в виде логических ограничений (ЛО), запрещающих переходы заданного вида в процессе движения. Простейшим ЛО (порядка и глубины 1) является запрет перехода за 1 такт дискретного времени из i -го состояния в j -е. ЛО общего вида запрещает в текущий момент находиться в заданном подпространстве заданного конечного пространства состояний, если в моменты, отстоящие от текущего на заданные числа тактов, система находилась в других заданных подпространствах этого пространства состояний. Исследование таких ЛО и систем ЛО привело к целому ряду весьма интересных неожиданностей. Если число состояний пространства N , то всякое ЛО порядка λ (порядок – число условий в ограничении) можно многими способами представить в виде логически эквивалентной системы из N ЛО порядка $\lambda+1$. Это даёт основание соразмерять ЛО по силе (ассоциированной со свободой движения, отнимаемой ЛО у системы). В КЛС возникают конфликты – неразрешимости движения в силу действующей системы ЛО. Опираясь на наличие естественной меры, силы ЛО, можно говорить, что в реальности конфликты разрешаются ломкой (исчезновением) слабейших ЛО. Возникает точный аналог законов Гегеля (принцип минимальных разрушений, правило зарастания, правило консолидации). Естественным образом определяются операции над КЛС, равноценные по гибкости со средствами оперирования с образами живого языка: объединение и разложение, укрупнение и детализация, обобщение и конкретизация КЛС, отношение аналогии между КЛС. Эти операции и отношение обладают весьма интересными свойствами. Вводится понятие счётного семейства КЛС (СС КЛС), операции над КЛС обобщаются как операции над СС КЛС. КЛС с простым числом состояний и СС КЛС с простым числом состояний при каждом значении параметра семейства являются не делимыми (атомарными –

логический атомизм Б. Рассела). Полученные результаты по теории КЛС опубликованы в работах [4-6].

Формально при определении КЛС рассматривается движение системы S в пространстве состояний $P = \{p_1, \dots, p_n\}$ в дискретном времени T с тактом Δ . Логическим ограничением (ЛО) этого движения называется действующее в любой момент времени $t_i \in T$ ограничение вида:

$$(1) \quad LR \equiv \bigwedge_{k=1}^{\lambda} s(t_{i-l_k}) \in P_k \Rightarrow s(t_i) \in P_0, P_k \subseteq P \quad k = 0, 1, \dots, \lambda$$

$\lambda, l_k, k = 1, \dots, \lambda$ - натуральные числа;

$s(t_j)$ - состояние системы S в некоторый момент t_j времени T ;

λ - порядок ЛО;

$l_{\max} = \max_{k \in \{1, \dots, \lambda\}} l_k$ - глубина ЛО;

$$(2) \quad \|LR\| = \frac{m_0 \cdot m_1 \cdot \dots \cdot m_{\lambda}}{n^{\lambda+1}}, m_i - \text{число состояний в } P_i; - \text{сила}$$

ЛО.

Формула (2) соответствует случаю, когда все состояния системы считаются равномошными. Если это не так, и задана мера (мощность) каждого состояния, - числа m_i в (2) заменяются суммой мер тех состояний, которым эти числа соответствуют, число n заменяется суммой мер всех состояний КЛС.

В силу конечности числа состояний рассматриваемого пространства любое ЛО может быть многими способами представлено в виде логически эквивалентного ему множества ЛО большего порядка (разложено на такое множество ЛО). Для такого его представления в виде множества ЛО порядка $\lambda + 1$ достаточно взять, например, любое $l_{k+1} > l_{\max}$, разбить пространство P на любое множество непересекающихся подмножеств $P_{k+1}^1, \dots, P_{k+1}^{\alpha}$ и составить искомое множество ЛО из разлагаемого ЛО вида (1), к

левой части (части до знака $\Rightarrow$) которых добавлено условие $s(t_{i-l_{k+1}}) \in P_{k+1}^\beta$, $\beta = 1, \dots, \alpha$.

В прикладном плане теория КЛС апробирована на построении на базе имеющихся данных археологического, лингвистического, антропологического, генетического (гаплогруппы) и иного характера непротиворечивой гипотезы общей картины планетарного исторического процесса последних тысячелетий (представляемой в виде траектории вполне определённой КЛС, не противоречащей имеющейся совокупности надёжных с точки зрения исследователя данных). Трактовка эмоций как конфликтов в КЛС (или СС КЛС) помогла выстроить психофизиологическую теорию мотивационных соотношений и психологическую концепцию механизмов старения.

Под СС КЛС понимается, в случае единого для всего семейства дискретного времени, такое семейство КЛС с натурально-значным параметром семейства γ (S_γ , $\gamma \in N$), в котором для любого γ

- определен взаимно покрывающий морфизм между пространствами S_γ - P_γ и $S_{\gamma+1}$ - $P_{\gamma+1}$, в силу которого каждому состоянию P_γ соответствует хотя бы одно состояние $P_{\gamma+1}$ и наоборот и при этом любое состояние одного из пространств, соответствующее некоторому состоянию другого пространства не в одиночестве, не может соответствовать и другому состоянию другого пространства;

- множество ЛО $S_{\gamma+1}$ состоит из ЛО S_γ , переписанных логически эквивалентно в силу указанного морфизма в пространстве $P_{\gamma+1}$.

Рассматриваются и СС КЛС с индивидуальным временем каждой КЛС семейства. В этом случае определение СС КЛС существенно усложняется.

В виде КЛС можно представить любые конечные автоматы, включая недетерминированные, сети Петри, машины Тьюринга с

ограниченной лентой, конечные игры (шахматы, шашки, карточные, иные).

При этом термин «представить в виде» означает, что любому описанию указанного класса (автомату, сети Петри, ...) можно сопоставить такую КЛС, что

- дискретные времена их движения совпадают и любому состоянию исходного описания соответствует строго одно состояние КЛС;

- любой задаче, связанной с поведением исходного описания (определение множества возможных состояний в некоторый последующий момент при заданном множестве возможных состояний в начальный момент, иные задачи), однозначно соответствует задача, связанная с поведением соответствующей КЛС и их решения в силу соответствия между состояниями совпадают.

В виде СС КЛС удаётся представить любую разностную или дифференциальную динамическую систему, любой случайный процесс, иные известные непрерывные процессы в дискретном или непрерывном времени (например, управляемый производственный процесс, рассматриваемый в теории расписаний). При этом, правда, указанные математические описания рассматриваются как счётные семейства конечных множеств (ССКМ) [7]. Представления о множествах мощности континуума, за ненадобностью, из рассмотрения исключаются (В соответствии с «бритвой Оккама»: «Не увеличивай сущности сверх необходимости»).

Развитие представлений о КЛС и СС КЛС заставило автора кардинально изменить своё мировосприятие, его базовые основы. В направлении, в целом указанном логическим атомизмом Б. Рассела и задолго до него Пифагором, Архимедом, Аль-Хорезми, Авиценной, Ньютоном, Лейбницем, Гауссом, Кронекером, Пуанкаре и Гильбертом. В итоге прорисовалась следующая, во многом неожиданная философия, с которой многие, наверное, не согласятся:

- представление Парменида «всё есть одно» и использование философами терминов «сущность», «монада» (Г.В. Лейбниц) обоснованы и оправданы, математически точное универсальное описание, соответствующее понятию «образ» живого языка,

понятиям «сущность» и «монада» существует и его надо искать (общая теория систем – не спекулятивный блеф);

- атомизм свойствен природным сущностям, но атомами являются не кварки или иные конечномерные сущности, а принципиально не делимые (не представимые в виде объединений) КЛС или СС КЛС;

- понятия массы и энергии могут быть обобщены на любые сущности (масса) и любые ЛО (энергия) и являются логарифмическими функциями чисел состояний (масса) и порядка и чисел состояний всего пространства и фигурирующих в ЛО подпространств (энергия);

- конфликты в КЛС и СС КЛС и сформулированные правила их разрешения (принцип минимальных разрушений, правило консолидации и правило застарения) соответствуют реальной природе процессов развития, трансформаций, преобразований самих свойств природных сущностей.

При такой философии существенно меняются и сложившиеся представления об управлении, активном поведении, игровых взаимодействиях. Уже при рассмотрении управления в простейших конечных системах появляются неожиданности.

3. Описание процессов управления и игровых взаимодействий на языке- КЛС

Под простым объединением КЛС S_1 и S_2 с одинаковыми тактами времён и с пространствами состояний P_1 и P_2 соответственно в теории КЛС понимается КЛС S_3 , пространство которой является декартовым произведением пространств объединяемых КЛС $P_3 = P_1 \times P_2$, а множество ЛО включает в себя все ЛО множеств ЛО S_1 и S_2 , переписанные в виде логически эквивалентных (л.э.) ЛО в пространстве P_3 .

При этом для представления некоторого ЛО, записанного в пространстве, например, P_1 , в виде л.э. ЛО в пространстве P_3 ,

необходимо заменить в исходном ЛО все состояния во всех множествах на декартовы произведения этих состояний (из P_1) на пространство P_2 .

Под объединением с взаимосвязями понимается простое объединение с добавлением тех или иных дополнительных ЛО (собственно взаимосвязей) в пространстве P_3 ..

Внутренние ЛО одной из объединяемых КЛС никак не ограничивают движение второй КЛС в её пространстве. Взаимосвязи могут либо ограничивать тем или иным образом движение обеих КЛС либо ограничивать движение только одной из них, например, запрещать второй КЛС находиться в каком-то из её состояний в случае, если первая КЛС находится в тот же момент или находилась в предыдущий или иной более ранний момент в каком-то конкретном из своих состояний. Если все взаимосвязи ограничивают только вторую КЛС, то первая КЛС управляет второй.

Такое понимание управления вполне естественно. Но уже при рассмотрении простейших примеров описания процессов управления на языке КЛС всё становится непривычным и неожиданным. Действительно.

Пусть имеется КЛС S_1 с тактом времени Δ и с пространством из двух состояний $P_1 = \{p_1, p_2\}$ без ЛО и КЛС S_2 с тем же тактом времени, что и у S_1 и с пространством из трёх состояний $P_2 = \{q_1, q_2, q_3\}$ и следующими ЛО первого порядка глубины 1:

$$S_2(t_{i-1}) = q_1 \Rightarrow S_2(t_i) \neq q_1 \text{ (ЛО1)}$$

$$S_2(t_{i-1}) = q_1 \Rightarrow S_2(t_i) \neq q_3 \text{ (ЛО2)}$$

$$S_2(t_{i-1}) = q_2 \Rightarrow S_2(t_i) \neq q_2 \text{ (ЛО3)}$$

$$S_2(t_{i-1}) = q_2 \Rightarrow S_2(t_i) \neq q_3 \text{ (ЛО4)}$$

$$S_2(t_{i-1}) = q_3 \Rightarrow S_2(t_i) \neq q_1 \text{ (ЛО5)}$$

$$S_2(t_{i-1}) = q_3 \Rightarrow S_2(t_i) \neq q_2 \text{ (ЛО6)}$$

Назовём КЛС S_3 объединение S_1 и S_2 с взаимосвязями:

$$S_1(t_{i-1}) = p_1 \Rightarrow S_2(t_i) \neq q_1 \text{ (ЛО7)}$$

$$S_1(t_{i-1}) = p_2 \Rightarrow S_2(t_i) \neq q_2 \text{ (ЛО8)}$$

Из вида взаимосвязей следует, что S_1 управляет S_2 .

Пусть в начальный момент времени S_2 находилась в состоянии q_1 . Если бы управляющих взаимосвязей не было, то в силу внутренних ЛО S_2 меняла бы каждый такт состояние q_1 на q_2 или наоборот, не попадая в q_3 , сколь угодно долго. КЛС S_1 может не мешать этому и при наличии управления, выбирая p_1 , когда S_2 находится в q_1 и p_2 , когда S_2 находится в q_2 . Но может и устроить конфликт в КЛС S_2 , выбрав, например, p_1 , когда S_2 находится в q_2 . Что произойдёт в этом случае? Конфликт между ЛО1, ЛО2 и взаимосвязью ЛО7. Одно из трёх конфликтующих ЛО исчезнет, чтобы дать возможность движения в КЛС S_2 (и S_3 , конечно). Определив из (2) силы конфликтующих ЛО в пространстве P_3 , получим, что сила взаимосвязи больше силы внутренних ЛО КЛС ЛО1 и ЛО2 с равными силами. Из чего следует, что исчезнуть должно одно из внутренних ЛО. В случае исчезновения ЛО2 КЛС S_2 попадёт в состояние q_3 и будет в нём оставаться (переходы в p_1 и p_2 запрещены внутренними ЛО) и управляющая КЛС S_1 потеряет возможность как-либо это изменить. В случае исчезновения ЛО1 КЛС S_2 останется в состоянии q_1 и возможности управления поведением КЛС S_2 у КЛС S_1 останутся.

Если в том же случае взять управляющую КЛС с тремя состояниями $P_1 = \{p_1, p_2, p_3\}$ и добавить взаимосвязь

$$S_1(t_{i-1}) = p_3 \Rightarrow S_2(t_i) \neq q_3 \text{ (ЛО8)},$$

то картина существенно изменится. Не препятствовать циклическому движению S_2 управляющая КЛС S_1 сможет, просто находясь в состоянии p_3 . От управления со стороны S_1 управляемая КЛС S_2 не сможет уйти и в состоянии q_3 .

Уже на рассмотренных простых примерах видно, что в рамках теории КЛС наряду с привычным управлением за счёт дифференциальной или иной связи между вектором управления и переменными состояния управляемой системы возможно и управление путём инициации конфликтов и изменения самой структуры свойств управляемой системы. То, что такое имеет место быть в реальной жизни, вполне очевидно. Но каких-либо подходов к формальному описанию такого рода процессов автору неизвестно.

Задачи управления дифференциальными динамическими системами следует описывать на языке КЛС с использованием СС КЛС. Какие неожиданности при этом появятся, сказать трудно. Но сомневаться в том, что они обязательно появятся, нет оснований.

При рассмотрении игровых взаимодействий пространства состояний управляющих процессом сущностей (игроков) будут соответствовать, естественно, их множествам выборов.

Литература

1. БУРКОВ В.Н. *Основы математической теории активных систем*. М.: Наука, 1977. – 256 с.
2. ДОРОДНИЦЫН А.А. *Математика и описательные науки*. Российская академия наук. Вычислительный центр. А.А. Дородницын. Избранные научные труды. Том 2. М.: ВЦ РАН, 1997. стр. 330-336.
3. ДОРОДНИЦЫН А.А. *Проблема математического моделирования в описательных науках*. Российская академия наук. Вычислительный центр. А.А. Дородницын. Избранные научные труды. Том 2. М.: ВЦ РАН, 1997. стр. 337-345.

4. ШЕВЧЕНКО В.В. *Об одном подходе к исследованию дискретных динамических систем с меняющейся структурой*. М.: ВЦ АН СССР, 1988. - 28 с.
5. ШЕВЧЕНКО В.В. *Конструктивные логические системы и их приложения*. М.: ВЦ РАН, 2003. - 51 с.
6. ШЕВЧЕНКО В.В. *О некоторых возможностях прикладного использования конструктивной математики*. М.: ВЦ РАН, 2010. - 40 с.
7. ШЕВЧЕНКО В.В. *О счётных семействах конечных множеств*. М.: ВЦ РАН, 2008. - 57 с.

РАЗВИТИЕ ПОДХОДА М.П. ОСИПОВА К МОДЕЛИРОВАНИЮ БОЕВЫХ ДЕЙСТВИЙ

Шумов В.В.

*(Отделение погранологии Международной
академии информатизации, Москва)*

v.v.shumov@yandex.ru

Рассмотрен вклад М.П. Осипова в теорию моделирования боевых и военных действий, исход которых в существенной степени зависит от морального потенциала войск и искусства полководца. В развитие подходов отечественной школы моделирования разработана вероятностная модель боя и на ее основе – теоретико-игровая модель «наступление-оборона», позволяющая обосновать: распределение сил и средств сторон по пунктам обороны и по задачам (эшелонам), темпы перемещения боевых единиц в бою и ожидаемые потери.

Ключевые слова: активные системы, модели боя, модель «наступление-оборона».

1. Введение

Типичным примером активной системы (организационной системы, в которой в существенной степени учитывается активное поведение субъектов управления) являются военные формирования. Исход боя в существенной степени зависит от психологических качеств бойцов. Н. Н. Головин отмечал: «Значение духовных свойств бойца всегда высоко оценивалось полководцами всех времен и народов. Привести имена тех, которые верили в их главенствующее значение, было бы равносильно составлению списка всем выдающимся военно-начальникам» [1, с. 41].

Основоположником моделирования боевых действий по праву считается российский генерал Михаил Павлович Осипов. В своей работе «Влияние численности сражающихся сторон на их потери» [2] на основе анализа результатов 38 сражений регулярных войск XIX и XX веков им сформулирована модель динамики боя, найдено решение и оценены параметры модели.

Кратко отметим вклад М.П. Осипова в теорию моделирования боевых и военных действий.

1. Разработаны принципы моделирования боевых и военных действий:

- неразрывная связь военной статистики, военного искусства и математического моделирования («военная история может дать исходные числа, а объяснение их относится к области математики» [2]);
- более предпочтительны аналитические модели, основанные на тактических принципах и физических законах, чем статистические, основанные на «подгонке» результатов под ограниченный набор статистических данных. Аналитические модели в сравнении с эмпирическими более понятны и допускают расширения для учета новых факторов (ввод в бой резервов, операционные потери, возможности боевого обеспечения, искусство полководца, моральный фактор и др.);
- свидетельством «правильности» моделей является соответствие результатов моделирования принципам военного искусства («правило – бить врага по частям служит несомненным подтверждением основного положения нашей теории, что потери сильнейшего числом должны быть меньше, чем у слабейшего» [2]);
- практическое предназначение моделей боя («теория потерь не отвергает никаких воинских уставов или правил, а наоборот, требует исполнения их, напоминая, что всякое упущение в этом отношении изменяет среднее, законное соотношение потерь в другое, клонящее в пользу противника, т.е. влечет за собою излишние потери у нас, которых можно было бы избежать. Единственная практическая цель теории потерь – это более сознательное управление численностью войск для

уменьшения своих потерь и для увеличения потерь противника» [2]).

2. Заложены основы теории боевых потенциалов:

- обосновано требование разделения списочного состава частей и соединений на боевой («активный») и обеспечивающий;
- оценен боевой потенциал активных боевых единиц, имеющих на вооружении винтовки (ружья), пулеметы и орудия (орудийный расчет эквивалентен 50–150 бойцам с ружьями);
- для оценки вклада различного оружия рекомендовано учитывать его количество и потери пехоты в результате применения этого оружия;
- показано, что вклад различных боевых единиц в исход боя не линейен;
- при расчете боевых потенциалов необходимо учитывать степень инженерного и других видов обеспечения.

3. Определены основные факторы, подлежащие учету в моделях боя:

- искусство полководца (заключается «в умении выставить на поле битвы и ввести в бой наибольшее число активных бойцов, поддержать их моральное настроение, в удачном маневрировании и вообще в умении пользоваться всякою случайностью» [2]). На примере Аустерлицкого сражения показано, что вклад полководца (Наполеона) в победу эквивалентен увеличению боевой численности его стороны на 25–30%;
- моральное настроение войск. Моральный упадок войск заключается в увеличении доли бойцов, уклоняющихся от ведения боя. По М. Осипову, «победа зависит не от продолжительности боя, а главным образом от понесенных сторонами потерь; поэтому вернее будет считать, что бой длится до тех пор, пока потери одной из сторон не достигнут некоторого определенного %. Таким % в среднем можно считать 20%...» [2]);
- качество («достоинство») оружия, воспитание, организация и обучение войска;
- местность, укрепления и образ действий.

В силу сложности предмета моделирования и необходимости учета разнообразных факторов, влияющих на ход и исход боя, сражения, операции, военной кампании обычно используют не одну модель, а комплекс моделей, объединенных как по вертикали (результаты моделирования модели нижнего уровня являются исходными данными для моделей верхнего уровня), так и по горизонтали (цепочки моделей, отражающих отдельные этапы некоторого цикла действий), см. рис. 1. Основание классификации моделей по вертикали – специфика и масштаб исследуемых систем).

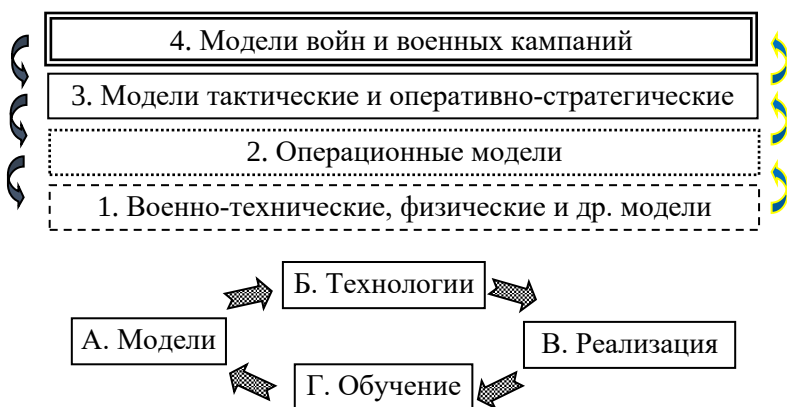


Рис. 1. Комплекс моделей боевых и военных действий

Примерами моделей первого уровня являются: карта местности и инженерных сооружений, модели вооружения, описывающие их физические, информационные и технические характеристики и др. В операционных моделях выполняется переход от технических, информационных и физических (психофизических) характеристик к тактическим. Основанием для объединения тактических, оперативных и стратегических моделей в одну группу является анализ опыта Великой Отечественной войны. Несмотря на существенные различия боя полка или дивизии, сражения (совокупности боев) корпуса или армии, фронтовой операции, в них можно выделить много общего. Г. К. Жуков, анализируя опыт

Великой Отечественной войны, выделил шесть вопросов (факторов), определяющих успех любого боя, сражения и операции [3].

Модели 1-4 различаются масштабом и спецификой. Стрелки-дуги слева – нормы, критерии, ресурсы; стрелки-дуги справа – возможности и результаты. В нижней части рисунка показан цикл развития моделей С. Бондера, состоящий из четырех этапов [8].

В настоящей работе рассматриваются расширения моделей боя, наступательных и оборонительных действий. Стиль изложения материала ориентирован на специалистов в области исследования операций, военной науки и искусства.

2. Вероятностная модель боя

Пусть имеются две противостоящих друг другу боевых группы. Боевая численность первой группы равна x , численность второй – y . Обозначим β – параметр боевого превосходства первой стороны над второй. Допустим, что исход боя определяется результатами боестолкновений отдельных боевых единиц сторон, а сами боевые единицы с точки зрения их боевых возможностей однородны (т.е. каждая боевая единица в равной степени пользуется результатами обеспечения боя, разведки, наведения и т.д.). Тогда, учитывая классическое определение вероятности, определим вероятность победы в бою первой стороны по формуле:

$$(1) \quad p_x = \frac{\beta x}{\beta x + y} = \frac{q}{q + 1}, \quad q = \frac{\beta x}{y},$$

где q есть соотношение сил сторон (превосходство первой стороны).

Используя метод максимального правдоподобия, автором получено следующее неявное выражение для статистической оценки параметра боевого превосходства:

$$(2) \quad \frac{ms}{\beta} - \sum_{i=1}^m \frac{x_i}{\beta x_i + y_i} = 0,$$

где: m – количество наблюдений за ходом и результатами боев (объем выборки); s – доля боев, в которых победила первая

сторона; $x_i > 0$ ($y_i > 0$) – количество боевых единиц первой (второй) стороны, участвовавших в i -м бою.

Исходя из взглядов военных теоретиков и практиков, можно выделить два важнейших фактора, определяющих боевую эффективность соединений, частей и подразделений: моральный фактор и его количественный показатель – проценты выдерживаемых кровавых потерь, и технологический фактор (боевой потенциал есть совокупность постоянно готовых к применению материальных и духовных сил и средств). Аналитический метод оценки параметра боевого превосходства, основанный на учете перечисленных факторов, рассмотрен в работах [4, 5].

3. Модель «наступление-оборона»

Наступательный бой применяется в целях разгрома противостоящей тактической группировки войск противника и овладения важным районом (рубежом, объектом) на его территории. Оборонительный бой применяется для срыва или отражения наступления превосходящих сил противника, удержания занимаемых позиций (рубежей), предотвращения прорыва противника к прикрываемым объектам и создания условий для перехода в наступление.

Управление действиями наступающих и обороняющихся подразделений, частей и соединений в общем случае может сводиться к отысканию:

- 1) распределения средств по пунктам (районам, участкам) обороны;
- 2) количества (доли) средств, выделяемых во второй эшелон (резерв);
- 3) темпов перемещения подразделений в бою и их потерь;
- 4) размеров по фронту и в глубину районов обороны, направлений маневра;
- 5) способов действий, направленных на разгром противника, или его окружение, или занятие важного рубежа (объекта) в глубине обороны;
- 6) способов действий в обороне, при отходе и в окружении;

7) способов маскировки и введения противника в заблуждение и др.

Задачи управления боем, в которых определялись бы все указанные элементы законов управления, в литературе не описаны. Далее с использованием вероятностной модели боя рассмотрим частные решения первых трех задач.

3.1. ТЕОРЕТИКО-ИГРОВАЯ МОДЕЛЬ «НАСТУПЛЕНИЕ-ОБОРОНА»

Пусть имеется n обороняемых пунктов (районов, участков) с номерами $i = 1, \dots, n$, где возможен прорыв средствами наступающих. Обозначим R_x и R_y – количества боевых средств в распоряжении наступающих и обороняющихся. Ресурсы R_x и R_y полагаются бесконечно делимыми, что позволит учесть действия своих, приданных и поддерживающих единиц, когда их усилия попеременно направлены на различные пункты и задачи.

Наступающая сторона состоит из войск первого эшелона, имеющего задачу прорыва обороны хотя бы на одном из обороняемых пунктов, и войск второго эшелона, которые вводятся в прорыв с задачей разгрома второго эшелона (резервов) обороны и выхода на назначенный рубеж в глубине обороны. Вектор средств наступления:

$$(3) \quad x = (x_1, \dots, x_n, u) \in X = \left\{ x \mid \sum_{i=1}^n x_i + u = R_x \right\},$$

где: $x_i \geq 0$ – количество средств первого эшелона, имеющих задачу прорыва пункта i ; $u \geq 0$ – количество средств второго эшелона.

Обороняющаяся сторона состоит из войск первого эшелона и резерва (или второго эшелона). Задача первого эшелона заключается в недопущении прорыва пунктов обороны, задача резерва (второго эшелона) – в нанесении контрудара в случае прорыва обороны или удержании второй линии обороны. Вектор средств обороны:

$$(4) \quad y = (y_1, \dots, y_n, w) \in Y = \left\{ y \mid \sum_{i=1}^n y_i + w = R_y \right\},$$

где: $y_i \geq 0$ – количество средств первого эшелона, имеющих задачу обороны пункта i ; $w \geq 0$ – количество средств резерва, предназначенных для нанесения контрудара в случае прорыва пункта i .

Параметр β_i боевого превосходства наступающих на i -м пункте позволяет учесть физико-географические условия, степень инженерного оборудования районов и различия в боевом составе.

Используя метод уравнивания Ю.Б. Гермейера, доказано, что оптимальная стратегия первого эшелона обороны заключается в распределении своих сил по пунктам в соответствии с выражением [6]:

$$(5) \quad y_i^* = \frac{\beta_i}{B} r_y, \quad r_y = R_y - w, \quad B = \sum_{j=1}^n \beta_j, \quad i = 1, \dots, n,$$

где: r_y есть численность войск первого эшелона обороняющихся; B – агрегированный параметр боевого превосходства первого эшелона наступающих.

Стратегия наступающих заключается в нанесении всеми силами первого эшелона удара по слабейшему пункту обороны. При этом цена игры (вероятность прорыва обороны) равна

$$(6) \quad v = \frac{r_x B}{r_x B + r_y}, \quad r_x = R_x - u.$$

Если пункты обороны однородны ($\beta = \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_n$), то цена игры равна

$$(7) \quad v = \frac{n\beta r_x}{n\beta r_x + r_y}.$$

Вынужденность обороны непосредственно следует из последнего выражения – с ростом количества пунктов обороны возможности наступающих существенно возрастают.

Определим целевую функцию наступающих в виде:

$$(8) \quad F(u, w) = \frac{B(R_x - u)}{B(R_x - u) + R_y - w} \times \frac{\delta u}{\delta u + w},$$

$$(9) \quad 0 < u_1 \leq u \leq u_2 < R_x, \quad 0 < w_1 \leq w \leq w_2 < R_y,$$

где: δ – параметр боевого превосходства второго эшелона наступающих над резервом обороны; $u_1 > 0$, $u_2 > 0$, $w_1 > 0$, $w_2 > 0$ – малые величины.

Содержательно целевая функция $F(u, w)$ наступающих заключается в максимизации вероятности прорыва первого эшелона и отражении контратаки второго эшелона (резерва) обороняющихся. Целевая функция обороняющихся соответственно равна $1 - F(u, w)$, т.е. мы имеем антагонистическую игру. Ограничения (9) характеризуют невырожденность двухэшелонного (одноэшелонного плюс резерв) построения боевых порядков наступающих и обороняющихся.

Доказано, что оптимальные решения сторон (количество боевых единиц, выделяемых ими во второй эшелон и резерв) равны:

$$(10) \quad u^* = R_x D, \quad w^* = R_y D, \quad D = 1 - \frac{R_y + \delta R_x}{2R_y + (B + \delta)R_x}.$$

Содержательно значение параметра D есть доля войск, выделенных во второй эшелон (резерв). Эта доля растёт с увеличением параметра B и уменьшается с увеличением параметра δ .

Агрегированный параметр боевого превосходства B увеличивается, если, например, оборона неподготовлена (слабо подготовлена) или обороняющиеся вынуждены удерживать первым эшелоном достаточно большое количество пунктов. В этом случае обороняющимся выгоднее значительную часть войск иметь в резерве для нанесения контратак по прорвавшемуся противнику с целью срыва его планов. Разумеется, наступающие на такое поведение обороняющихся ответят увеличением доли войск своего второго эшелона.

Вместе с тем доля D войск во втором эшелоне (резерве) мало меняется при изменении численностей боевых единиц сторон. Следовательно, при планировании боя (сражения, операции) и распределении своих войск между эшелонами важно знать не точное количество войск противника, а свои и его возможности, а также степень подготовленности обороны, которая зависит от времени с момента занятия войсками позиций до начала наступления. Полученные результаты не противоречат опыту ведения

боевых действий. В частности, до начала операции «Кольцо» К.К. Рокоссовский оценил численность окруженной армии Паулюса в 86 тыс. чел, т.е. занижил более, чем в два раза. Тем не менее, операция прошла успешно, было пленено свыше 91 тыс. солдат и офицеров вермахта.

3.2. МАСШТАБИРОВАНИЕ МОДЕЛИ «НАСТУПЛЕНИЕ-ОБОРОНА»

Выше целевая функция наступающих была определена как произведение вероятности прорыва первого эшелона обороняющихся и вероятности отражения контратаки резерва обороны. Вместе с тем, целями боя могут быть разгром противника или захват важного района к определенному сроку (до подхода свежих резервов противника). Для масштабирования модели по целям достаточно найти зависимость между соотношением сил сторон (определяющей вероятность победы), темпом наступления и потерями сторон.

Известна статистическая зависимость темпов осуществления маневра советских войск в наступательном бою в годы Великой Отечественной войны от соотношения в силах и средствах степени подготовленности обороны противника [7]. Примем следующие допущения: 1) при вероятности победы $p_x \leq 0,5$ темп наступления равен нулю; 2) с увеличением вероятности победы темп наступления приближается к скорости группы в походном порядке с учетом характера местности и препятствий на ней. Наиболее простым выражением для расчета темпа наступления является формула:

$$(11) \quad W = 2^k W_0 \left(\frac{q}{q+1} - 0,5 \right)^k = W_0 \left(\frac{q-1}{q+1} \right)^k, \quad q \geq 1,$$

где: W_0 – скорость перемещения наступающих в развернутом порядке (зависит от характера местности и степени подготовки обороны); q – соотношение сил сторон; k – параметр формы, учитывающий возможности эффективного применения наступающими оружия в движении. Исторические данные из [7] достаточно хорошо аппроксимируются моделью (11) при значениях $k = 3$.

В таблице 1 представлена зависимость суточных потерь наступающей стороны от начального соотношения сил [7].

Таблица 1. Зависимость суточных потерь наступающей стороны от начального соотношения сил

Начальное соотношение сил	5:1	3:1	1:1
Суточные потери, %	3,5	7	10

Представленные в таблице данные достаточно хорошо аппроксимируются следующим выражением:

$$(12) L_x = a_x q^{-c}, \quad a_x = 10, c = 0,5,$$

где: L_x – среднесуточные потери наступающих в ходе операции; a_x – коэффициент потерь наступающих; c – параметр формы функции потерь.

Соответственно, потери L_y обороняющихся можно описать следующим выражением:

$$(13) L_y = a_y q^{-c},$$

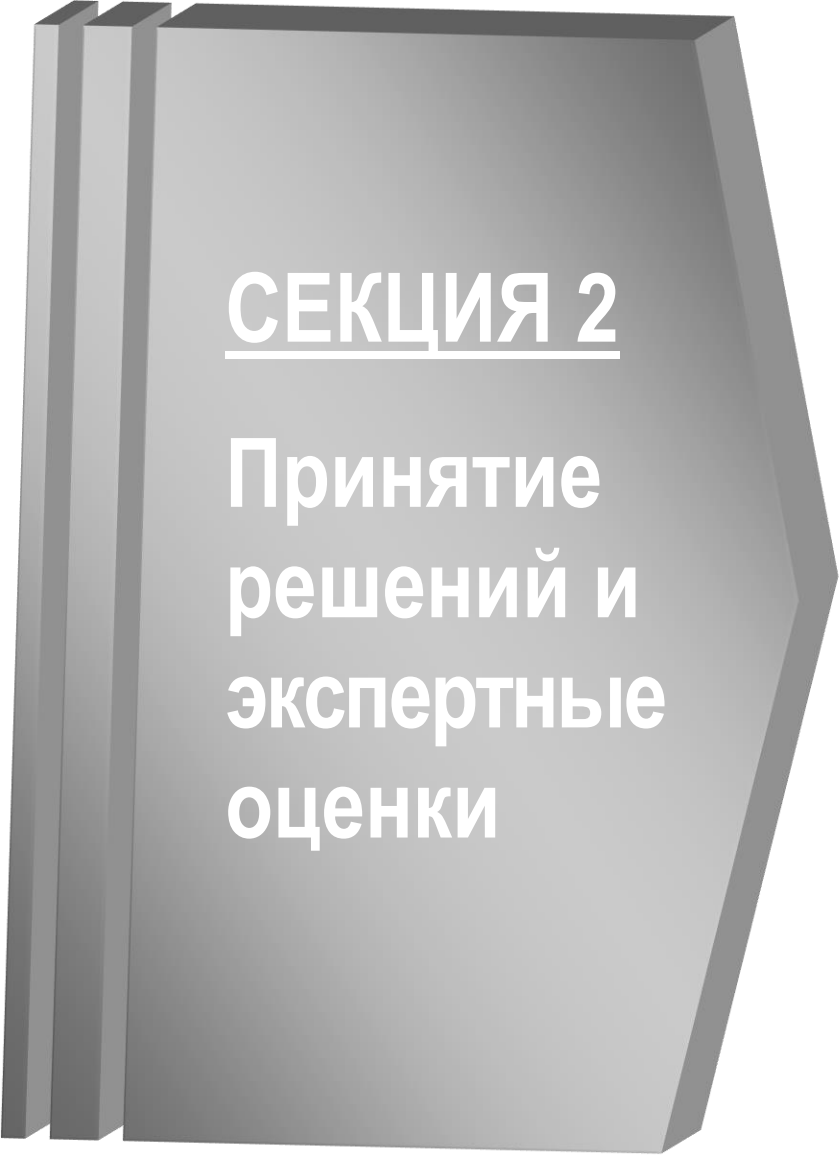
где a_y есть коэффициент потерь обороняющихся.

Имея выражения для расчета темпа наступления и ожидаемых потерь, можно назначать различные критерии боевых действий, отражающих цели сторон и особенности обстановки.

Литература

1. ГОЛОВИН Н. Н. *Исследование боя. Исследование деятельности и свойств человека как бойца*. Книга 2. Статьи и письма. М.: ВАГШ, 1995. – 303 с.
2. ОСИПОВ М. П. *Влияние численности сражающихся сторон на их потери* // Военный сборник. 1915. № 6. С. 59–74; № 7. С. 25–36; № 8. С. 31–40; № 9. С. 25–37.
3. Речь Г. К. Жукова на военно-научной конференции, декабрь 1945 г. // Военная мысль. 1985. Специальный выпуск (февраль). С. 3, 17–33.

4. ШУМОВ В.В. *Учет психологических факторов в моделях боя (конфликта)* // Компьютерные исследования и моделирование. 2016. Т. 8. № 6. С. 951-964.
5. ШУМОВ В.В. *Иерархия моделей боевых действий и пограничных конфликтов* // Управление большими системами. 2019. Вып. 79. С. 86–111.
6. ШУМОВ В.В. *Теоретико-игровая модель обороны стационарных объектов* // Системы управления и информационные технологии. 2019. № 2 (76). С. 18–21.
7. ЦЫГИЧКО В. И., СТОЙЛИ Ф. *Метод боевых потенциалов: история и настоящее* // Военная мысль. 1997. № 4. С. 23–28.
8. BONDER S. *Army operations research – historical perspectives and lessons learned* // Operation Research. 2002. Vol. 50. No 1. P. 25–34.



СЕКЦИЯ 2

Принятие
решений и
экспертные
оценки

ФОРМИРОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО СОСТАВА ТЕНДЕРНЫХ НАЗНАЧЕНИЙ НА ОСНОВЕ ТЕОРИИ ТРУДНОСТИ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ

Азарнова Т.В., Бондаренко Ю.В., Чапская О.В.
(Воронежский государственный университет, Воронеж)
ivdas92@mail.ru, bond.julia@mail.ru, olgachapskaya@mail.ru

В статье описывается алгоритм назначения исполнителей при проведении тендерных торгов в строительной сфере, базирующийся на теории трудностей достижения целей. Теория трудностей достижения целей позволяет строить интегральные показатели качества назначения конкретного исполнителя на конкретный проект при многокритериальном оценивании. Интегральные показатели качества назначений используются в качестве коэффициентов матрицы назначений, для формирования списка исполнителей применяется венгерский метод решения однокритериальной задачи о назначениях.

Ключевые слова: тендер, интегральные показатели качества назначений, теория трудности достижения целей.

1. Введение

В современной экономике тендерные торги играют особую роль. Государственные структуры практически все свои закупки и организацию подрядных работ осуществляют через тендерные торги. Тендерные торги позволяют оценить претендентов на предварительной стадии и отобрать тех, которые наиболее эффективно справятся с заказом. При проведении тендерных торгов встречаются трудности, связанные с выбором критериев качества назначения, оценкой по этим критериям предложений oferентов и принятием решений по результатам торгов. Задача оценивания

претендентов, как правило, носит многокритериальный характер. В строительной сфере все участники тендера должны удовлетворять общим требованиям, установленным законодательством: отсутствие задолженности перед налоговыми органами, отсутствие у руководителя компании судимости за совершение экономических преступлений, отсутствие конфликта интересов между заказчиком и исполнителем тендера [1]. Для снижения рисков некачественного выполнения работ дополнительно необходимо учесть целый ряд качественных и количественных показателей. Это значительно усложняет выбор наилучших претендентов, так как ставит перед тендерным комитетом неструктурированную многокритериальную задачу. В качестве примера дополнительных критериев отбора в строительной сфере можно привести следующие критерии: риск, связанный с реализацией проекта; надежность финансового положения компании; участие в финансировании объекта; качество выполненных работ; опыт строительных работ; стоимость выполнения работ; стоимость объекта; сложность объекта; техническое обеспечение; сроки выполнения работ; качество делопроизводства; качество технического задания.

Предложенный в данной работе алгоритм позволяет уйти от многокритериальности отбора путем введения интегрального показателя качества назначения исполнителей, учитывающего не только требования заказчиков к исполнителям, но и требования или предпочтения исполнителей при выборе объекта. Построение интегрального показателя осуществляется на основе теории достижения целей, предложенной в работе И.Б. Руссмана [3]. Интегральный показатель отражает трудность достижения целей проекта при условии несоответствия требований заказчика и возможностей исполнителя и, наоборот требований исполнителя и возможностей заказчика.

2. Алгоритм формирования оптимального состава тендерных назначений

Рассмотрим формализованную постановку задачи. Имеются два исходных множества: множество подрядчиков и объектов.

Требуется провести назначение подрядчиков на объекты. Оценка качества назначения осуществляется по N критериям. Часть критериев отражает требования подрядчиков и возможности объектов, другая часть — требования объектов и возможности подрядчиков. Идеальным назначением называется пара, для которой взаимные требования полностью удовлетворены по всем критериям, при этом говорят, что все критериальные соответствия идеальны [2]. Структурная схема алгоритма формирования оптимального состава тендерных назначений представлена на рис.1.

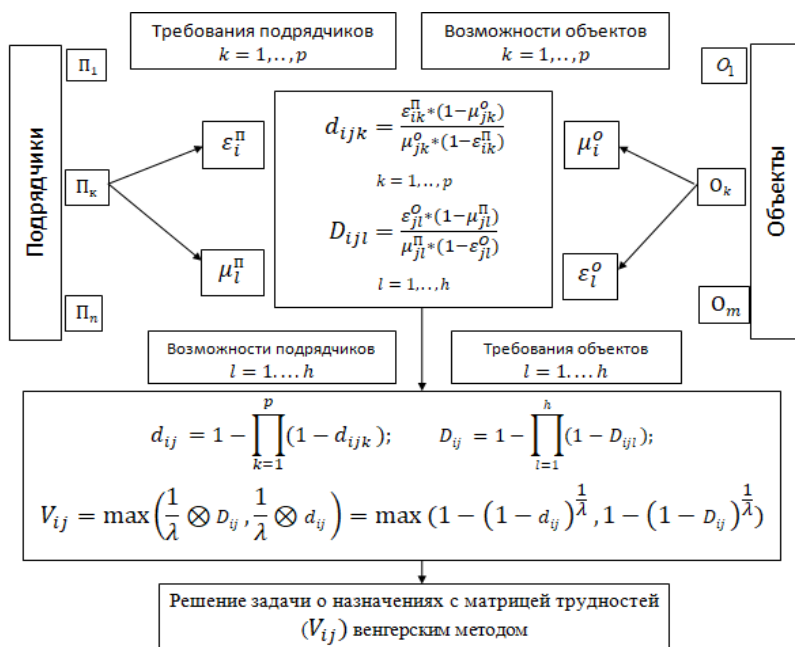


Рис.1. Структурная схема алгоритма

Рассмотрим основные шаги алгоритма:

Шаг 1. Ввод исходных данных

1. количество подрядчиков n , ($i = 1, \dots, n$), наименования подрядчиков;

2. количество объектов m ($j = 1, \dots, m$), наименования объектов;
3. требования подрядчиков в виде значений по p ($k = 1, \dots, p$) критериям: $\varepsilon_i^\Pi = (\varepsilon_{i1}^\Pi, \dots, \varepsilon_{ip}^\Pi)$;
4. возможности подрядчиков в виде значений по h ($l = 1, \dots, h$) критериям (требованиям объекта): $\mu_i^\Pi = (\mu_{i1}^\Pi, \dots, \mu_{ih}^\Pi)$;
5. требования объектов в виде значений по h ($l = 1, \dots, h$) критериям: $\varepsilon_j^o = (\varepsilon_{j1}^o, \dots, \varepsilon_{jh}^o)$;
6. возможности объектов в виде значений по p ($k = 1, \dots, p$) критериям (требованиям подрядчиков): $\mu_j^o = (\mu_{j1}^o, \dots, \mu_{jp}^o)$

По каждой паре объект-подрядчик осуществляется проверка выполнения условия:

$$\varepsilon = (\varepsilon_1, \dots, \varepsilon_p) \leq \mu = (\mu_1, \dots, \mu_p).$$

Шаг 2. Нормализация введенных исходных данных по формуле

$$x = \frac{x - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}}.$$

Шаг 3. По каждой комбинации: требования i -го подрядчика - возможности j -го объекта вычисляются частные трудности:

$$d_{ijk} = \frac{\varepsilon_{ik}^\Pi (1 - \mu_{jk}^o)}{\mu_{jk}^o (1 - \varepsilon_{ik}^\Pi)}, (k = 1, \dots, p).$$

По каждой комбинации: требования j -го объекта - возможности i -го подрядчика вычисляются частные трудности:

$$D_{ijl} = \frac{\varepsilon_{jl}^o (1 - \mu_{jk}^\Pi)}{\mu_{jl}^\Pi (1 - \varepsilon_{jk}^o)}, (l = 1, \dots, h).$$

Шаг 4. По каждой комбинации: требования i -го подрядчика -возможности j -го объекта вычисляются трудности:

$$d_{ij} = 1 - \prod_{k=1}^p (1 - d_{ijk}).$$

По каждой комбинации: требования j -го объекта - возможности i -го подрядчика вычисляются трудности:

$$D_{ij} = 1 - \prod_{l=1}^h (1 - D_{ijl}).$$

Шаг 5. Трудности D_{ij} и d_{ij} сворачиваются по формуле производственной функции с нулевой эластичностью

$$V_{ij} = \max \left(\frac{1}{\lambda} \otimes D_{ij}, \frac{1}{\lambda} \otimes d_{ij} \right) = \max \left(1 - (1 - d_{ij})^{\frac{1}{\lambda}}, 1 - (1 - D_{ij})^{\frac{1}{\lambda}} \right)$$

Шаг 6. Формируется матрица трудностей достижения целей для решения задачи о назначениях $V = (V_{ij})$.

Шаг 7. Решение задачи о назначениях с матрицей трудностей венгерским методом.

Основу теории трудностей достижения целей составляет логический принцип: достижение высококачественного результата тем труднее, чем ниже уровень заявленных возможностей и чем выше уровень требований к качеству результата [3].

Пусть μ_k – оценка качества k -й составляющей процесса, которая задаётся в пределах $0 < \mu_k \leq 1$, а ε_k – требование к качеству k -й составляющей, которое удовлетворяет условиям $0 \leq \varepsilon_k < 1$, $\varepsilon_k \leq \mu_k$. В качестве трудности достижения цели должна выступать функция $d_k = d_k(\mu_k, \varepsilon_k) = d(\mu, \varepsilon)$, которая обладает набором следующих свойств [3]:

А) $d(\mu, \varepsilon) = 1$, когда $\mu = \varepsilon$ (при минимальном уровне качества трудность достижения цели максимальна).

Б) $d(\mu, \varepsilon) = 0$, при $\mu = 1, \mu > \varepsilon$, (при достижении максимально возможного значения качества, независимого от требований (в случае, когда $\varepsilon < 1$) трудность минимальна).

В) $d(\mu, \varepsilon) = 0$, при $\mu > 0, \varepsilon = 0$.

В качестве функции, удовлетворяющей всем перечисленным свойствам, можно рассматривать функцию:

$$d = \frac{\varepsilon(1-\mu)}{\mu(1-\varepsilon)}$$

Степень качества по совокупности критериев можно рассматривать как интегральную функцию по отдельным (частным) критериям:

$$d = 1 - \prod_{k=1}^p (1 - d_k).$$

В свою очередь, если оценивается трудность достижения целей с позиции нескольких аспектов (сторон), то для получения многоаспектной интегральной оценки трудности можно использовать качественные функции. В работе используется функция вида:

$$D = \max_{1 \leq k \leq n} \left(\frac{1}{\lambda_1} \otimes d_1, \dots, \frac{1}{\lambda_n} \otimes d_n \right) = \max_{1 \leq k \leq n} \left(1 - (1 - d_1)^{\frac{1}{\lambda_1}}, \dots, 1 - (1 - d_n)^{\frac{1}{\lambda_n}} \right)$$

3. Программная реализация алгоритма формирования оптимального состава тендерных назначений

Для расчетов по описанному в предыдущем разделе алгоритму было разработано программное обеспечение и проведены тестовые расчеты на ретроспективных данных тендерных торгов, проводимых в области капитального строительства крупной региональной компаний.

На рисунке 2 приведен фрагмент ввода требований объектов и подрядчиков. Для каждого требования указывается порядковая шкала измерения.

Оптимальные назначения

Информация о критериях

Наименование:

Требования подрядчика

Риск выполнения объекта:

Участие в финансировании:

Стоимость объекта:

Сложность объекта:

Срочность объекта:

Качество текздания:

Возможности подрядчика

Надежность фин.положения компании:

Качество выполненных работ:

Опыт строительных работ:

Стоимость выполнения работ:

Техническое обеспечение:

Качество делопроизводства:

Справка

Критерии подрядчиков:

- 1.Участие в финансировании
 - 1 балл = низкое
 - 2 балла = среднее
 - 3 балла = высокое
- 2.Сложность объекта
 - 1 балл = сложный
 - 2 балла = средний
 - 3 балла = простой
- 3.Качество текздания
 - 1 балл = низкое
 - 2 балла = среднее
 - 3 балла = высокое
- 4.Риск выполнения объекта
 - 1 балл = высокий
 - 2 балла = средний
 - 3 балла = низкий
- 5.Срочность объекта
 - 1 балл = высокая
 - 2 балла = средняя
 - 3 балла = низкая
- 6.Стоимость объекта
 - 1 балл = высокая
 - 2 балла = средняя
 - 3 балла = низкая

Критерии объектов:

- 1.Надежность финансового положения компании
 - 1 балл = низкая
 - 2 балла = ниже среднего
 - 3 балла = средняя
 - 4 балла = высокая
- 2.Качество выполненных работ
 - 1 балл = низкое
 - 2 балла = среднее
 - 3 балла = высокое
- 3.Опыт строительных работ
 - 1 балл = 1-2 года
 - 2 балла = 2-5 лет
 - 3 балла = 5-8 лет
 - 4 балла = > 8 лет
- 4.Стоимость выполнения работ
 - 1 балл = высокая
 - 2 баллов = средняя
 - 3 балла = низкая
- 5.Техническое обеспечение
 - 1 балл = плохо оснащены
 - 2 балла = среднее
 - 3 балла = полностью оснащены
- 6.Качество делопроизводства
 - 1 балл = низкое
 - 2 балла = среднее
 - 3 балла = высокое

Рис. 2. Фрагмент ввода наименований критериев и соответствующих им шкал

На рисунке 3 приведен фрагмент ввода требований подрядчиков по основным критериям. На рисунке 4 приведены результаты вычислений: матрица трудностей достижения целей для

каждой пары объект-подрядчик и результирующие назначения исполнителей.

4. Заключение

Предложенный в рамках исследования алгоритм может служить эффективным средством поддержки принятия решений при проведении тендерных торгов. Применение данного алгоритма позволит осуществить более детальный анализ качества назначений и сформировать оптимальную с позиции выбранного подхода совокупность назначений.

Литература

1. *О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд*: Федеральный закон от 05.04.2013 N 44-ФЗ – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_144624
2. ЛАРИЧЕВ О.И. *Теория и методы принятия решений*. М.: Логос, 2003. – 392 с.
3. РУССМАН И. Б. *О проблеме оценки качества* // Экономика и математические методы, №4, 1978. - С. 691-699.

МОДЕЛИ, МЕТОДЫ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ КОМПЛЕКСНОГО ОЦЕНИВАНИЯ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ¹

Алексеев А.О.

*(Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь)
alekseev@cems.pstu.ru*

Обсуждается задача комплексного оценивания сложных объектов в условиях неопределенности. Приводятся семь моделей оценивания состояния отдельных свойств сложного объекта, предназначенных для различных условий неопределенности. Описываются три матричных метода нечеткого комплексного оценивания с максиминным и аддитивно-мультипликативным подходами к теоретико-множественным операциям, а также два эквивалентных им непрерывных матричных механизма комплексного оценивания. Демонстрируется созданное специально для комплексного оценивания программное обеспечение.

Ключевые слова: механизмы управления, сложные объекты, комплексное оценивание, агрегирование, неопределенность.

1. Введение

Для эффективного управления необходимо учитывать все аспекты и характеристики (свойства) объекта управления (управляемой системы). Объект, группу объектов или систему, описываемую вектором свойств, будем называть сложным объектом. Для сравнения состояний одного или нескольких таких объектов целесообразно их комплексное оценивание – приведение к единой

¹ Работа подготовлена при поддержке РФФИ (грант 17-07-01550)

интегральной, или как её ещё называют комплексной оценке, используя которую возможно ранжирование состояний или объектов, определение степени преимущества или недостатка одного состояния или объекта над другими. В отношении комплексной оценки может быть сформулирована целевая функция и критерий эффективности управления.

Существует несколько групп ученых [1, 5, 9-12, 16, 17 и др.], разработавших специальные методы и алгоритмы комплексного оценивания, применимые в различных условиях. Сложные объекты могут обладать набором разнородных свойств как числовой, так и нечисловой природы, а также обладать разной формой и степенью неопределенности о состоянии частных параметров, а также различными источниками их возникновения.

2. Задача комплексного оценивания сложных объектов в условиях неопределенности

Система комплексного оценивания – это совокупность набора критериев, наборов термов, функций приведения, графа и набора матриц свертки, подходящих для комплексного оценивания сложных объектов конкретной предметной области.

Задача комплексного оценивания сложных объектов заключается в установлении отображения между пространством сложных объектов и ограниченным множеством действительных значений с помощью механизма комплексного оценивания (МКО / RCM):

$$(1) \quad \text{RCM}: O \rightarrow V \subset R^1,$$

где O – пространство состояний сложного объекта; V – действительно-значная шкала комплексной оценки.

Матричный механизм комплексного оценивания (ММКО) это механизм комплексного оценивания (1), который задается кортежем:

$$(2) \quad \langle P, G, M, Q \rangle,$$

где P – процедура комплексного оценивания;

G – граф, определяющий последовательность агрегирования (свертки) частных факторов в комплексную оценку, узлам дерева G соответствуют матрицы свертки;

M – множество матриц свертки, матрица свертки является подмножеством декартового произведения шкал качественного оценивания сворачиваемых факторов и шкалы обобщенной, агрегированной оценки, матрица задается множеством элементов $m = \{m_{rc}\}$, $r = \{1, \dots, \bar{r}\}$, $c = \{1, \dots, \bar{c}\}$;

Q – критериальное (квалиметрическое) пространство, образованное множеством шкал качественного оценивания частных критериев K , промежуточных сверток и шкалой комплексной оценки V ;

K – множество частных свойств (параметров, факторов, критериев), по которым оценивается сложный объект, данное множество образовано двумя подмножествами $K = K_q \cup K_n$, K_q – подмножество качественно-описываемых свойств объекта, K_n – подмножество количественно-измеримых свойств объекта; элементы множества $K_q \subseteq K$, $q = \overline{1, \bar{q}}$ оцениваются с помощью термов t_q из множеств T_q : $t_q \in T_q$, $T = \prod_q T_q$, $\bar{q}$ – число качественно-описываемых свойств объекта; элементы множества $K_n \subseteq K$, $n = \overline{1, \bar{n}}$ оцениваются с помощью действительно-значных шкал $x_n \in \Phi_n \subseteq R^1$, $\Phi = \prod_n \Phi_n$, $\bar{n}$ – число количественно-измеримых свойств объекта.

Тогда состояние сложного объекта o задается в пространстве O :

$$O = \left(\prod_{q=\overline{1, \bar{q}}} K_q \times T \right) \times \left(\prod_{n=\overline{1, \bar{n}}} K_n \times \Phi \right)$$

и определяется вектором $o \in O$: $o = \{t_q, x_n\}$, $q = \overline{1, \bar{q}}, n = \overline{1, \bar{n}}$.

При наличии неопределенности о состоянии отдельных количественно-измеримых факторов элементы вектора, описывающего состояние объекта, представляют собой при интервальной неопределенности пару оценок $\{\underline{x}_i, \bar{x}_i\}$, $x_i \in \Phi_i$, $\Phi_i \subseteq \Phi$, $i \in \{1, \dots, \bar{i}\}$, $\bar{i}$ – число количественно-измеримых факторов, описываемых интервально, а при стохастической неопределенности – распределение вероятностей $P(x_p)$, $x_p \in \Phi_p$, $\Phi_p \subseteq \Phi$, $p \in \{1, \dots, \bar{p}\}$, $\bar{p}$ – число количественно-измеримых факторов, носящих случайный характер. Стоит отметить, что качественно-описываемые свойства объекта подвержены неопределенности, источником которой является субъективность суждений экспертов, привлекаемых для их оценивания.

Поэтому в общем случае состояние сложного объекта описывается вектором:

$$o = \{t_q, t_n, \{\underline{x}_i, \bar{x}_i\}, P(x_p)\}, q = \overline{1, \bar{q}}, n = \overline{1, \bar{n} - \bar{i} - \bar{p}}, i \in \{1, \dots, \bar{i}\},$$

где $p \in \{1, \dots, \bar{p}\}$. При этом задача комплексного оценивания (1) сохраняется, однако в случае интервальной неопределенности комплексная оценка представляет собой интервал $\{\underline{v}, \bar{v}\}$, $\underline{v}, \bar{v} \in V$. В случае стохастической неопределенности комплексная оценка представляет собой распределение вероятностей $P(v)$ на множестве V .

3. Модели свойств сложных объектов в условиях неопределенности

Качественно-описываемые свойства объекта подвержены неопределенности, источником которой является субъективность суждений экспертов, привлекаемых для их оценивания.

Субъективные оценки могут высказываться с разной степенью модальности. Под разной степенью модальности

подразумевается, что лица, привлеченные к оцениванию свойств, в зависимости от их квалификации могут высказать различные суждения.

СВ1 – свойства сложного объекта описываются с помощью Ф-нечетких переменных:

$$\tilde{\tilde{o}} = \left\{ \tilde{\tilde{t}}_q, \tilde{\tilde{x}}_n \right\}, \tilde{\tilde{x}}_n = \left\{ x_n / \left\{ \underline{\mu}_{x_n}, \overline{\mu}_{x_n} \right\} \right\}, \tilde{\tilde{t}}_q = \left\{ t_q / \left\{ \underline{\mu}_{t_q}, \overline{\mu}_{t_q} \right\} \right\}.$$

где $q = \overline{1}, \overline{q}$, $\overline{q}$ – число качественно-описываемых свойств объекта; $n = \overline{1}, \overline{n}$, $\overline{n}$ – число количественно-измеримых свойств объекта

СВ2 – свойства сложного объекта описываются с помощью нечетких переменных:

$$\tilde{o} = \left\{ \tilde{t}_q, \tilde{x}_n \right\}, \tilde{x}_n = \left\{ x_n / \mu_{x_n} \right\}, \tilde{t}_q = \left\{ t_q / \mu_{t_q} \right\}.$$

СВ3 – свойства сложного объекта описываются с помощью нечетких переменных, имеющих ограничение на вход – равенство единице суммы значений функции принадлежности а также с использованием ближайших по смыслу категорий (термов):

$$\tilde{o} = \left\{ \tilde{t}_q, \tilde{x}_n \right\}, \tilde{x}_n = \left\{ x_n / \mu_{x_n} \right\}, \tilde{t}_q = \left\{ t_q / \mu_{t_q} \right\}, \sum \mu_{x_n} = 1, \sum \mu_{t_q} = 1.$$

СВ4 – свойства сложного объекта оцениваются группой экспертов с помощью процедур активной экспертизы, в том числе нечеткой и интервальной. В этом случае степень неопределенность результата активной экспертизы будет определяться по участнику, обладающим наихудшей неопределенностью.

Применительно к количественно-измеримым свойствам объекта источником неопределенности могут служить средства объективного контроля, то есть оценки частных свойств объекта могут быть как точными значениями на множестве действительных чисел, так и интервальными оценками, в том числе о состоянии отдельных свойств может иметься распределение вероятностей о возможном состоянии объекта.

ОВ1 – свойства сложного объекта описываются с помощью с помощью интервальных оценок:

$$o = \left\{ \left\{ \underline{x}_i, \bar{x}_i \right\} \right\}, \quad i \in \{1, \dots, \bar{i}\},$$

$\bar{i}$ – число количественно-измеримых факторов, описываемых интервально,

ОВ2 – свойства сложного объекта описываются с помощью распределения вероятностей:

$$o = \left\{ P(x_p) \right\}, \quad p \in \{1, \dots, \bar{p}\},$$

$\bar{p}$ – число количественно-измеримых факторов, носящих случайный характер,

ОВ3 – свойства сложного объекта описываются с помощью точных или приближенных оценок:

$$o = \{x_n\}.$$

В общем случае состояние сложного объекта описывается вектором $o = \{t_q, x_n, \{\underline{x}_i, \bar{x}_i\}, P(x_p)\}$, $q = \overline{1, \bar{q}}$, $n = \overline{1, \bar{n} - \bar{i} - \bar{p}}$, $i \in \{1, \dots, \bar{i}\}$, $p \in \{1, \dots, \bar{p}\}$.

Стоит отметить, что и количественные показатели также могут быть оценены экспертами, например, в случаях когда средства объективного контроля недоступны, то есть способы ввода класса СВ применимы не только к качественным показателям, но и количественным. При этом объективно оценить качественные свойства не представляется возможным (табл. 1).

Таблица 1. Отношение свойств сложных объектов и способов их оценки

Свойства сложного объекта:		Способ оценки частных свойств	
		Объективно	Субъективно
Количественные	x_n	ОВ1, ОВ2, ОВ3	СВ1, СВ2, СВ3, СВ4
Качественные	t_q	–	СВ1, СВ2, СВ3, СВ4

Учитывая сказанное выше, приведем классификацию возможных состояний частных свойств в условиях неопределенности (табл. 2) [3].

Таблица 2. Модели свойств сложных объектов

Модель свойства сложного объекта	Состояние сложного объекта описывается вектором	Функции приведения: $o \rightarrow Q_o$
Ф-нечеткие / мягкие множества	$\tilde{o} = \{\tilde{t}_q, \tilde{x}_n\},$ $\tilde{x}_n = \left\{ x_n / \left\{ \underline{\mu}_{x_n}, \overline{\mu}_{x_n} \right\} \right\},$ $\tilde{t}_q = \left\{ t_q / \left\{ \underline{\mu}_{t_q}, \overline{\mu}_{t_q} \right\} \right\}$	$X_n = f_n(x_n)$ $X_q = f_q(t_q)$
Нечеткие множества	$\tilde{o} = \{\tilde{t}_q, \tilde{x}_n\}$ $\tilde{x}_n = \{x_n / \mu_{x_n}\}$ $\tilde{t}_q = \{t_q / \mu_{t_q}\}$	
Нечеткие множества с ограничением на функции принадлежности	$\tilde{o} = \{\tilde{t}_q, \tilde{x}_n\},$ $\tilde{x}_n = \{x_n / \mu_{x_n}\},$ $\tilde{t}_q = \{t_q / \mu_{t_q}\},$ $\sum \mu_{x_n} = 1, \sum \mu_{t_q} = 1$	
Процедуры активной экспертизы	$o = \{\{t_q\}, \{x_n\}\},$ $t_q = \pi(\{t_q\}),$ $x_n = \pi(\{x_n\})$	
Интервальные оценки	$o = \{\{\underline{x}_i, \overline{x}_i\}\}$	$X_n = f(x_n)$

Распределение вероятностей	$o = \{P(x_p)\}$	
Точные или приближенные оценки	$o = \{x_n\}$	

4. Методы комплексного оценивания

Известны матричные механизмы нечеткого комплексного оценивания (Нечеткие ММКО) с максиминным подходом и с аддитивно-мультипликативным подходами к теоретико-множественным операциям, а также два эквивалентных им непрерывных матричных механизма комплексного оценивания (Непрерывные ММКО).

В случае применения Нечетких ММКО элементам матрицы m_{rc} соответствует несколько значений функции принадлежности. Для определения единственного значения функции принадлежности необходимо использовать теоретико-множественную операцию пересечения (3) или (4):

$$(3) \quad \tilde{A} \cap \tilde{B} = \{X_i / \mu_A\} \cap \{X_i / \mu_B\} = \{X_i / \min(\mu_A; \mu_B)\},$$

$$(4) \quad \tilde{A} \cap \tilde{B} = \{X_i / \mu_A\} \cap \{X_i / \mu_B\} = \{X_i / \mu_A \cdot \mu_B\},$$

где X_i – элемент носителя нечеткого множества, μ_A и μ_B значения функций принадлежности элемента X_i нечетким множествам $\tilde{A}$ и $\tilde{B}$.

Для элементов матрицы сверки, которые имеют одно и тоже значение необходимо использовать теоретико-множественную операции объединения (5) или (6), в соответствии с процедурой нечеткого комплексного оценивания.

$$(5) \quad \tilde{A} \cup \tilde{B} = \{X_i / \mu_A\} \cup \{X_i / \mu_B\} = \{X_i / \max(\mu_A; \mu_B)\},$$

$$(6) \quad \tilde{A} \cup \tilde{B} = \{X_i / \mu_A\} \cup \{X_i / \mu_B\} = \{X_i / \mu_A + \mu_B\}.$$

Подход, использующий операции (3) и (5), называется максиминным – P_{MM} . Подход, использующий операции (4) и (6), называется аддитивно-мультипликативным – P_{AM} . Исторически

процедура нечеткого комплексного оценивания была предложена Андрониковой Н.Г., Леонтьевым С.В. и Новиковым Д.А. в 2002 году [9]. Позже эти исследования получили развитие в работах Харитоновой В.А. и Белых А.А., начиная с 2005 года [16, 17]. В этих работах применялся максиминный подход.

Исследование различных подходов к теоретико-множественным операциям над нечеткими множествами в процедуре нечеткого комплексного оценивания, в том числе альтернативных (3)-(6) представлено в работах [1, 2] и др.

Результат матрицы свертки примет форму нечеткого числа $\tilde{v} \in \tilde{V}$:

$$(7) \quad \tilde{v}(\tilde{X}_r, \tilde{X}_c) = \{ \underline{m}_{rc} / \underline{\mu}_{m_{rc}}, \dots, \overline{m}_{rc} / \overline{\mu}_{m_{rc}} \},$$

где $\{ \underline{m}_{rc}, \dots, \overline{m}_{rc} \}$ – градации шкалы $v \in R^1$, описывающей свертку факторов $\tilde{X}_r$ и $\tilde{X}_c$, элементы m_{rc} принимают значения из этого множества, $\mu_{m_{rc}}$ определяются по выбранной процедуре P_{MM} или P_{AM} .

Для того чтобы представить результат агрегирования в форме числа, принадлежащего множеству действительных значений $v \in R^1$, в работах [9, 14, 16] предлагается использовать уравнение центра масс (8), которое с учетом принятых в данной работе обозначений примет вид:

$$(8) \quad v = \left(\sum_{m_{rc}} \mu_{m_{rc}} \cdot m_{rc} \right) / \left(\sum_{m_{rc}} \mu_{m_{rc}} \right).$$

Рассмотрим, так называемые [17] стандартные функции свертки, являющиеся подмножествами матрицы, образованные элементами $(m_{rc}; m_{r+1c}; m_{rc+1}; m_{r+1c+1})$, (табл. 3). Эти функции имеют простую интерпретацию, описываемую с помощью естественного языка. Эти подмножества матрицы свертки можно интерполировать, используя процедуру нечеткого комплексного оценивания, и на непрерывной области определения аргументов свертки можно построить трехмерные поверхности, соответствующие стандартным функциям.

Таблица 3. Стандартные функции свертки

Стандартные функции свертки		Значения элементов матрицы			
F_i	Качественная интерпретация	m_{rc}	m_{r+1c}	m_{rc+1}	m_{r+1c+1}
$F0$	комплексная оценка не увеличивается при росте любого критерия	v	v	v	v
$F1$	комплексная оценка увеличивается при росте обоих критериев	v	v	v	$v + 1$
$F2$	комплексная оценка увеличивается только при росте критерия $\mathbf{r}$	v	v	$v + 1$	$v + 1$
$F3$	комплексная оценка увеличивается только при росте критерия $\mathbf{c}$;	v	$v + 1$	v	$v + 1$
$F4$	комплексная оценка увеличивается при росте любого критерия;	v	$v + 1$	$v + 1$	$v + 1$
$F5$	аналогично $F4$, но при росте обоих критериев возникает синергетический эффект	v	$v + 1$	$v + 1$	$v + 2$

В случае использования Нечетких ММКО с максиминным подходом к теоретико-множественным операциям деффазифицированная согласно (8) комплексная оценка имеет погрешность. Этот случай был подробно рассмотрен в работе [17].

Для снижения погрешности необходимо использовать следующие операции [1-3]:

для стандартной функции $F0$:

$$(9) \quad \tilde{v}(\tilde{X}_r, \tilde{X}_c) = \{m_{rc} / 1\},$$

для стандартной функции $F1$:

$$(10) \quad \tilde{v}(\tilde{X}_r, \tilde{X}_c) = \begin{cases} m_{rc} / (1 - \mu_{X_c}); m_{rc} + 1 / \mu_{X_c} & \text{if } X_c \geq X_r \\ m_{rc} / (1 - \mu_{X_r}); m_{rc} + 1 / \mu_{X_r} & \text{if } X_c < X_r \end{cases},$$

для стандартной функции F2:

$$(11) \quad \tilde{v}(\tilde{X}_r, \tilde{X}_c) = \{m_{rc} / (1 - \mu_{X_c}); m_{rc} + 1 / \mu_{X_c}\},$$

для стандартной функции F3:

$$(12) \quad \tilde{v}(\tilde{X}_r, \tilde{X}_c) = \{m_{rc} / (1 - \mu_{X_r}); m_{rc} + 1 / \mu_{X_r}\},$$

для стандартной функции F4:

$$(13) \quad \tilde{v}(\tilde{X}_r, \tilde{X}_c) = \begin{cases} m_{rc} / (1 - \mu_{X_r}); m_{rc} + 1 / \mu_{X_r} & \text{if } X_r \geq X_c \\ m_{rc} / (1 - \mu_{X_c}); m_{rc} + 1 / \mu_{X_c} & \text{if } X_r < X_c \end{cases},$$

для стандартной функции F5:

$$(14) \quad \tilde{v}(\tilde{X}_r, \tilde{X}_c) = \{m_{rc} / (1 - \mu_{X_r} - \mu_{X_c}); m_{rc} + 1 / \mu_{X_r} + \mu_{X_c}\}.$$

Операции (10) и (13) эквивалентны операциям минимума и максимума соответственно. Поэтому данный подход также называется максиминным [2, 3].

Нечеткий ММКО с аддитивно-мультипликативным подходом $\langle G, M, Q, P_{AM} \rangle$ эквивалентен ММКО с дискретными шкалами, каждой градации которой имеется некоторая вероятность. Другими словами, агрегируемые критерии имеют функции распределения вероятностей. Последний случай был предложен в работе [11] Бурковым В.Н. и Новиковым Д.А. еще в 1997 году.

Непрерывные ММКО используют функции интерполяции. Первая функция интерполяции была предложена Анохиным А.М., Гусевым В.Б. и Павельевым В.В. в 2003 году в работе [10]:

$$(15) \quad v = \begin{cases} j_3 + \gamma_1 \cdot (j_6 - j_5) + \gamma_2 \cdot (j_5 - j_3), & \text{if } \gamma_2 \geq \gamma_1, \\ j_3 + \gamma_1 \cdot (j_4 - j_3) + \gamma_2 \cdot (j_6 - j_4), & \text{if } \gamma_1 > \gamma_2, \end{cases}$$

где введены следующие переменные:

$$\gamma_1 = X_r, \quad X_r \in [1, \bar{r}], \quad \gamma_2 = X_c, \quad X_c \in [1, \bar{c}],$$

$$j_3 = m_{r = \lfloor X_r \rfloor c = \lfloor X_c \rfloor}, \quad j_4 = m_{r = \min(\lfloor X_r + 1 \rfloor, \bar{r}) c = \lfloor X_c \rfloor},$$

$$j_5 = m_{r=\lfloor X_r \rfloor c=\min(\lfloor X_c+1 \rfloor; \bar{c})}, \quad j_6 = m_{r=\min(\lfloor X_r+1 \rfloor; \bar{r}) c=\min(\lfloor X_c+1 \rfloor; \bar{c})}.$$

Выражение (15) эквивалентно Нечеткому ММКО, использующему максиминный подход (9)-(14) $\langle G, M, Q, P_{MM} \rangle$.

Вторая функция интерполяции была определена в аналогичной записи, но таким образом, чтобы получить случай, эквивалентный Нечеткому ММКО с аддитивно-мультипликативным подходом в 2016 году:

$$(16) \quad v = j_3 + \gamma_1 \cdot [j_4 - j_3] + \gamma_2 \cdot [j_5 - j_3] + \\ \gamma_1 \cdot \gamma_2 \cdot [j_6 + j_3 - j_4 - j_5],$$

Обе функции (15) и (16) непрерывны и монотонны. Это значит, что для сколь угодно малой $\varepsilon > 0$ справедливо $v(X_r, X_c) \leq v(X_r + \varepsilon, X_c)$ и $v(X_r, X_c) \leq v(X_r, X_c + \varepsilon)$.

Примеры комплексного оценивания в условиях неопределенности показы в работе [3].

5. Информационные технологии комплексного оценивания в условиях неопределенности

Для решения прикладных задач комплексного оценивания в Пермском научно-образовательном центре проблем управления при Пермском национальном исследовательском политехническом университете было создано семейство программных продуктов, именуемых ДЕКОН сокращено от дерево комплексного оценивания. На текущий момент наибольшей популярностью пользуются программные продукты ДЕКОН 3-го поколения, представленные независимыми десктоп приложением и веб-серверным приложением. На базе последнего приложения был реализован специальный программный модуль исследования устойчивости матричного анонимного обобщенного медианного механизма к стратегическому поведению агентов [7], в том числе с возможностью делегирования сообщений экспертов [6].

Несмотря на указанные выше научные достижения и многообразие уже разработанного программного обеспечения

разработка систем комплексного оценивания сложных объектов для различных предметных областей требует либо использования различных методов и информационных систем, либо специальных навыков программирования для их интеграции. Поэтому актуальным являлась разработка специальной платформы для оперативного прототипирования систем комплексного оценивания сложных объектов.

В качестве такой платформы была выбрана среда имитационного моделирования РДС/RDS (Расчёт динамических систем / Research of Dynamics Systems) [13, 15], разработанная профессором Дорри М.Х. и старшим научным сотрудником Рошкиным А.А. в Институте проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН.

Так, в среде моделирования РДС создана библиотека блоков ввода данных о состоянии отдельных критериев и библиотека блоков агрегирования информации, комбинация которых позволяет создать систему комплексного оценивания сложного объекта, обладающего любой формой, степенью и источником неопределённости [8].

Для количественных параметров реализованы три блока с выбором функций приведения количественных оценок из фазового пространства в критериальное: возрастающие (линейная, степенная, S-образная, логарифмическая, экспоненциальная, полиномиальная), убывающие (аналогичные функции и Z-образная) и смешанные (трапецевидная и колоколообразная). Для качественных параметров реализованы четыре блока с заданием точной оценки и интервала, мягких значений, а также нечётких значений без ограничений на функцию принадлежности или со специальными ограничениями [8].

Литература

1. *Алгоритмические основы нечеткой процедуры комплексного оценивания объектов различной природы* / А. О. Алексеев, А. С. Саламатина, А. В. Вычегжанин, Д. В. Климец // *Фундаментальные исследования*. – 2014. – № 3, ч. 3. – С. 469-474.

2. АЛЕКСЕЕВ А.О. *Исследование альтернативных подходов к теоретико-множественным операциям над нечеткими множествами в процедуре нечеткого комплексного оценивания* // Прикладная математика и вопросы управления. – 2015. – №1. – С. 60–72.
3. АЛЕКСЕЕВ А.О. *Комплексное оценивание сложных объектов в условиях неопределенности* // Прикладная математика и вопросы управления. – 2019. – №2. – С. 103–131.
4. АЛЕКСЕЕВ А.О. *Нечеткое и Ф-нечеткое комплексное оценивание сложных объектов* // Управление большими системами : сб. тр. XV Всерос. shk.-конф. молодых ученых, (г. Воронеж, 10-13 сент. 2018 г.) : в 2 т. Т. 1. – Воронеж : Изд-во ВГТУ, 2018. – С. 16-23.
5. АЛЕКСЕЕВ А.О., АЛЕКСЕЕВА И.Е. *Процедуры нечеткого комплексного оценивания объектов различной природы* // XII Всероссийское совещание по проблемам управления (ВСПУ 2014), г. Москва, 16-19 июня 2014 г. – М.: ИПУ РАН. 2014. – С. 7884 – 7893.
6. АЛЕКСЕЕВ А.О., КОРГИН Н.А. *Матричный анонимный обобщенный медианный механизм с правом делегирования сообщений* // Прикладная математика и вопросы управления. – 2016. – №4. – С. 137-156.
7. АЛЕКСЕЕВ А.О., КОРГИН Н.А. *О применении обобщенных медианных схем для матричной активной экспертизы* // Прикладная математика, механика и процессы управления. – 2015. – Т.1 – С. 170-177.
8. АЛЕКСЕЕВ А.О., САЛАМАТИНА А.С. *Прототипирование систем комплексного оценивания сложных объектов в среде RDS* // XIII Всероссийское совещание по проблемам управления (ВСПУ 9, г. Москва, 17-20 июня 2019 г. – М.: ИПУ РАН. 2019. – С. 3040 – 3045.
9. АНДРОНИКОВА Н.Г., ЛЕОНТЬЕВ С.В., НОВИКОВ Д.А. *Процедуры нечёткого комплексного оценивания* // Современные сложные системы управления: Тр. межд. науч.-пр. конф. – Липецк. 2002. С. 7– 8

10. АНОХИН А.М. ГУСЕВ В.Б. ПАВЕЛЬЕВ В.В. *Комплексное оценивание и оптимизация на моделях многомерных объектов*. – М.: ИПУ РАН. 2003. – 79 с.
11. БУРКОВ В.Н., НОВИКОВ Д.А. *Как управлять проектами?* – М.: Синтег. 1997. – 190 с.
12. ГЛОТОВ В.А., ПАВЕЛЬЕВ В.В. *Векторная стратификация*. – М.: Наука, 1984. – 132 с.
13. ДОРРИ М.Х., РОЩИН А.А. *Инструментальный программный комплекс РДС (Расчет Динамических Систем) – средство моделирования и разработки алгоритмов управления // Проблемы управления*. – 2009. – №4. – С. 52-57
14. НОВИКОВ Д.А., СУХАНОВ А.Л. *Нечеткие сетевые системы комплексного оценивания // Проблемы информационной экономики. Выпуск 6. Моделирование инновационных процессов и экономической динамики*. – М.: Ленанд, 2006. – С. 279–292.
15. РОЩИН А.А. *Расчет динамических систем (РДС). Руководство для программистов. Приложение: описание функций и структур. Приложение к руководству для программистов*. – М.: ИПУ РАН, 2012. – 719 С.
16. ХАРИТОНОВ В. А., ВИНОКУР И. Р., БЕЛЫХ А. А. *Функциональные возможности механизмов комплексного оценивания с топологической интерпретацией матриц свёртки // Управление большими системами. Выпуск 18*. – М.: ИПУ РАН, 2007. – С. 129-140.
17. ХАРИТОНОВ В.А., БЕЛЫХ А.А. *Технологии современного менеджмента*. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та. 2007. – 190 с.

ПОДХОД К МОДЕЛИРОВАНИЮ ПОВЕДЕНИЯ ОПЕРАТОРА ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ СПЕЦИАЛЬНЫХ ОПЕРАЦИЙ¹

Виноградов Г.П., Кузнецов В.Н., Шепелев Г.А.
(Тверской государственный технический университет)
wgp272ng@mail.ru, shepelevgeorg@gmail.com

Рассматривается проблема построения реалистичной модели выбора интеллектуального агента. Предлагается строить ее на основе понятия типовая ситуация целеустремлённого состояния. Близкие к ней наблюдаемые ситуации образуют кластер, для которого имеется способ(ы) действия. Представления о типовой ситуации и возможных способах действия названы паттерном поведения. Показано, что он строится человеком путем внутреннего программирования. Доказано, что наблюдая результаты деятельности человека, его речевую и невербальную коммуникацию можно идентифицировать модели паттернов.

Ключевые слова: моделирование, активные системы, идентификация, паттерны, трансформационная грамматика.

1. Введение

Важнейшими ресурсами, необходимыми для развития организации в условиях жесткой конкуренции; возрастания скорости перемен во внешней среде и необходимости адекватно реагировать на них – являются современные методы управления на основе информационных технологий и инноваций. Их эффективность зависит от того, как новое знание встраивается – становится

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ РАН, проект № 170100728

осознанно *«привычным»* для людей, что и определяет скорость адаптации организационных систем к быстро меняющимся требованиям внешней среды. Поведение людей определяется моделью мышления.

В работе рассматривается применение синергетического подхода к исследованию активных систем как групп или сообществ с неоднородными агентами [31]. Агенты интеллектуальных активных систем, включающие центры и активные элементы, обладают рядом свойств [31]. К ним в первую очередь относятся активность, целеустремленность, креативные способности и способность строить, постоянно корректировать и выравнивать (согласовывать друг с другом) модели своего поведения. Неоднородность агентов обусловлена разной идентификацией своей роли в активной системе, разной системой ценностей и видом моделей, конструированием субъективной реальности и поведения. Модель поведения интеллектуальной активной системы определяется как моделями поведения ее агентов, так и моделями таких их взаимодействий как сотрудничество, кооперация, конкуренция, соревнование и конфликты. Для обеспечения устойчивости, безопасности и качества жизни агентов и всей системы необходим системный анализ проблем управления поведением агентов в интеллектуальной активной системе.

2. Предположения и гипотезы

Основная гипотеза состоит в том, что типы агентов могут быть эмпирически верифицированы и их классификация будет непротиворечивой, если в основу будет положена общая схема понятий, которая должна быть связана с обобщенной теоретической системой.

Вторая гипотеза состоит в том, что базовым понятием, лежащим в основе подобной теоретической схемы должно быть понятие целеустремленного состояния (введенное Р. Акоффом [1] и развитое в работах [2, 3]).

Третья гипотеза состоит в том, что выбор действия и поведение агента, а также память, творчество, обучение и научение

определяются некоторым набором программ, который человек формирует в себе. Они позволяют с различной степенью эффективности решать определенные задачи и достигать желаемых результатов. Основой формирования таких программ являются представления агента о компонентах ситуации выбора, которые следует рассматривать как модели. **Предположение 1.** Человек реализует свои возможности, используя субъективные представления о ситуации целеустремленного состояния. Адекватность своих представлений он оценивает степенью убежденности в полезности своих представлений для достижения желаемых состояний.

Под *убеждением* понимается элемент мировоззрения, придающий личности или социальной группе уверенность в своих взглядах на мир, знаниях и оценках реальной действительности. Убеждение основано на осмысленном принятии человеком каких-либо сведений или идей, на их анализе и оценке и является результатом успешного опыта. Убеждения направляют поведение и волевые действия. Убеждения агента могут корректироваться.

Уверенность — психическое состояние человека, при котором он считает некоторые сведения истиной. Уверенность является психологической характеристикой оценки веры и убеждений человека. Уверенность может быть как результатом собственного опыта личности, так и результатом воздействия извне.

Предположение 2. Человек для повышения степени уверенности в адекватности своих представлений и повышения степени их полезности направляет процесс своего обучения, поиска путей решения проблем и организует процесс творчества так, чтобы перед ним открывались новые возможности в достижении более желаемых состояний без необходимости нарушений своих ценностей.

Предположение 3. Для запуска изменения представлений человек первоначально формирует цели, строит процедуры обоснования, необходимые для достижения желаемых состояний. Затем он определяет виды деятельности и стратегии для построения

операций, способов действия, необходимых для достижения желаемых состояний.

Предположение 4. Человек строит и анализирует модели своего окружения для того, чтобы быть эффективным и успешным в своей среде. Это означает, что рациональность является встроенным свойством человека. Различная эффективность поведения различных людей позволяет утверждать о существовании различной степени рациональности при принятии решений, которая связана со способностью субъекта формировать адекватные модели о ситуации выбора.

Предположение 5. Для того чтобы управлять поведением человека надо уметь влиять на структуру его представлений путем целенаправленного изменения степени его уверенности.

Предположение 6. Существует метод и процесс описания представлений и способов действия, используемых для достижения намеченных результатов. Такой процесс называется моделированием паттернов.

Воспринимаемые языковые паттерны, сигналы тела, а также наблюдаемые и измеряемые результаты действий субъекта позволяют высказать гипотезу, что их проявление имеет под собой структуру, которую можно выявить и описать. Эта структура (структуры) определяет убеждения субъекта, его восприятие внешней среды и его поведение. Задача моделирования поведения человека (в дальнейшем интеллектуальный агент или просто агент) заключается в том, чтобы путем анализа его языковых паттернов и невербальной коммуникации построить модель скрытых за ними когнитивных процессов. Такая модель, как принято в теории управления, является основой для определения такого управления для агента, чтобы: 1) получить от него более эффективное поведение; 2) выявить выработанные им эффективные стратегии и программы, которые могут быть переданы другим людям. Под понятием паттерн будем понимать: набор стереотипных поведенческих реакций или последовательностей действий в типовых ситуациях; объединение сенсорных стимулов как принадлежащих одному классу объектов.

Построение модели поведения субъекта и разработка на этой основе методики и инструментарий по ее совершенствованию носит междисциплинарный характер.

Познание механизма формирования паттернов возможно только путем сопереживания. То есть их следует рассматривать, как субъективную модель наблюдающего по отношению к наблюдаемому на основе некоторой идеализированной теологической конструкции. Но средством измерения является другой человек.

3. Модели поведения и проблема исследования

Модели поведения – это, прежде всего, языковые модели, которые служат для вербального создания и преобразования убеждений. Задача состоит в создании модели для воспроизведения или имитирования наблюдаемого поведения. Цель моделирования – установить, как человек воспринимает окружающую среду и предметную область, какие результаты он считает значимыми, какие он использует способы действия для их достижения, мотивацию и механизм целеполагания и др.

Предположения 1-4 позволяют сделать вывод о том, что человека можно рассматривать как когнитивную систему, реализующую переход:

данные → информация → представления о предметной области (их можно рассматривать как модели) → выработка целей, стратегий → принятие решений → реализация решений → мониторинг результатов.

Описанный переход основывается на процессах восприятия, ощущения, осознания, понимания, структуризации, распознавания, построение модели предметной области. Смоделированная ситуация вызывает у целеустремленного агента состояние удовлетворенности или неудовлетворенности. Разные типы удовлетворенности и неудовлетворенности характеризуются чувствами и отношениями. При этом возможны три ситуации: 1) агент уверен, что для изменения целеустремленного состояния можно применить конкретный и испытанный способ действия; 2) агент

располагает несколькими способами действия, что приводит к переводу ситуации целеустремленного состояния в ситуацию выбора 3) если агент в ситуации целеустремленного состояния не знает, что делать, то ситуация целеустремленного состояния переходит для него в проблемную ситуацию, требующую построения для него нового способа действия.

Описанные процессы являются субъектно-зависимыми. Моделирование их должно предполагать *«исследование структуры субъективного опыта»*, поскольку абсолютная объективная реальность человеку становится известной не иначе, как через восприятие и те убеждения, которые у него о ней в результате формируются.

Субъективный опыт реальности человека имеет свою организацию, форма, структура и содержание которой значительно варьируется от человека к человеку. Следовательно, для каждого человека результаты восприятия, идеи и убеждения собираются не случайным образом, они организованы, структурированы и взаимосвязаны уникальным образом, определяемым индивидуальностью субъекта, и эту структуру возможно понять.

Структура субъективного опыта проявляется у человека как на макро-, так и на микроуровне. Любые поведенческие акты, вербальное или невербальное сообщения демонстрируют то, как индивид внутренне структурирует свои убеждения и понятия, и что опытный наблюдатель способен наблюдать эти процессы и работать с ними и т.д.

Их моделирование предполагает необходимость учета человеческого фактора в форме когнитивных аспектов человеческой деятельности. В решении этой проблемы для слабоструктурированных объектов и ситуаций перспективным считается подход, позволяющий учитывать аспекты, относящиеся к когнитивной сфере человека [4].

В разных научных школах и подходах когнитивной науки когнитивная сфера структурируется по-разному. В данном исследовании будем придерживаться подхода, выработанного в теории субъективно рационального выбора [5], так как в ней наиболее последовательно описан процесс преобразования сенсорной

информации от образов в модели, описываемыми вербальными средствами, под управлением мышления и на основе прошлого опыта (знаний).

Фундаментальными проблемами здесь являются следующие:

1) формализация и передача наиболее успешных моделей предметной области и поведения другим субъектам; 2) трансформация субъективного опыта для получения желаемого поведения; 4) проблема рисков из-за человеческого фактора при решении практических задач управления поведением с помощью формально-логических методов и информационных технологий для слабоструктурированных объектов, обладающих свойствами активного, целеустремленного поведения в ситуациях, характеризующихся значительной динамикой изменений во внешней среде [6-8].

В указанном направлении можно выделить работы школы Ларичева О.И., направленные на повышение надежности «человеческой подсистемы переработки информации» [9, 10] и психологии мышления Дернера Д. по моделированию сложных ситуаций [11].

Имеется также широкий спектр психологических исследований в области ограниченной рациональности человека, не связанных с деятельностью по управлению, свидетельствующих о многочисленных типах рисков в интеллектуальной деятельности человека.

Поэтому целью является разработка теоретически обоснованного подхода: 1) к поиску, выбору, разработке субъективно-формальных методов для решения *практических задач управления поведением*; 2) к контролю рисков из-за человеческого фактора в ходе применения формальных методов при построении моделей поведения вследствие изучения слабоструктурированных объектов, обладающих свойствами активного поведения; 3) для создания методов снижения рисков из-за человеческого фактора при создании информационных технологий и систем поддержки принятия решений на основе субъективно-формальных методов.

Механизмы моделирования в теории субъективно рационального выбора подразумевают выявление психических

стратегий человека путем анализа его речевых паттернов и невербальных реакций. Интерактивный характер этого процесса предполагает также его итерационность до тех пор, пока исследователь не достигнет состояния субъективной убежденности в адекватности и полезности полученной модели.

Процесс моделирования должен включать описание системы знания и ценностей человека (эпистемологию), приемы и процедуры применения знаний (методологию) и средства применения знаний (технологии).

В основе субъективного выбора лежит представление о том, что обучение, память и творчество являются функциями определенных программ, которые с различной степенью эффективности служат выполнению определенных задач или достижению определенных результатов. Человек осуществляет взаимодействие с окружающим миром посредством внутреннего программирования, то есть мы реагируем на проблемы и воспринимаем новые идеи согласно тому типу психических программ, которые создали внутри себя. У разных людей эти программы неодинаковы и имеют разную эффективность при осуществлении одного и того же вида деятельности.

Программирование позволяет строить практическую модель психологических элементов, необходимых для эффективного руководства, мышления и поведения.

4. Субъективная модель предметной области – преобразованная репрезентация объективной реальности

Модель окружающей действительности (внешней среды, предметной области) создается на основе информации, которую человек получает через органы чувств после ее преобразования на основе прошлого опыта и знаний и эмоционального переживания. Модели мира являются искажёнными репрезентациями. «Информация о мире получается рецепторами пяти чувств и затем подвергается различным нейрологическим трансформациям и лингвистическим трансформациям даже до того, как мы

впервые получаем доступ к этой информации, что означает, что мы никогда не переживаем на опыте объективную реальность, не изменённую нашим языком и нейрологией» [12, 13].

Человек использует язык для того, чтобы упорядочивать свои мысли и поведение, и чтобы вступать в коммуникацию с другими людьми. Следовательно, наблюдаемые паттерны являются результатом абстрагирования реальности и несут в себе элементы субъективизма.

В свою очередь модель предметной области является основой для поведенческих реакций человека, то есть человек конструирует способы действия и принимает решения на основе субъективной модели предметной области, которая согласно приведенным выше рассуждениям не является простой копией реальности, полученной в результате ее отражения сознанием. Значит, существуют способы, которыми мы организуем свои идеи и действия, чтобы получить результаты. Такой процесс называется программированием, и он всегда является *рациональным*.

Человек обладает мировоззрением, основанным на индивидуальных моделях предметной среды, оценивая их адекватность субъективной степенью убежденности. Термы этого понятия образуют лингвистическую шкалу. Поэтому с позиции внутреннего наблюдателя нет нарушения принципа рациональности при выборе.

Каждый человек вырабатывает на основе опыта, знаний, собственных способностей, эмоциональных переживаний индивидуальное мировоззрение, основанное на субъективных представлениях. Субъективные модели и мировоззрение в большей степени, чем сама реальность, определяют то, как человек осознает и интерпретирует окружающий мир, как реагирует на него, формирует способы действия и каким значением он наделяет собственное поведение и переживания. Именно субъективная модель определяет эффективность выбранных способов действия и степень достижения желаемых состояний. Степень, с которой модель отражает реальность, определяет возможности человека для выбора.

Поэтому первоочередная задача моделирования поведения – найти приемы и инструменты идентификации субъективных представлений, и способы их корректировки для повышения эффективности способов действия агента: повышения выхода (результативности) и/или снижения затрат.

Представления человека следует рассматривать как систему, составленную из множества подсистем, и в то же время человек – система внутри ряда более крупных систем. Взаимодействия, имеющие место внутри человека, а также между людьми и их окружением, носят системный характер и происходят согласно определенным системным принципам. Наши межличностные отношения и объединения складываются в определенную экологию систем и подсистем, оказывающих взаимное влияние друг на друга.

Люди подвержены влиянию многих аспектов окружающей их системы. Поэтому модели поведения должны учитывать влияние, которое оказывает на него окружающая система. Необходимо принимать во внимание всю систему взаимодействий, которая стимулирует, поощряет то или иное явление или процесс и воздействует на него.

Процессы, происходящие при формировании представлений субъекта и при его взаимодействии с окружающей средой, представляют собой процессы в рамках комплексных систем. Элементы комплексных систем и подсистем, взаимодействующих и оказывающих взаимное влияние друг на друга, формируют их экологию. Поэтому их описание предполагает рассмотрение явлений с разных точек зрения, что может привести к различным и одинаково верным описаниям и пониманиям того, что считать важным в системе.

Поскольку выбор субъектом способа действия выполняется на основе его субъективных представлений о целеустремленном состоянии и рациональность дана человеку в инстинктах, то это означает, что бы человек ни делал, он на самом деле стремится выполнить некоторое позитивное намерение (которое он может не осознавать). Таким образом, текущее поведение,

демонстрируемое человеком, представляет собой его лучший выбор из доступных ему в данный момент вариантов.

5. Глубинные структуры и поверхностные структуры

Понятия «глубинные структуры» и «поверхностные структуры» введены в теории трансформационной грамматики Наума Хомского [14, 15]. По Хомскому, мысли, понятия и идеи (глубинные структуры) не являются неразрывно связанными с каким-либо конкретным языком, и могут быть выражены различными лингвистическими средствами (поверхностными структурами). Глубинные структуры становятся доступными для построения лингвистических конструкций после преобразований, с помощью которых они превращаются в хорошо оформленные предложения и словосочетания. Подобные преобразования выступают в роли фильтра для глубинных структур. Глубинные структуры формируются в результате процессов сенсорного восприятия и эмоциональных переживаний вне контроля сознания и мышления. Преобразование глубинных структур в поверхностные (наблюдаемые при коммуникации) возможно вследствие способности человека манипулировать символами, то есть создавать модели на основе первичного опыта. С помощью этой способности человек может находить уникальные способы действия или блокировать поведение, когда он не осознает, что его модель мира является фантомной, не соответствующей реальности.

Движение от глубинных структур к поверхностным обязательно включает механизмы **филътрации** (опущения), **индукции** (обобщения) и **преобразования** (искажения) **информации**.

Филътрация (опущение) — механизм, с помощью которого человек избирательно выделяет одни характеристики и не обращает внимания на другие. С помощью этой способности субъект сводит реальность к такому объему, который доступен его восприятию и осознанию, чтобы он смог чувствовать свою власть над ним. Филътрация приводит также к субъективному определению границ предметной области. В случае согласованности такой

операции с целями и результатами она будет полезной, в противном случае становится источником эмоциональных переживаний.

Преобразование (искажение) – механизм, изменяющий наше восприятие сенсорных данных. Например, в случае неполной или недостаточной информации искажение следует рассматривать как когнитивный процесс, выступающий в некоторой общей форме рассуждений, позволяющей получить варианты исходов при различных предположениях с последующей оценкой возможности их наступления. Для подавляющего большинства человеческих решений нельзя точно рассчитать и оценить последствия. Можно лишь предполагать, что определенный вариант решения приведет к некоторому результату. Преобразование использует операции введения правдоподобных предположений, удаление (отрицание) фактов, зависимостей, убеждений, не позволяющих (как ограничения) достигать желаемых состояний. Такой механизм при построении представлений о ситуации целеустремленного состояния при преобразовании глубинных структур (зрительные и слуховые образы, тактильные ощущения и другие сенсорные репрезентации, которые хранятся в нервной системе) в поверхностные структуры (слова, знаки, жесты, символы и т.п.) предполагает согласованное с целью необходимое искажение (преобразование) информации или потерю ее части. Это позволяет мозгу строить не точные копии внешней среды, а ее субъективные репрезентации.

Таким образом, созданные модели окружающего мира являются не самим миром, а его репрезентациями. Вербальные и невербальные поверхностные структуры отражают многие важные ключи к глубинным структурам. Следовательно, наблюдение за поверхностными структурами позволяет восстановить соответствующие им глубинные структуры, связи между ними и исходным опытом. Такой процесс должен иметь интерактивный и итерационный характер.

Метамодель теории субъективно рационального выбора позволяет работать с поверхностными структурами языка, чтобы

помочь человеку обогатить свою модель мира через восстановление глубинных структур и связей между ними и исходным опытом.

Символы, движения, песни, мимика и другие аспекты нашего поведения, так или иначе, являются формами поверхностных структур, используемых для выражения наших глубинных структур, и подвержены различным формам опущения, искажения и обобщения. Один из важных выводов, полученный в теории субъективно рационального выбора, состоит в том, что одна и та же глубинная структура может быть выражена различными поверхностными структурами – вербальными и невербальными.

Еще одно значимое положение трансформационной грамматики заключается в том, что существует множество логических уровней последовательно более глубоких структур, участвующих при преобразовании глубинных структур в поверхностные. Важным следствием этого является тот факт, что для совершения экологичного изменения поведения необходимо воздействовать на все уровни системы.

Каждый уровень (*окружение, поведение, способности, убеждения, ценности и идентификация*) считается более глубоким, чем предшествующий. Восприятие и взаимодействие с окружающей средой являются той частью опыта, которая лежит ближе всего к «поверхности». Координация и управление поведением требуют мобилизации глубинных структур нервной системы. Способности организуют и координируют поведение, запуская менее конкретные, но более глубокие процессы. Убеждения и ценности являются фундаментом для способностей и поведения. Они оказывают влияние поведение на самом глубоком уровне. Идентификация модели поведения должна учитывать комплекс взаимосвязей, который называют «миссией». Миссия проявляется после ряда преобразований, через ценности, убеждения и способности в поведенческих реакциях. Эти преобразования также подвержены опущению, обобщению и искажению.

Одна из задач моделирования поведения – идентифицировать проблематичные обобщения, опущения или искажения

путем анализа «синтаксиса», или формы поверхностных структур, а также создать систему средств, позволяющую получить более подробную репрезентацию глубинной структуры.

Другая задача, решаемая на основе моделирования поведения, заключается в возможности создавать новые, лучшие взаимосвязи и «проводящие пути» между поверхностными и глубинными структурами (программировать желаемое и успешное поведение).

В ходе предшествующей осознанию пошагового преобразования первичных данных в структуры какая-то часть информации неизбежно теряется, поскольку создание структур или распознавание паттернов есть не что иное, как избирательное разрушение информации. Таким образом, поскольку сознание не получает доступа к полному объему данных о мире, оно не может ни отражать, ни конструировать реальность. Вместо этого реальность предстает перед сознанием в виде структур, полученных путем трансформации первичных данных о мире. Преобразование первичных данных в структуры включает в себя избирательное опущение, искажение или обобщение первичных данных. Данный процесс носит иерархический характер, поскольку избирательное разрушение информации приводит к формированию "более сильных" структур из "более слабых". Любой набор первичных данных обретает смысл только после того, как в ходе подобных операций он преобразуется в нечто конгруэнтное сильным структурам, уже существующим в нашем сознании. Каноническое знание представляет собой всего лишь набор уже существующих "сильных" структур, конгруэнтность которым первичные данные приобретают в процессе психического абстрагирования и подтверждаются опытом. Первичные данные приобретают смысл только после ряда операций, которые преобразовывают их в нечто конгруэнтное уже существующим структурам. «Сильные» структуры формируются из «слабых» посредством избирательного разрушения информации.

Процесс актуализации реальности в теории субъективно рационального выбора рассматривается не как установление связей между «слабыми» и «сильными» структурами, а скорее – как

функцию взаимосвязи между «глубинными» и «поверхностными» структурами. «Глубинные структуры» обладают скрытым потенциалом, который проявляется в конкретных поверхностных структурах как результат ряда преобразований. Этот процесс включает в себя избирательное «конструирование» данных, равно как и избирательное «разрушение».

С точки зрения теории субъективно рационального выбора, выделяются *индуктивные* преобразования, через которые мы воспринимаем окружающий мир и строим его в форме представлений, и *дедуктивные* преобразования, с помощью которых мы составляем описания и действуем сообразно своему восприятию и моделям мира.

Индуктивные преобразования включают в себя процесс «объединения» с целью найти более глубокие структуры («понятия», «идеи», «универсалии» и т. д.) в многообразии впечатлений, полученных через сенсорные каналы. Дедуктивные преобразования направлены на «разделение» глубинных структур нашего опыта, а также перевод общих идей и понятий в конкретные слова, действия и другие формы поведенческих реакций. Именно развитие обоих типов процессов трансформации обеспечивает эволюцию наших психических моделей, с одной стороны, и выражение их в «реальности», с другой. Согласно теории субъективно рационального выбора, качество этих преобразований определяет эффективность и полезность психических процессов.

Существуют и так называемые *абдуктивные* преобразования, в ходе которых глубинные структуры трансформируются в другие глубинные структуры, а поверхностные — в другие поверхностные структуры. Здесь задействованы механизмы метафоры и аналогии. Подобные преобразования представляют собой один из базовых механизмов в решении проблем и обучении.

С точки зрения теории субъективно рационального выбора, представления, таким образом, является результатом взаимоотношений и взаимодействия между глубинными структурами и поверхностными структурами. Существует множество возможных «представлений», то есть не одна модель и предметная область, а множество возможных моделей и вариантов предметных

областей. Кроме того, предметная область постоянно меняется, отчасти в зависимости от того, как модель влияет на взаимодействие людей и предметной области.

В поверхностной структуре проявляются те аспекты глубинной структуры, для которых восстановлено достаточное количество звеньев, утраченных в процессе опущения, искажения и обобщения. Глубинная структура обладает скрытым потенциалом для того, чтобы в результате ряда преобразований она проявилась в какой-либо поверхностной структуре.

Именно по этим причинам моделирование и гибкость считаются основой эпистемологии теории субъективно рационального выбора. *Модели не рассчитаны на отражение либо конструирование единственной объективной реальности. Скорее, их задача заключается в том, чтобы воспроизвести какой-либо аспект возможной реальности.* Поэтому в теории субъективно рационального выбора не имеет значения «**истинность**» модели; учитывается лишь ее «**полезность**». На самом деле все модели можно считать символическими или метафорическими, а не просто отражающими реальность. Каким бы ни было используемое описание — метафорическим или буквальным, — полезность модели зависит от степени, в которой она позволяет совершить эффективный переход на следующую ступень в последовательности преобразований, связывающих глубинные и поверхностные структуры. В работе [16] показано, что способность интеллектуального агента достигать желаемых состояний является функцией наличия у него представлений о ситуации выбора, позволяющих ему прогнозировать возможные исходы при различных вариантах поведения (способов действия). Уровень (глубина) представлений связана и определяется целью [17, 4].

Вместо «конструирования» реальности модели вводят ряд функций, которые устанавливают связи между глубинными и поверхностными структурами. Именно эти связи формируют наше «понимание» реальности и позволяют нам по-новому переживать и выражать эту реальность.

Литература

1. АКОФФ Р., ЭМЕРИ Ф. *О целеустремленных системах*. М.: Сов. радио, 1974
2. ВИНОГРАДОВ Г.П. *Моделирование принятия решений интеллектуальным агентом*. // Программные продукты и системы. 2010. № 3. С. 45 – 51.
3. ВИНОГРАДОВ Г.П. КУЗНЕЦОВ В.Н. *Моделирование поведения агента с учетом субъективных представлений о ситуации выбора*. // Искусственный интеллект и принятие решений. № 3. С. 58-72.
4. ДЖОН ЛИЛЛИ. *Программирование и метапрограммирование человеческого биокомпьютера*. Перевод с англ. К.: "София", Ltd., 1994.
5. БУРКОВ В.Н., ВИНОГРАДОВ Г.П., КУЗНЕЦОВ В.Н., ПАЛЮХ Б.В., СЕМЕНОВ Н.А. *Интеллектуальные активные системы* / Двенадцатая национальная конференция по искусственному интеллекту с международным участием КИИ – 2010 (20-24 сентября 2010 г., г.Тверь, Россия): Труды конференции. Т. 3. - М.: Физматлит, 2010. - С.35-43.
6. АБРАМОВА Н.А., НОВИКОВ Д.А. *Развитие представлений о человеческих факторах в науке управления*. // Сб. статей под ред. Н.А. Абрамовой, К.С. Гинсберга, Д.А. Новикова. – М.: КомКнига, 2006. С. 5-51
7. АБРАМОВА Н.А., КОВРИГА С.В. *О рисках, связанных с ошибками экспертов и аналитиков* / Труды 4-й Международ. конф. «Когнитивный анализ и управление развитием ситуаций» М.: ИПУ РАН. Т.2, 2004. С. 12-23.
8. АСАНОВ А.А., ЛАРИЧЕВ О.И. *Влияние надежности человеческой информации на результаты применения методов принятия решений* // А и Т, 1999, №5. – с.20-31.
9. ЛАРИЧЕВ О.И., МЕЧИТОВ А.И. И ДР. *Выявление экспертных решений*. М.: Наука, 1989. – 140 с.

10. ЛАРИЧЕВ О.И., МОШКОВИЧ Е.М. *Качественные методы принятия решений. Вербальный анализ решений*. М.: Физматлит, 1996. – 206 с.
11. ДЕРНЕР Д. *Логика неудачи. Стратегическое мышление в сложных ситуациях*. М.: Смысл, 1997. – 243 с.
12. О'КОННОР Д., МАК-ДЕРМОТТ Я. *Принципы NLP*. — К.: София, 2000. ISBN 5-220-00342-9
13. ГАГИН В., УКОЛОВ С. С. *«Новый Код НЛП, или Великий Канцлер желает познакомиться!»*. М.: Изд-во Института Психотерапии, 2003. ISBN 5-89939-098-
14. KORZYBSKI A. *Science and Sanity: An Introduction to Non-Aristotelian Systems and General Semantics*. // Inst. of General Semantics, 1995. ISBN 0-937298-01-8. (англ.).
15. БЕЙТСОН Г. *Разум и природа*. М.: УРСС, 2006.
16. ВИНОГРАДОВ Г.П. *Моделирование процесса формирования представлений интеллектуального агента о состоянии целеустремленного выбора*. // Проблемы информатики, 2010. №3. С. 66-72.
17. ВИНОГРАДОВ Г.П., КИРСАНОВА Н.В., ФЕДОТОВ Р.С. *Оценки убежденности об уровне информированности интеллектуального агента в задаче нечеткого выбора*. / Труды двенадцатой национальной конференции по искусственному интеллекту с международным участием КИИ-2010 (20-24 сентября 2010 г., г. Тверь, Россия). Т.1. – М.: Физматлит, 2010. С. 21 – 28.

КОМБИНАТОРНЫЕ АЛГОРИТМЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ НЕПРЕРЫВНОГО КАЛЕНДАРНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА СКВАЖИН

Калянов Г.Н.

(Институт проблем управления РАН, Москва)

kalyanov@ipu.ru

Титов Н.Н.

(ООО «НВП МОДЕМ», Москва)

titov@nvp-modem.ru

Шибeko В.Н.

(Гомельский государственный технический

университет, Гомель)

svn20070809@gmail.com

Исследована комбинаторная задача формирования согласованных календарных планов работ, обеспечивающих непрерывную загрузку выделяемых трудовых ресурсов на строительство группы скважин. Предложен подход к решению задачи календарного планирования, основанный на разработке адекватных алгоритмов комбинаторного поиска для различных стратегий оптимизации планового задания. Разработаны многоэтапные комбинаторные алгоритмы поиска наилучших вариантов планирования, основанные на методах динамического программирования и агрегирования. Алгоритмы учитывают не только порядок строительства скважин и маршруты переброски буровой техники, но и важные экономические факторы, включая дебит скважин и риски выполнения плановых заданий.

Ключевые слова: непрерывное календарное планирование, комбинаторный поиск, динамическое программирование, агрегирование, оптимизация распределения ресурсов.

1. Введение

Цель календарного планирования строительства новых скважин заключается в составлении согласованного расписания выполнения планового задания с использованием выделенных ресурсов [1,2]. Принципиально важно контролировать не только сроки, но и порядок ввода новых скважин в эксплуатацию, т.к. от этого зависит динамика прироста добычи нефти на месторождении. Другой особенностью задачи календарного планирования является необходимость управления территориальным перемещением (маршрутами) буровых установок по объектам планирования. Подобные задачи не вписываются в классификацию теории расписаний (ТР) по типу искомого решения [3] и поэтому до сих пор малоизучены. Оптимизация очередности выполнения плановых операций сталкивается с анализом большого количества возможных вариантов расписания работ и необходимостью учета существенных временных и экономических факторов. Также требуется не только оптимизировать общую загрузку выделенных ресурсов, но и минимизировать издержки, связанные с организацией производственной деятельности и финансированием работ. Для этого необходимо аргументировано предложить систему показателей эффективности с учетом следующих принципов планирования:

- обеспечение постоянной загрузки исполнителей и контроль нагрузки на технические средства;
- формирование резерва времени на неблагоприятные события;
- ключевые мероприятия плана не должны приходиться на малые промежутки времени;
- соблюдение преемственности и непрерывности в планировании.

В настоящее время при массовом строительстве скважин используются методы «ручного» календарного планирования, основанные на эмпирических правилах составления пригодного расписания работ. Подобный подход заведомо приводит к неэффективным вариантам распределения выделяемых ресурсов.

Сложившаяся ранее методология решения оптимизационных задач нацелена на нахождение единственного решения за приемлемое время, удовлетворяющее математически выверенным критериям оптимальности. В задачах календарного планирования целесообразно искать не только единственное оптимальное решение (по некоторому многоэкстремальному критерию), но и ряд близких альтернативных решений. Такой подход обусловлен с одной стороны неоднозначностью восприятия показателей отдельных решений, с другой стороны рисками «потерять» наилучшее конечное решение. Поиск альтернативных решений довольно просто реализуется в алгоритмах комбинаторного анализа. Кроме того, комбинаторные методы позволяют организовать проверку не одного, а сразу нескольких критериев, что существенно расширяет возможности процесса поиска эффективных решений. Однако дальнейший отбор альтернативных решений сталкивается с проблемой распознавания структурной близости тех или иных плановых решений [4].

2. Модель непрерывного календарного планирования

Базовая модель непрерывного календарного планирования (НКП) задается двумя группами параметров. Разбиение параметров на группы определяется наличием особенностей бизнес-процессов, характерных для организации работ в компаниях, осуществляющих массовое строительство скважин на различных месторождениях [1], [4]. К первой группе относятся общие начальные условия календарного планирования (ОНУКП):

$\{N, M, \Delta\bar{T}, \bar{Q}, \bar{S}, \bar{P}, \bar{\lambda}, \bar{\beta}\}$, где

- N - заданное количество скважин.
- M - общее количество выделенных буровых бригад.
- $\Delta\bar{T} = (\Delta t_1, \Delta t_2, \dots, \Delta t_N)$ - вектор оценок времени выполнения работ по строительству каждой скважины среднестатистической бригадой. .

- $\bar{Q} = (Q_1, \dots, Q_N)$ - вектор сложности строительства скважин, который характеризует долю времени работы в условиях требующих квалификации исполнителей ($0 \leq Q_i \leq 1; i = 1, \dots, N$).
- $\bar{S} = (S_1, \dots, S_M)$ - нормированный вектор производительности бригад.
- $\bar{P} = (P_1, \dots, P_M)$ - нормированный вектор временных коэффициентов заработной платы ($\sum_{j=1}^M P_j / M = 1$).
- $\bar{\lambda} = (\lambda_1, \dots, \lambda_N)$ - вектор ожидаемого дебита скважин, который измеряется в тоннах углеводородов за сутки.
- $\bar{\beta} = (\beta_1, \dots, \beta_N)$ - вектор оценок времени освоения новых скважин.

Во второй группе параметров задаются (или рассчитываются) стартовые параметры календарного планирования (СПКП): $\{K, D, \bar{T}_0\}$, где

- K - общее количество задействованных буровых установок (станков).
 - $D((K + N) \times (K + N))$ - матрица переброски, элементы которой соответствуют нормативным оценкам времени выполнения всего комплекса обеспечивающих работ по переброске станков между объектами планирования.
- $\bar{T}_0 = (\Delta\tau_1, \Delta\tau_2, \dots, \Delta\tau_M), \Delta\tau_j \geq T_n, j = 1, \dots, M$ -

вектор времен готовности бригад к стартовым работам.

Важнейшей характеристикой, влияющей на формирование календарного плана работ, является оценка времени строительства скважины. Учет рейтинга бригад требует нового подхода к оцениванию этой важнейшей для календарного планирования

временной характеристики. Предположим, что более быстрая работа (скорость бурения) в осложненных условиях является основным преимуществом более квалифицированных и опытных буровых бригад. Тогда, с учетом ранее введенных величин, оценка времени выполнения i - той работы j - той бригадой определяется по формуле:

$$t_{ij} = \Delta t_i * (1 + Q_i * (1 - S_j)), i = 1, \dots, N, j = 1, \dots, M.$$

Данную оценку в силу её конструкции назовем мультипликативной. Таким образом, вместо вектора $\Delta \bar{T}$ рассчитывается матрица времен выполнения работ

$$T_{РАБ}^{Pac} [N \times M] = \{t_{ij}\}, i = 1, \dots, N, j = 1, \dots, M.$$

В других постановках задач календарного планирования матрица времен выполнения работ ($T_{РАБ} [N \times M]$) может не рассчитываться, а просто задаваться. Модель календарного планирования должна допускать возможность принудительного назначения бригад на скважины, которое является основным механизмом «ручного» составления календарных планов.

По типу целевой функции в классификации теории расписаний [3] задачу НКП следует отнести к многокритериальным задачам оптимизации. Математически данная задача относится к классу комбинаторных задач. Требуется предложить комбинаторный алгоритм поиска эффективных решений. Современные вычислительные средства (многопроцессорные скоростные компьютеры) и разработка единой инструментальной среды для прикладных программных комплексов (объектно-ориентированные каркасы [5]) значительно расширили область практического решения подобных комбинаторных задач за разумное время вычислений. Многие комбинаторные вопросы успешно решаются благодаря «продвинутому» алгоритмам и высокоскоростным методам решения [6]. Смешанная стратегия решения комбинаторных задач, основанная на методах динамического программирования и агрегирования, часто приводит к эффективным результатам. При этом не следует бояться потерять наилучшее решение, тем более реально существует проблема нехватки

вычислительных ресурсов из-за большой размерности комбинаторных задач. Из всего многообразия возможных расписаний организации работ только сравнительно небольшая часть заслуживает внимания.

Модель календарного планирования достаточно универсальна и может быть адаптирована для многих приложений, например, массовое строительство территориально-распределенных объектов, проведение плановых дорожных ремонтов с привлечением трудовых и технических ресурсов, организация обслуживания заявок клиентов в транспортно-логистических компаниях. Кроме того, легко трансформировать модель НКП для задач планирования капитальных ремонтов фонда эксплуатационных скважин, которые требуют оптимизации сроков ремонтов, загрузки собственных бригад и минимизации потерь в добычи углеводородов.

3. Многоэтапная задача календарного планирования

Анализируя реальный процесс подготовки календарных планов строительства скважин в крупных компаниях, можно выделить три последовательных этапа. На первом этапе (аналог «объемно-календарного» планирования) решается подзадача распределения новых скважин между исполнителями. Порядок выполнения работ на этом этапе не важен. Фактически необходимо убедиться, что запланированных трудовых ресурсов (M) достаточно для выполнения плана и предложить неупорядоченное расписание выполнения работ, под которым понимается разбиение множества $\{N\}$ на M непересекающихся подмножеств $N_1, N_2, \dots, N_M$. Скважины из множества N_j приписываются j -той бригаде.

Календарное планирование подразумевает скорейшее выполнение планового задания с использованием всех бригад. Этому требованию соответствует задача нахождения оптимального по быстродействию расписания, т.е. расписания минимальной длины. Имеем:

$$\min_{\left\{ (N_1, \dots, N_M) : \{N\} = \bigcup_{j=1}^M N_j; N_{j_1} \cap N_{j_2} = \emptyset; j_1 \neq j_2 \right\}} \max_{1 \leq j \leq M, i \in N_j} (\sum t_{ij}) = T_{\text{opt}}.$$

В качестве еще одного показателя эффективности предлагается

$$\text{взвешенная временная сумма } \bar{T}_{\Sigma} = \sum_{j=1}^M (P_j * R_j) / M,$$

которая характеризует финансовые затраты на оплату услуг всех бригад (аналог среднего количества «трудодней»). Поэтому, первоначально отбираются расписания с минимальными значениями суммы двух показателей эффективности: $T_Y = T_{\text{план}} + \bar{T}_{\Sigma}$.

Как и для многих комбинаторных задач, весьма вероятны случаи появления «клонных» (структурно мало отличающихся) решений [6] с близкими значениями показателей эффективности. Предложена процедура отсева «клонных» решений с использованием матрицы расстояний Хэмминга. В результате имеем множество альтернатив первого этапа:

$$\left\{ (N_1, \dots, N_M) : \bigcup_{j=1}^M N_j = \{N\}, N_{j_1} \cap N_{j_2} = \emptyset, j_1 \neq j_2 \right\}.$$

Второй этап планирования заключается в формировании упорядоченного расписания работ для всех альтернатив первого этапа. Раздельная постановка задачи календарного плана инициализирует построение многоальтернативного дерева решений, которое и является предметом целенаправленного комбинаторного поиска. При строительстве скважин целесообразно максимизировать суммарный прирост добычи по мере ввода в эксплуатацию новых скважин. Имеем хронологический порядок строительства скважин $(t_1^H, t_2^H, \dots, t_N^H)$. Функция суммарного прироста дебита $\Delta DEB(T)$ является ступенчатой, монотонно-возрастающей и переходящей в линейную функцию с коэффициентом роста $\lambda_{\Sigma} = \sum_{i=1}^N \lambda_i$. Суммарный прирост добычи обеспечивается каждой бригадой, поэтому можно решать оптимизационную

задачу упорядочивания строительства для каждой бригады в отдельности и независимо (т.н. «агрегирование» [7]), что существенно уменьшает число возможных вариантов. Зафиксируем

$$T_K(j) = \sum_{i \in N_j} t_{ij} + \max_{i \in N_j} \beta_i. \text{ Легко убедиться, что искомым критерием эквивалентен решению для каждой бригады задачи:}$$

$$\min_{\{(t_i^H), i \in N_j\}} \sum_{i \in N_i} \lambda_i * (T_K(j) - t_i^H)$$

Отбор упорядоченных альтернатив производится по критерию максимального суммарного прироста дебита за счет строительства новых скважин всеми бригадами.

Третий этап планирования (маршрутизация) зависит от конкретной ситуации, которая определяется набором параметров СПКП базовой модели НКП. Каждому упорядоченному расписанию соответствует различное число допустимых вариантов расстановки имеющихся буровых станков. Критерием эффективности расстановки станков по скважинам является минимизация суммарного времени переброски станков для обеспечения выполнения плана ($T_{пер}^{\Sigma}$ - сумма соответствующих элементов матрицы

переброски D). Каждая плановая переброска станков имеет временной резерв на выполнение данной операции

$$Z_i, i = 1, 2, \dots, N. \text{ Обозначим } \Delta Z = \min_{1 \leq i \leq N} Z_i - \text{минимальный резерв времени. Чем больше минимальный временной резерв для упорядоченного расписания работ, тем меньше риски, связанные с задержкой не только операций по переброске, но и основных работ, выполняемых буровыми бригадами.}$$

В работе [1] рассматривалась модель НКП без учета ценности работ. Для этих условий был предложен алгоритм минимизации технической загрузки календарного плана, основанный на двухшаговой процедуре поиска наилучшего порядка выполнения работ. Минимизировалось суммарное время переброски станков

$$T_{пер}^{\Sigma}, \text{ и контролировался минимальный резерв времени на операции по переброске станков } \Delta Z. \text{ В этом алгоритме для}$$

отобранных альтернатив первого этапа проводилось упорядочивание с учетом оптимизации маршрутов передвижения станков (по сути, второй и третий этап объединены).

Обобщая результаты проведенных исследований, можно сделать следующие выводы:

1. Существующая практика «ручного» составления календарных планов массового строительства скважин не реализует в полном объеме возможности централизованного распределения выделяемых ресурсов.
2. Формализована базовая модель непрерывного календарного планирования строительства скважин, учитывающая наиболее важные особенности бизнес-процессов организации работ в крупных нефтегазодобывающих компаниях.
3. Предложена мультипликативная формула расчета времени строительства скважины с учетом ее сложности и квалификации буровой бригады.
4. Показано, что задача оптимизации распределения скважин между бригадами по критерию быстродействия математически эквивалентна известной задаче оптимизации планирования многопроцессорных вычислений.
5. С учетом экономической целесообразности и особенностей массового строительства скважин, сформулированы количественные показатели эффективности, позволяющие проводить отбор альтернативных календарных планов. Описана процедура отсева «клонových» решений с использованием матрицы расстояний Хэмминга.
6. В зависимости от наличия информации о дебите новых скважин предложены многоэтапные алгоритмы комбинаторного поиска, основанные на методах динамического программирования и агрегирования. Характерно, что календарные планы, полученные с помощью программно-реализованных комбинаторных алгоритмов поиска, согласуются с общепонятными приемами составления «ручных» расписаний. Этот факт позволяет контролируемо снижать размерность задач комбинаторного анализа.

Литература

1. КАЛЯНОВ Г.Н., ТИТОВ Н.Н., ШИБЕКО В.Н. *Поиск эффективных решений задач непрерывного календарного планирования*, // Информационные технологии и вычислительные системы, М.: ,2018, №1, С. 85-98.
2. БАРКАЛОВ С.А., БУРКОВА И.В., ГЛАГОЛЕВ А.В., КОЛПАЧЕВ В.И. *Задачи распределения ресурсов в управлении проектами*, М.:ИПУ РАН, 2002, - 65 с.
3. ЛАЗАРЕВ А.А., ГАФАРОВ Е.Р.. *Теория расписаний. Задачи и алгоритмы*, М.: МГУ, 2011, -222 с.
4. ТИТОВ Н.Н. *Разработка системы поддержки непрерывного календарного планирования: Экономико-математическое обеспечение крупной буровой компании (ISBN 978-3-330-05632-9)*, 2017, - 81 с.
5. АНИЧКИН А.С., СЕМЕНОВ В.А. *Объектно-ориентированный каркас для программной реализации приложений теории расписаний*. /Труды ИСП РАН, том 29, вып. 3, 2017 г., С. 247-296. DOI: 10.15514/ISPRAS-2017-29(3)-14.
6. ДОНАЛЬД Э. КНУТ *Искусство программирования. Том 4А / Комбинаторные алгоритмы, часть I*, изд-во «Вильямс», 2013, -955 с.
7. БАРКАЛОВ С.А., БУРКОВ В.Н., ГИЛЯЗОВ И.М, *Методы агрегирования в управлении проектами*. М.:ИПУ РАН, 1999, - 55 с.

ПРИМЕНЕНИЕ МАРКОВСКИХ СЛУЧАЙНЫХ ПРОЦЕССОВ К МОДЕЛИРОВАНИЮ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Моисеев С.И., Мышовская Л.П., Половинкина А.И.
(Воронежский государственный технический университет)
mail@moiseevs.ru, u00114@vgasu.vrn.ru, kafedra5@vgasu.vrn.ru

В работе рассмотрены методы математического моделирования эволюции сложных технических систем. В основе математической модели лежит теория марковских случайных процессов с непрерывным временем и дискретным состоянием.

Ключевые слова: технические системы, марковские процессы, динамическая модель.

1. Введение

Большинство технических систем являются сложноструктурированными, обладающими множеством элементов и связей, поэтому из множества методов системного анализа, для их описания наилучшим образом подходят стохастические методы, мало зависимые от степени сложности системы [3]. Если анализировать систему с точки зрения динамики ее эволюции, то из стохастических методов лучше всего подходят математические методы теории случайных процессов [2, 5].

Если техническая система может находиться в конечном числе состояний и в ней отсутствует последствие, то для ее описания можно использовать марковские случайные процессы с дискретным состоянием и непрерывным временем [4].

Целью данной работы является описание методики анализа динамики сложных технических систем с помощью математического аппарата марковских случайных процессов. При этом

решим задачу для некоторой абстрактной технической системы с типичными обобщенными состояниями.

2. Математическая модель

Рассмотрим некоторую обобщенную техническую систему в виде некоторого технического устройства. Введем типичные состояния, в которых система может находиться:

S_1 – нормальное функционирование системы, когда техническое устройство исправно;

S_2 – в системе обнаружен сбой в работе, в технической системе обнаружены неполадки, идет диагностика;

S_3 – попытка ликвидировать сбой в системе, ремонт технического устройства;

S_4 – система перестала функционировать, техническое устройство списано ввиду невозможности ремонта (что когда-либо наступает для конечных систем).

Следует отметить, что можно ввести некоторые промежуточные состояния, увеличив их число, общий подход к решению не изменится, но решение в вычислительном плане усложнится.

На основании эмпирических данных, полученных из наблюдения за системами подобного типа, можно оценить следующие параметры:

T – среднее время работы нормального функционирования системы до первого сбоя;

T_d – среднее время диагностики в системе, определение неполадок технического устройства;

T_r – среднее время восстановления системы в случае, если это возможно;

p_d – вероятность того, что в после диагностики возможен возврат системы в нормальное функционирование;

p_r – вероятность того, что в результате попытки ликвидировать сбой в системе, она будет восстановлена.

Рассмотрим простейший случай, когда случайный процесс, функционирующий в системе, будет однородным и указанные

выше параметры не зависят от времени. Тогда граф состояний для описанной системы и случайного процесса представлен на рис.

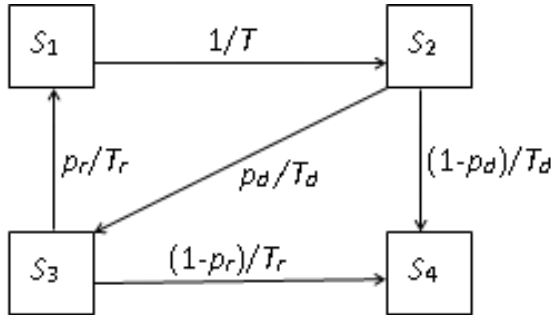


Рис. Граф состояний системы со случайным процессом

Так как система с течением времени неминуемо перейдет в состояние S_4 , то случайный процесс не является эргодическим и у него не нет стационарного режима.

Для динамического анализа работы системы необходимо решить систему дифференциальных уравнений Колмогорова:

$$(1) \quad \begin{cases} \frac{dP_1(t)}{dt} = \frac{p_r}{T_d} P_3(t) - \frac{P_1(t)}{T}; \\ \frac{dP_2(t)}{dt} = \frac{P_1(t)}{T} - \frac{P_2(t)}{T_d}; \\ \frac{dP_3(t)}{dt} = \frac{p_d P_2(t)}{T_d} - \frac{P_3(t)}{T_r}; \\ \frac{dP_4(t)}{dt} = \frac{(1-p_r)P_2(t)}{T_r} + \frac{(1-p_d)P_2(t)}{T_d}, \end{cases}$$

где $P_i(t)$ ($i=1, 2, 3, 4$) – вероятности состояний системы.

Так как система уравнений является вырожденной, заменим четвертое ее уравнение на условие нормировки: $P_1(t) + P_2(t) + P_3(t) + P_4(t) = 1$. Получим:

$$(2) \quad \left\{ \begin{array}{l} \frac{dP_1(t)}{dt} = \frac{p_r}{T_d} P_3(t) - \frac{P_1(t)}{T}; \\ \frac{dP_2(t)}{dt} = \frac{P_1(t)}{T} - \frac{P_2(t)}{T_d}; \\ \frac{dP_3(t)}{dt} = \frac{p_d P_2(t)}{T_d} - \frac{P_3(t)}{T_r}; \\ P_1(t) + P_2(t) + P_3(t) + P_4(t) = 1. \end{array} \right.$$

Учитывая, что в начальный момент времени система нормально функционировала, уравнения Колмогорова (2) дополняются начальными условиями:

$$P_1(0) = 1; \quad P_2(0) = 0; \quad P_3(0) = 0; \quad P_4(0) = 0.$$

3. Нахождение вероятностей состояний системы

Для решения (2) введем обозначения:

$$\frac{p_r}{T_d} = a; \quad \frac{1}{T} = b; \quad \frac{1}{T_d} = c; \quad \frac{p_d}{T_d} = d; \quad \frac{1}{T_r} = e.$$

В результате систему уравнений (2) можно переписать как:

$$(3) \quad \left\{ \begin{array}{l} \frac{dP_1(t)}{dt} = aP_3(t) - bP_1(t); \\ \frac{dP_2(t)}{dt} = bP_1(t) - cP_2(t); \\ \frac{dP_3(t)}{dt} = dP_2(t) - eP_3(t); \\ P_4(t) = 1 - P_1(t) - P_2(t) - P_3(t). \end{array} \right.$$

Для решения (3) используем интегральное преобразование Лапласа [3].

Определим функцию $f(t) \geq 0$, $t \in R$, для которой образом будет:

$$\hat{F}(\tau) = L_{t \rightarrow \tau} [f(t)] = \int_0^{\infty} e^{-t\tau} f(t) dt,$$

при этом:

$$f(t) = L_{t \rightarrow \tau}^{-1} \left[\hat{F}(\tau) \right] = \frac{1}{2\pi i} \int_{\sigma_1 - i\infty}^{\sigma_1 + i\infty} e^{t\tau} \hat{F}(\tau) d\tau,$$

где σ_1 — некоторый параметр, который должен удовлетворять условиям существования [6].

Применяя преобразование Лапласа к обеим частям всех уравнений системы (3), можно записать:

$$\hat{P}_i(\tau) = L_{t \rightarrow \tau} [P_i(t)]; \quad \frac{d\hat{P}_i(\tau)}{d\tau} = L_{t \rightarrow \tau} \left[\frac{d}{dt} P_i(t) \right] = -\hat{P}_i(0) + \tau \hat{P}_i(\tau).$$

В результате, с учетом начальных условий, решение (3) сводится к системе алгебраических уравнений:

$$\begin{cases} -1 + \tau \hat{P}_1(\tau) = -b \hat{P}_1(\tau) + a \hat{P}_3(\tau); \\ \tau \hat{P}_2(\tau) = b \hat{P}_1(\tau) - c \hat{P}_2(\tau); \\ \tau \hat{P}_3(\tau) = d \hat{P}_2(\tau) - e \hat{P}_3(\tau); \\ P_4(t) = 1 - P_1(t) - P_2(t) - P_3(t). \end{cases}$$

Ее решение есть:

$$\begin{cases} \hat{P}_1(\tau) = \frac{1}{\tau + b} + \frac{abd}{(\tau + b)^2 (\tau + e)(\tau + c)}; \\ \hat{P}_2(\tau) = \frac{b}{(\tau + b)(\tau + c)}; \\ \hat{P}_3(\tau) = \frac{db}{(\tau + e)(\tau + c)(\tau + b)}; \\ P_4(t) = 1 - P_1(t) - P_2(t) - P_3(t). \end{cases}$$

Выполнив обратное преобразование Лапласа, получим вероятности состояний технической системы:

$$P_1(t) = (A_1 t + B_1) \exp(-t/T) + C_1 \exp(-t/T_r) + D_1 \exp(-t/T_d),$$

где

$$\begin{aligned}
A_1 &= \frac{abd}{(e-b)(c-e)} = \frac{p_r p_d T_r^2}{T_d (T - T_r)(T_r - T_d)}; \\
B_1 &= \frac{abd(b-c)}{(e-b)} = \frac{p_r p_d T_r^2 (T_d - T)}{T T_d^3 (T - T_r)}; \\
C_1 &= \frac{abd}{(b-e)^2 (c-e)} = \frac{p_r p_d T_r^3 T}{T_d (T - T_r)^2 (T_r - T_d)}; \\
D_1 &= \frac{abd}{(b-c)^2 (e-c)} = \frac{p_r p_d T_r}{(T_d - T)^2 (T_d - T_r)}; \\
P_2(t) &= \frac{T_d}{T_d - T} [\exp(-t / T) - \exp(-t / T_d)]; \\
P_3(t) &= A_3 \exp(-t / T) + (B_3 + C_3) \exp(-t / T_d),
\end{aligned}$$

где

$$\begin{aligned}
A_3 &= \frac{db}{(c-e)(b-e)} = \frac{p_d T_r^2}{(T_r - T_d)(T_r - T)}; \\
B_3 &= \frac{db}{(e-c)(b-c)} = \frac{p_d T_d T_r}{(T_d - T_r)(T_d - T)}; \\
C_3 &= \frac{db}{(e-b)(c-b)} = \frac{p_d T T_r}{(T - T_r)(T - T_d)}; \\
P_4(t) &= 1 - P_1(t) - P_2(t) - P_3(t).
\end{aligned}$$

В итоге решение задачи об исследовании динамики технических систем найдено.

4. Заключение

Из анализа полученного решения подтверждается то, что с течением времени вероятность всех состояний стремится к нулю, а вероятность окончания функционирования системы (состояние S_4) – к единице. при этом скорость выхода вероятностей состояний на постоянное значение обратно пропорциональна среднему времени нормального функционирования системы до

первого сбоя T . Зависимости вероятностей состояний S_2 и S_3 имеют максимум при временных диапазонах порядка T_d и T_r . Максимум дальше по временному интервалу, чем больше значения параметров T_d и T_r . Особый интерес представляет вероятность состояния S_4 , когда техническая система прекращает свою эволюцию. Эта вероятность поможет оценить длительность функционирования технической системы или время работы технического устройства.

Предложенная модель может быть использована и для иных, не технических систем [1], функционирование которых осуществляется по описанной схеме.

Литература

1. БАРКАЛОВ С.А. *Динамическая модель потребительского спроса, основанная на марковских случайных процессах* / С.А. Баркалов, С.И. Моисеев. В сборнике: «Экономическое прогнозирование: модели и методы: материалы XII международной научно-практической конференции». 2016. С. 4-7.
2. БАРКАЛОВ С.А. *Математические методы и модели в управлении и их реализация в MS Excel* / С.А. Баркалов, С.И. Моисеев, В.Л. Порядина. - Воронежский ГАСУ. – Воронеж, 2015.- 265 с.
3. БАРКАЛОВ С.А. *Синтез организационной структуры управления строительным предприятием* / С.А. Баркалов, П.Н. Курочка. Управление строительством. 2017. № 1 (9). С. 6-30.
4. БАРКАЛОВ С.А. *Модели и методы в управлении и экономике с применением информационных технологий* [Электронный ресурс]: учебное пособие/ С.А. Баркалов, С.И. Моисеев, В.Л. Порядина. — СПб.: Интермедия, 2017. 264 с.
5. ВЕНТЦЕЛЬ Е.С. *Теория случайных процессов и ее инженерные приложения* / Е.С. Вентцель, Л.А. Овчаров. - М.: Высш. шк., 1998. 354 с.
6. ВЛАДИМИРОВ В.С. *Уравнения математической физики*. М.: Наука, 1981. — 512 с.

О РАБОТАХ ПО ТЕОРИИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ И ЭКСПЕРТНЫМ ОЦЕНКАМ

Орлов А.И.

(Московский государственный технический
университет им. Н.Э. Баумана, Москва)
prof-orlov@mail.ru

Обсуждаются основные понятия и термины, применяемые в научной, прикладной и учебной дисциплине, посвященной принятию решений, в том числе на основе использования экспертных оценок. Дан обзор основных работ автора по теории принятия решений, прежде всего монографий, которые можно использовать как учебники. Экспертные оценки – та часть теории принятия решений, которой автор занимается постоянно – с начала 70-х и до сих пор. Приведена краткая информация о некоторых работах последних лет. Список литературы (16 работ автора) позволяет раскрыть положения, сформулированные в работе.

Ключевые слова: принятие решений, экспертные оценки, терминология, основные монографии, медиана Кемени, экспертные упорядочения

1. Введение

Научная, прикладная и учебная дисциплина, посвященная принятию решений (и, в частности, экспертным оценкам) бурно развивается в XXI в. Поэтому целесообразно обсудить полученные результаты.

Учебники автора по теории принятия решений широко цитируются в научных публикациях. Так, на 23.10.2019 учебник [1] по данным Google Академии процитирован 987 раз, а по данным

Российского индекса научного цитирования - 625 раз. Налицо двойственность - эту книгу можно рассматривать не только как учебник, но и как научную монографию. Эта двойственность характерна для практически всех наших книг и отражает общую идею: "Образование через науку". Согласно этой идее, научные монографии целесообразно готовить так, чтобы их можно было использовать как учебники. Таким образом можно и нужно выводить обучающихся на передний край современных научных исследований.

На юбилейной конференции "Теория активных систем - 50 лет" представляется целесообразным подвести предварительный итог работам автора по теории принятия решений и ее важнейшей составной части - экспертным оценкам. Рассматриваемая область научной и практической деятельности весьма обширна, и мы не претендуем на ее тщательный анализ.

В свое время Гаусс не публиковал результаты исследований по неевклидовой геометрии, опасаясь "криков беотийцев". По той же причине я не считал полезным обсуждать свой общий подход к теории и методам принятия решений (включая экспертные оценки), составляя учебники из частных рекомендаций. Здесь впервые рассказано о моих основных идеях, реализованных в серии учебников, монографий, научных статей.

2. Обсуждение основных понятий теории принятия решений

Кратко обсудим основные понятия теории принятия решений, исходя из широко распространенных формулировок.

Под теорией принятия решений обычно понимают научную, учебную и практическую дисциплину, посвященную закономерностям выбора путей решения проблем и задач, т.е. способов достижения желаемого результата. Иногда различают *нормативную теорию принятия решений*, которая в формальных (обычно - математических) терминах описывает рациональный процесс подготовки, принятия и реализации решения, и *дескриптивную теорию принятия решений*, описывающую практику принятия

решений людьми. Нормативная теория построена на основе формализации лучших практик принятия решений в прикладных областях деятельности.

Теория принятия решений - область исследований, основанная на понятиях, методах, подходах, научных результатах математики, статистики, экономики, менеджмента и психологии. Здесь под статистикой понимаются прежде всего математическая статистика, прикладная статистика, статистические методы. Кроме инструментария статистики, в теорию принятия решений обычно включают различные технологии экспертных оценок, оптимизационные задачи (прежде всего линейное и целочисленное программирование, принцип максимума Понтрягина), методы анализа динамики, основанные на дифференциальных и разностных уравнениях.

Теорию принятия решений можно отнести к кибернетике и исследованию операций, а также к экономико-математическим моделям и методам, к организационно-экономическому моделированию. Нет ничего необычного в том, что для обозначения рассматриваемой области исследования используют или использовали столь различные названия. Например, про исследование операций иногда пишут так:

"Исследование операций – научный подход к решению задач организационного управления. Под задачами организационного управления понимаются повседневные задачи управления организацией, связанные с выполнением определенных «операций»: календарное планирование, управление запасами, вопросы эксплуатации оборудования и другие. Практика показывает высокую эффективность методов исследования операций при решении практических задач управления".

Ясно, что то же самое можно сказать и про теорию принятия решений, равно как и про другие перечисленные области. На наш взгляд, нецелесообразно вводить искусственные границы между ними. Хотя после появления границ появляется возможность их обсуждать и вести продолжительные дискуссии.

Как возникли различные термины? Почему термин "кибернетика" в настоящее время употребляется сравнительно редко,

хотя бурно развиваются научные направления, которые естественно отнести к кибернетике? Почему в настоящее время стали популярны "нейросетевые методы" (раздел прикладной статистики), хотя основные идеи этих методов появились и были реализованы еще в середине XX в.?

Сформулируем два замечания. Термин "исследование операций" неудачен, поскольку возникает ассоциация с медицинскими процедурами. Термин "теория принятия решений" популярен в настоящее время. Более подробное обсуждение вопросов терминологии не входит в задачу настоящей работы. Надеемся, что недоразумений не возникнет.

Как обычно пишут, решение – это выбор определённого сочетания (1) цели, (2) действий, направленных на достижение этой цели, и (3) способов использования имеющихся ресурсов. В рамках социально-экономических систем решение – это результат анализа, прогнозирования, оптимизации и выбора альтернативы из множества вариантов достижения конкретной цели. В узком смысле принятие решений – это заключительный акт анализа вариантов, результат выбора. В широком смысле – это процесс, протекающий во времени. Это совокупность всех этапов и стадий по подготовке решения, включая этап непосредственного принятия решения. Процесс принятия решений может быть укрупненно подразделен на две стадии: выработка рекомендаций специалистами по выбору лучшего варианта и принятие окончательного варианта непосредственно лицом, принимающим решение (ЛПР).

3. Наши учебники, монографии, статьи по теории принятия решений

В настоящее время в научных исследованиях и при преподавании популярны учебники [1 - 4]. В них представлены различные методы подготовки и принятия решений - статистические, оптимизационные, экспертные, а также и более новые, но менее распространенные - нечеткие и интервальные.

Мы рассматриваем теорию и методы разработки и принятия управленческих решений не как чисто математическую

дисциплину, а как часть менеджмента (теории управления людьми). Часто говорят о связке «принятие решений и экспертные оценки», а экспертными оценками мы занимаемся с начала 1970-х годов (см., например, [5]). Однако термин «принятие решений» мы стали использовать в публикациях сравнительно недавно. Возможно, впервые он проявился в названии одной из написанных мной глав в учебном пособии [6].

Основные научные результаты и методические разработки в области принятия решений сведены в одной из основных моих монографий [4] (написана в 2003 г., опубликована в 2006 г.). Ее сокращенный в полтора раза вариант (подготовлен в 2004 г., опубликован в 2005 г.) вышел из печати раньше [3].

В издательстве КноРус предложили издать учебник по теории принятия решений. Он вышел в середине 2010 г., хотя на титульном листе указан 2011 г. [2]. В учебник 2011 г. по сравнению с двумя предыдущими книгами 2005 г. и 2006 г. внесено много изменений. Основное внимание уделено теории и практике экспертных оценок, модернизированы главы по измерению инфляции и методу наименьших квадратов, исключены главы по менеджменту, и т.д.

Затем был опубликован учебник, полностью соответствующий программе одноименной дисциплины на втором образовании факультета ИБМ [1].

При практическом использовании теории принятия решения необходим частный вид контроллинга методов - контроллинг процессов принятия решений.

Нормативные документы (стандарты предприятия), нацеленные на контроллинг процессов принятия решений, разрабатывают предприятия и организации. В качестве примера можно отметить такую работу в Группе компаний "Волга-Днепр" (эта авиакомпания имеет самый большой в мире гражданский флот наиболее мощных грузовых самолетов "Руслан"). Из работ практической направленности отметим исследования в области экологической безопасности [7] и математических методов оценки эффективности управленческих решений [8].

Отметим большую роль сайта "Высокие статистические технологии" <http://orlovs.pp.ru/> для распространения информации. Так, согласно РИНЦ из цитирований монографии [4] 53% относятся к варианту, размещенному на сайте, и 47% - к бумажному варианту (это следует из указанного при цитировании года издания книги). Аналогичная ситуация и для нашего учебника "Прикладная статистика" - 400 ссылок (49,6%) относятся к варианту, размещенному на сайте, и 406 ссылок (50,4%) - к бумажному варианту.

4. Экспертные оценки как часть теории принятия решений

Экспертные оценки – та предметная область, которой автор занимается постоянно – с начала 70-х [5] и до сих пор. Как правило, каждую работу можно рассматривать с двух сторон – со стороны математических методов (т.е., как правило, со стороны статистики нечисловых данных) и со стороны предметной области (процедур экспертных оценок). Наиболее полный обзор развития этой предметной области - статья [9].

Учебник по экспертным оценкам был написан мною в 2006 г. по заказу издательства «Экзамен». В связи с изменением издательством тематики публикаций рукопись возвращена в 2008 г. Издан как вторая часть учебника по организационно-экономическому моделированию в 2011 г. [10]. По данным РИНЦ эта книга – наиболее востребованный учебник по теории и практике экспертных оценок на русском языке.

Центральное место в теории экспертных оценок занимает медиана Кемени [11]. Недавно разработан новый программный модуль по расчету медианы Кемени [12].

Перечислим несколько конкретных работ. Как известно, метод анализа иерархий Саати некорректен. В частности, он противоречит теории измерений. Для его замены был разработан метод анализа экспертных упорядочений, согласно которому следует построить ранжировки упорядочений по суммам рангов и по медианам рангов, а затем провести их согласование [13]. Были

разработаны экспертные технологии для применения при оценивании вероятностей редких событий (например, вероятностей столкновений самолетов с птицами) [14]. Экспертные методы активно используются при разработке и применении аддитивно-мультипликативных моделей оценки рисков проектов, в частности, при создании ракетно-космической техники [15]. Различным задачам принятия решений и применения экспертных оценок в авиации и ракетно-космической промышленности посвящен доклад [16].

Литература

1. ОРЛОВ А.И. *Методы принятия управленческих решений*. М.: КноРус, 2018. - 286 с.
2. ОРЛОВ А.И. *Организационно-экономическое моделирование: теория принятия решений*. М. : КноРус, 2011. — 568 с.
3. ОРЛОВ А.И. *Принятие решений. Теория и методы разработки управленческих решений*. М.: ИКЦ «МарТ»; Ростов н/Д: Издательский центр «МарТ», 2005. — 496 с.
4. ОРЛОВ А.И. *Теория принятия решений*. М.: Экзамен, 2006. — 574 с.
5. ОРЛОВ А.И. *Допустимые средние в некоторых задачах экспертных оценок и агрегирования показателей качества* // Многомерный статистический анализ в социально-экономических исследованиях. М.: Наука, 1974. – С. 388 – 393.
6. БОГОЛЮБОВ С.А., ОРЛОВ А.И. и еще 9 соавторов. *Менеджмент. Учебное пособие*. М.: Знание, 2000. - 288 с.
7. ОРЛОВ А.И. *Проблемы управления экологической безопасностью. Итоги двадцати лет научных исследований и преподавания*. Saarbrücken: Palmarium Academic Publishing. 2012. – 344 с.
8. ХРУСТАЛЕВ С.А., ОРЛОВ А.И., ШАРОВ В.Д. *Математические методы оценки эффективности управленческих решений* // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2013. Т.79. №11. С. 67 – 72.

9. ОРЛОВ А.И. *Теория экспертных оценок в нашей стране* // Научный журнал КубГАУ. 2013. №93. С. 1652 – 1683.
10. ОРЛОВ А.И. *Организационно-экономическое моделирование : учебник : в 3 ч. Ч.2. Экспертные оценки*. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011. – 486 с.
11. ОРЛОВ А.И. *Роль медиан Кемени в экспертных оценках и статистическом анализе данных* // Теория активных систем: Труды международной научно-практической конференции (14-16 ноября 2011 г., Москва, Россия). Том I. Общая редакция – В.Н. Бурков, Д.А. Новиков. – М.: ИПУ РАН, 2011. – С. 172 – 176.
12. ЖУКОВ М.С., ОРЛОВ А.И. *Использование экспертных ранжировок при расчетах кредитного риска в банке* // Инновации в менеджменте. 2017. № 1(11). С. 18 – 25.
13. ОРЛОВ А.И. *Анализ экспертных упорядочений* // Научный журнал КубГАУ. 2015. №112. С. 21 – 51.
14. ОРЛОВ А.И., САВИНОВ Ю.Г., БОГДАНОВ А.Ю. *Экспертные технологии и их применение при оценивании вероятностей редких событий* // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2014. Т.80. №3. С. 63 – 69.
15. ОРЛОВ А.И., ЦИСАРСКИЙ А.Д. *Метод оценки рисков при создании ракетно-космической техники* // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана, сер. Машиностроение. 2017. № 2 (113). С. 99 – 107.
16. ОРЛОВ А.И. *Принятие решений и экспертные оценки в авиации и ракетно-космической промышленности* // Теория активных систем: Труды международной научно-практической конференции (17-19 ноября 2014 г., Москва, Россия). Общая редакция – В.Н. Бурков, Д.А. Новиков. – М.: ИПУ РАН, 2014. – [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.mtas.ru/upload/library/tas2014/S2-PDF/2-10.pdf>

СЕКЦИЯ 3

Прикладные
задачи ТАС

—

умные
механизмы
и цифровая
экономика

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ЖИЛИЩНО- КОММУНАЛЬНЫМ ХОЗЯЙСТВОМ НА ПРИМЕРЕ ОНЛАЙН-СЕРВИСОВ

Аверина Т.А., Лаврова Ю.С., Мышовская Л.П.
(Воронежский государственный технический университет)
ta_averina@mail.ru, yulya_vrn08@mail.ru

Статья посвящена рассмотрению вопроса цифровизации жилищно-коммунальной отрасли, а именно разработке и внедрению онлайн-сервисов на основе биллинговых систем, в перспективе на технологии блокчейн. В работе определены актуальные направления преобразований в информационной инфраструктуре жилищно-коммунального хозяйства. Проведен мониторинг новых решений разработчиков мобильных приложений, способствующих повышению эффективности функционирования отрасли. Проанализированы технологии, на которых в настоящее время строятся онлайн-сервисы и даны рекомендации по повышению качества обслуживания и прозрачности управления в системе жилищно-коммунального хозяйства.

Ключевые слова: жилищно-коммунальное хозяйство, цифровизация, онлайн-сервис, блокчейн технология.

Ключевым ресурсом в современном мире является информация, имеющая огромное влияние на экономические решения.

Все большую актуальность приобретают цифровые стратегии в бизнесе, предполагающие цифровую трансформацию - внедрение современных информационных технологий в различные процессы. [1, 2] Данный подход подразумевает не только установку современного программного обеспечения и использование новейшего оборудования, но также и фундаментальные

изменения в подходах к управлению, корпоративной культуре и внешним коммуникациям.

Важно отметить, что цифровизация процессов актуальна как на уровне отдельных предприятий, так и на отраслевом, потому что это единственная возможность соответствовать стремительно меняющимся условиям внешней среды.

Главная цель цифровизации отрасли жилищно-коммунального хозяйства состоит в комплексном повышении эффективности управления и формировании качественной и доступной городской инфраструктуры.

Согласно программе «Цифровая экономика Российской Федерации» на развитие информационной инфраструктуры за период с 2018 по 2020 г. выделено 100 млрд. руб. бюджетных средств и 336 млрд. внебюджетных. [4]

В настоящее время уже начал действовать открытый отечественный портал смарт-решений и технологий «Банк решений умного города», где размещаются решения, позволяющие повышать эффективность работы по различным направлениям жизни города – безопасность, коммунальные сети, энергетика, экология, транспорт, градостроительство. [2]

Ниже на рис. 1. представлены наиболее перспективные из направлений.

Последним – онлайн-сервисам - следует уделить особое внимание. Все больше исследований подтверждают, что население сейчас является гораздо более высокоинтернетизированным, чем несколько лет назад – количество и разнообразие ежедневно используемых мобильных приложений достигло больших масштабов.

В таблице представлены результаты последних разработок отечественных мобильных операторов, с помощью которых управляющие компании и потребители могут комфортно и быстро решать возникающие бытовые вопросы. [6, 8]

При создании подобных решений используются биллинговые системы, которые вычисляют стоимость конкретных услуг для каждого потребителя и хранят информацию обо всех тарифах и иных стоимостных характеристиках. [3]

Любая биллинговая система создается и настраивается на бизнес-процесс определенного оператора, несет в себе определенный набор функций, соответствующий технологическому циклу предоставления услуг, и может работать с конкретным сетевым оборудованием, поставляющим ей информацию о вызовах и соединениях.

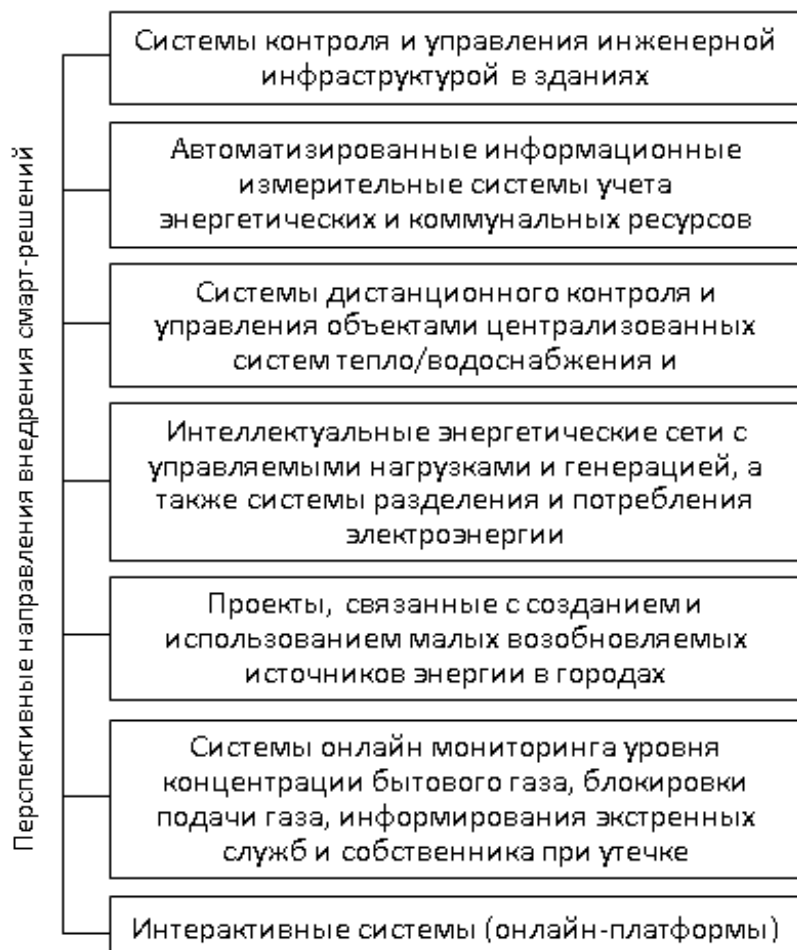


Рис. 1. Перспективные направления внедрения смарт-решений

Таблица 1. Интерактивные цифровые проекты мобильных операторов для жилищно-коммунального хозяйства

№ п/п	Оператор	Digital-сервис	Характеристика сервиса
1	Мегафон	Онлайн-платформа «Цифровая управляющая компания»	Данное комплексное решение для ЖКХ позволяет организовать автоматический сбор и передачу данных со счетчиков воды, газа, тепла и электричества, оповещать жильцов о различных событиях дома, проводить онлайн-голосования с участием жильцов, оплачивать коммунальные услуги в режиме онлайн, заказывать и контролировать исполнение сантехнических, электротехнических работ, а также узнавать актуальные новости от управляющей компании
2	Теле2	Тестовая сеть NB-IoT	В ходе испытаний данные от электросчетчиков передавались через сеть Tele2 на сервер сбора статистики энергетической компании. Результаты тестов показали возможности полной автоматизации процессов по сбору и передаче показаний электросчетчиков через сервер Е2Е. Исследование тестовой сети позволит оценить технологическую готовность инфраструктуры для предоставления современных услуг компаниям энергетической отрасли.
3	МТС	IoT-решение «Телеучет данных»	Сервис включает в себя доступ к инновационной платформе, позволяющей сводить воедино новейшие датчики и камеры. Показания отправляются в облако, а анализ данных осуществляется через web-

№ п/п	Оператор	Digital-сервис	Характеристика сервиса
			интерфейс. В случае нештатных ситуаций система отправляет уведомления через SMS или e-mail. Жители благодаря цифровым решениям МТС могут проверять в режиме онлайн показатели счетчиков и узнавать о концентрации вредных веществ в воздухе, отслеживать, когда освободилось место для машины на парковке.

Такая система гибкая, модульная и масштабируемая по нагрузке. Важнейшими ее принципами являются надежность и открытость.

Однако, чтобы эти принципы были реализованы в полной мере, целесообразно внедрение блокчейн-технологии.

Участники сети в блокчейн-технологии делятся на группы: обычные пользователи, создающие новые записи, и майнеры, создающие блоки. [5] Обычные пользователи создают и распространяют по сети записи, например, о денежных переводах на оплату счетов или о передаче прав собственности. Майнеры собирают записи, проверяют их и записывают в блоки, а затем рассылают эти блоки по сети. Далее, обычные пользователи получают блоки и сохраняют их у себя, чтобы можно было корректно создавать свои и достоверно проверять чужие новые записи.

Данная технология абсолютно прозрачна, она позволяет каждому участнику отслеживать все транзакции, проходящие в системе. Что же касается надежности, то любая попытка внести несанкционированные изменения будет отклонена. [5]

Рассмотрим пример автоматизированной оплаты коммунальных платежей на основе блокчейн-технологии. Потребитель самостоятельно оплачивает услуги на онлайн-платформе и видит, сколько и в какую из ресурсоснабжающих организаций поступило денежных средств. Следует отметить, что деньги, предназначенные для «ТНС Энерго», не могут быть временно

использованы сборщиком платежей, биллинговой или управляющей компанией. Здесь же житель многоквартирного дома видит, какая льгота пришла ему от органа социальной защиты.

Другими словами, согласно блокчейн-технологии, денежные средства будут передаваться без посредников, что улучшит качество обслуживания.

На рисунке 2 наглядно изображено как реализуется принцип открытости онлайн-платформ для субъектов жилищно-коммунального хозяйства на основе блокчейн-технологии.



Рис. 2. Принцип открытости, реализуемый на основе блокчейн-технологии

Результаты данного исследования позволяют сделать следующий вывод. Блокчейн-технология в онлайн-сервисах для жилищно-коммунального хозяйства способна повысить

эффективность инструментов и систем контроллинга. В связи с этим, целесообразно модернизировать систему управления цифровой трансформацией жилищно-коммунального хозяйства, а именно ориентироваться на использование надежной и прозрачной блокчейн-технологии для быстрого и комфортного решения задач. Следует также сказать о необходимости подготовки кадров соответствующего профиля и/или повышения квалификации существующих сотрудников. Таким образом, внедрение цифровых технологий будет способствовать улучшению инвестиционного климата отрасли, что крайне важно для настоящего состояния жилищно-коммунального хозяйства.

Литература

1. АВЕРИНА Т.А., БАРКАЛОВ С.А., ЛАВРОВА Ю.С. *Анализ состояния жилищно-коммунального комплекса в России* // Ф.Э.С: Финансы, экономика, стратегия. - 2018. - № 11. – с. 35 – 40.
2. *Банк решений умного города* [Эл. Ресурс] URL: <https://russiasmartcity.ru/>
3. ЕВНЕВИЧ М.А. *Клиентоориентированность в цифровой экономике* / М.А. Евневич. – М.: Синергия, 2017. – 416 с.
4. КАПРАНОВА Л.Д. *Цифровая экономика в России: состояние и перспективы развития* / Экономика. Налоги. Право. 2018. №2. С. 58 – 69.
5. МАКАРОВ А.М., КИСЕЛЕВ В.В. *Внедрение цифровых технологий блокчейн в системах жилищно-коммунального хозяйства как возможность создания «умных городов» Северного Кавказа* / Вестник экспертного совета. 2018. №3 (14). С. 39 – 47.
6. *Мегафон: единая онлайн-платформа «Цифровая управляющая компания»* [Эл. Ресурс] URL: http://www.tadviser.ru/index.php/Продукт:Мегафон:Цифровая_управляющая_компания
7. *Обзор практики применения механизмов государственно-частного партнерства для создания инфраструктуры*

«умных городов» / Автономная некоммерческая организация «Национальный Центр развития государственно-частного партнерства». – М.: АНО «Национальный Центр ГЧП», 2018. – 64 с.

8. *Тестирование решений для ЖКХ на отечественной сетевой инфраструктуре* [Эл. Ресурс] URL: https://www.company.rt.ru/press/news_ir/news/d449281/

ПОВЫШЕНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЕМ ПРЕДПРИЯТИЙ, КОРПОРАЦИЙ, ТЕРРИТОРИЙ И РЕГИОНОВ

Бирюков Н.С.

*(Московский физико–технический институт,
Долгопрудный)*
biryukovns@gmail.com

Ириков В.А.

(Институт проблем управления РАН, Москва)
irikov41@mail.ru,

В докладе дается краткий обзор методов реализации сценария активного развития предприятий, корпораций, территорий и регионов с акцентом на их успешное практическое использование. Основное внимание уделяется задачам, процедурам и алгоритмам перспективных комплексных технологий управления, способным обеспечить прорывное развитие. К ним относятся инструментарий эталонного программно-целевого управления (ПЦУ), модернизированной программы инновационного развития (ПМИР), системная оптимизация и др..

Ключевые слова: сценарий активного развития, комплексные технологии управления развитием, инфраструктура, системная оптимизация.

1. Введение

Основные вехи прикладных разработок, их пилотной апробации и серийного масштабирования.

1. Конкретизация системного подхода к специфике задач управления развитием – создание и успешное внедрение примерно в 2/3 отраслей промышленности (1970-1990 г.г.) комплекса процедур и методов программно-целевого управления (ПЦУ) с использованием 6-уровневой распределённой системы поддержки процедур (совместные работы Г.С. Поспелов, В.А. Ириков [1,2] и другие).

Эту технологию, свободную от недостатков сложившейся на сегодня практики использования программно – целевых инструментов, будем называть «эталонное ПЦУ».

2. Модели и методы (1967-1988 гг.) управления комплексами операций и программами развития (более 10 совместных работ В.Н. Бурков, В.А. Ириков [3] и другие).

3. Создание (1993-2009гг) и массовое (более 200 предприятий и корпораций) успешное внедрение комплексной технологии управления развитием (КТУР) в формате реформирования и реструктуризации предприятий (совместные работы В.Г. Балашов, В.Н. Тренёв и др., В.А. Ириков, [4,5] и другие).

Эта технология КТУР1 первого поколения, простая и понятная всем участникам развития (осваивается на местах за 3-4 дня) достаточна для обеспечения кратного роста практически любого предприятия и для организации средней серии тиражирования (200-300 предприятий) в регионе. Комплекс ТУР 1 и практика его применения на предприятии наиболее подробно описаны в книге [5] с примером реализации на ОАО Салаватстекло (результат – четырёхкратный рост). Эта книга в качестве самоучителя успешно практически использована более, чем на 200 предприятиях.

4. Появление в 2010 году первой очереди Системы управления инновационным развитием (СУИР) в формате «программа инновационного развития» (ПИР), её расширение и модернизация (МПИР) в 2011-2013гг (работы кафедры инновационного менеджмента МФТИ, зав. каф В.А. Ириков). Инструментарий МПИР, практически апробированный ([6] и другие) на десятках предприятий и территорий, готов к организации масштабирования в регионах и отраслях (совместно с федеральным уровнем).

Технология КТУР2 второго поколения образуется добавлением к технологии первого поколения СУИР и инструментария МПИР. Это удваивает возможности и, главное, обеспечивает устойчивый конкурентоспособный рост на единой методической основе как предприятий, корпораций, так и территорий, регионов. Наличие СУИР является также необходимым условием обеспечения инновационных прорывов («обгонять, не догоняя»).

5. В 2009 году в ИПУ РАН вышла базовая по СУИР книга «Целостная система государственно – частного управления инновационным развитием как средство удвоения темпов выхода России из кризиса», авторы В.А. Ириков, Д.А. Новиков, В.Н. Тренёв.

В ней описаны концепция СУИР РФ, рабочие методики её реализации для регионов и примеры их апробации. Сделан вывод о том, что создания первой очереди этой СУИР вполне достаточно для реального перехода от ручного управления развитием к системному управлению развитием РФ.

6. В 2014 году Президент РФ утвердил Федеральный закон «О стратегическом планировании в РФ». В закон включён ряд основных принципов и понятий, предложенных за 5 лет до того в вышеуказанной книге В.А. Ирикова, Д.А. Новикова, В.Н. Тренёва.

Наполнения этих принципов перечисленными в книге и в данном докладе методиками и использования уже имеющегося инновационного потенциала достаточно для удвоения темпов выхода из кризиса и дальнейшего устойчивого роста.

2. Перспективные технологии и задачи

Технология КТУР3 третьего поколения формируется в настоящее время с учётом перечисленных выше возможностей плюс использование новых.

В число новых входят такие, как:

- разработка и реализация комплексных (междисциплинарных, межотраслевых, межведомственных и межрегиональных) президентских программ;

- комплекс управления и координации развития инфраструктуры с минимизацией сроков и затрат;
- комплекс мер и механизмов ускоренного практического использования преимуществ цифровизации;
- своевременная целевая командная подготовка кадров высокой квалификации т.п.

Анализ показал, что одним из самых сложных, но и перспективных для управления, типом предприятий являются транспортно-логистические центры, например, морские порты. Для разработки и реализации комплексных федеральных программ их развития (Морские порты России - МПР, Северный Морской путь - СМП) с максимальной эффективностью необходим комплекс новых средств развития, включающий модели и методы системной оптимизации. В связи с ограниченным объёмом данного доклада остановимся подробнее только на системной оптимизации.

3. Краткая история задачи системной оптимизации, развития методов её решения и их приложений.

Автором задачи системной оптимизации является академик В.М. Глушков [7].

В.А. Ириковым в 1975 году был предложен траекторный подход для задания целей развития [1], что дало возможность удовлетворить и требованиям к моделированию в человеко-машинной системе, и упростить алгоритмы, что важно при решении практических задач.

В 1980 году траекторный подход был применён и к решению задачи системной оптимизации [2]. Сначала с линейными ограничениями, затем – с обобщением на произвольные, в т.ч. заданные алгоритмически ограничения. Далее (1985-1999гг) – на многоуровневые задачи, а потом – на распределённые многоуровневые системы и координацию многостороннего взаимодействия пользователей шестиуровневой автоматизированной человеко-машинной системы.

Траекторная модель и алгоритмы системной оптимизации используются также как основной оператор координации решений [8]

а) между автономными элементами распределённой человеко-машинной системы на каждом уровне,

б) между уровнями многоуровневой системы.

Важно отметить, что по мере использования преимуществ цифровизации, в процедурах системной оптимизации растёт роль не столько аналитического, сколько имитационного (логико-алгоритмического) моделирования.

4. Примеры содержательной интерпретации объектов, процедур и алгоритмов системной оптимизации.

4.1. ТРАНСПОРТНО –ЛОГИСТИЧЕСКИЕ УЗЛЫ(ЦЕНТРЫ)

- Объекты: морские и речные порты; растущие аэропорты (особенно хабы) и т.п.
- Процедуры и алгоритмы координации взаимовыгодного развития всех участников транспортно-логистических узлов (центров).

Практический пример применения для развития морского порта Ванино и его инфраструктуры приведён в работе [9].

4.2. ОТРАСЛЕВОЙ РАЗРЕЗ

- Объекты: предприятия, корпорации (подотрасли), отрасли.
- Процедуры и алгоритмы эффективной координации развития основного производства с развитием вспомогательного производства и с партнёрами кооперации поставщиков.

4.3. ТЕРРИТОРИАЛЬНЫЙ РАЗРЕЗ

- Объекты: населённые пункты, муниципальные образования (МО), регионы (СРФ). группы регионов.

- Объекты регионов: территориально – промышленные кластеры; комплекс целевых программ развития региона.
- Процедуры и алгоритмы эффективной координации всех участников реализации сценария активного развития, начиная с баланса интересов (механизмов их мотивирования на получение общих конечных результатов).
- Процедуры и алгоритмы координации междисциплинарных, межведомственных, межотраслевых и межрегиональных комплексных программ социального и экономического инновационного развития.

Следует отметить, что региональные задачи развития являются наиболее сложными, включают большинство частных подзадач развития и входят в число наиболее актуальных, а также первоочередных в части автоматизации.

5. Практические примеры и результаты применения

5.1. ОТРАСЛЕВОЙ РАЗРЕЗ

Уровень отрасли

Исторически первое успешное масштабное практическое использование для группы отраслей алгоритмов и процедур системной координации и оптимизации в составе комплекса моделей и методов шестиуровневой автоматизированной системы поддержки процедур программно-целевого управления. Началось оно в конце 1970 –х и практически использовалось в начале 1980-х годов при решении задач развития комплексов отраслей промышленности.

В книге [2] подробно, особенно на примере электроэнергетики и атомной энергетики описаны результаты решения задач развития, охватывающие координацию двух сопряжений смежных отраслей. Например, атомного энергомашиностроения, специального строительства и стройиндустрии; а также необходимых опытно –конструкторских работ и прикладных НИР, включая координацию кооперации их исполнителей. Процедуры и расчёты носили итерационный характер, включая согласования

с верхним уровнем (госкомитетом по науке и технике - ГКНТ - и с Госпланом СССР).

Кроме того, в книге в числе других подробно описаны математические модели и алгоритмы системной оптимизации (п.4.4. под названием «алгоритмы целенаправленного формирования условий развития»), использованные при обосновании и создании автоматизированной системы поддержки.

Уровень предприятия

Пример [6] развития пилотного предприятия ОПК ОАО «ИМЦ Концерна «Вега»: результаты МПИР за 2 года:

- Выручка от реализации гражданской продукции выросла в 4 раза
- Доля аренды в выручке уменьшилась в 3 раза.
- Выработка увеличилась в 2,4 раза
- Выплаты по налогам увеличились в 1,79 раза
- Стабилизировался кадровый состав, число работников до 35 лет увеличилось в 2,2 раза

Успешный российский опыт и технологии результативного прорывного инновационного развития предприятий (с участием консалтинга «под ключ»):

- рост выручки и капитализации в 2 – 3 раза за два года, в 1,5-1,7 раза за год, на 25 – 30 % за полгода;
- кратный рост добавленной стоимости и прибыли;
- кратный рост темпов развития, например, промышленности региона.

5.2. РЕГИОНАЛЬНОЕ РАЗВИТИЕ

- Нижегородская область: взаимодействие пилотных предприятий с региональными властями.

Приведем выдержки из материалов руководства департамента промышленности Администрации области (Вихорев В.А.), которому была поручена реализация региональной программы.

«В случае активной поддержки властями реформируемых предприятий взаимодействие властей и предприятий взаимовыгодно:

- предприятие, получившее поддержку властей (некоторые временные льготы, передача соцкультбыта, возможно, кредиты или гарантии для их получения и т.п.) выигрывают в темпе и надежности, достижения конечных результатов (в том числе, в улучшении финансово-экономического состояния);
- власти при улучшении финансово-экономического состояния предприятий и роста их платежеспособности получают увеличение доходной части бюджета, рост выплат зарплаты как на предприятиях, так и в бюджетной сфере и, как следствие, - снижение социальной напряженности;
- в федеральном масштабе рост числа сильных конкурентоспособных предприятий приводит к усилению национальной экономики в целом и повышению безопасности страны.

В Нижегородской области, согласно распоряжению губернатора, в 1997 году реализуется проект содействия реструктуризации промышленных предприятий области.

В данный проект входит 15 средних промышленных предприятий, и он носит пилотный характер (он задуман как начальный этап подготовки широкомасштабной программы реструктуризации промышленных предприятий, отработки механизмов государственного регулирования рыночных отношений в промышленности на региональном уровне).

Суть данного проекта в том, что аккумулированные ресурсы областной и местной администрации (прием жилищно-коммунальной сферы, реструктуризация долгов, налоговые льготы, денежные средства) обмениваются на обязательства предприятия улучшить свою деятельность, закрепленные соответствующими договорами и гарантиями.

Принципиальным при этом является разработка с помощью консалтинговой фирмы плана реструктуризации и его реализация с сопровождением консалтинговой фирмой в течение года.

Для стимулирования предприятий администрация области приняла ряд решений, таких как:

- снижение на 50 % налога на прибыль от дополнительных объемов продаж (за исключением платежей, причитающихся в федеральный бюджет);
- 50 % оплата услуг консультантов на первом 1-2 месячном этапе (50 % оплачивает предприятие) при условии выработки и защиты эффективного плана реструктуризации;
- возможность предоставления налогового кредита на первые 1-2 квартала реализации плана реструктуризации (при условии его возврата через год) и т.п.;
- проведение конкурса консалтинговых фирм с выбором тех, которые готовы работать совместно с местными консультантами, обучая их и получая оплату от прироста результата (т.е. получать оплату на годовом этапе реализации плана реструктуризации только в случае получения предприятием положительных финансовых результатов, как договорную долю от прироста).

Получены первые положительные результаты.

Общие результаты, по оценке департамента промышленности, оказались лучше ожидаемых. С точки зрения администрации области: при вложении 0,3 млрд. руб. на разработку планов реструктуризации (было запланировано 0,7 млрд. руб.) в 1997 г. получен прирост налоговых платежей в бюджеты всех уровней на 17 млрд. руб. по сравнению с 1996 г. С точки зрения предприятий: при затратах на диагностику и разработку планов реструктуризации менее 1 млрд. руб., в 1997 г. получен прирост выручки от реализации на 98 млрд. руб.

На всех предприятиях значительно вырос уровень управления производством, маркетингом, персоналом и финансами.

Безусловно, это лишь промежуточные результаты первого полугодия из годового периода проекта. Однако они дают возможность сделать вывод о том, что региональные программы реформирования и реструктуризации предприятий – выгодное направление работ региональных властей. В связи с этим на 1998 г. планируется расширить Нижегородский эксперимент в 4-5 раз. Важным результатом проекта является также отработка

механизмов взаимодействия региональных властей, предприятий и консультантов. В частности, впервые был реализован выгодный для предприятий и региона (которые, прежде всего, заинтересованы в реальном результате) принцип выбора консультационных фирм:

фирма должна документально подтвердить свой опыт положительной работы в комплексном консалтинге;

фирма должна быть готова доводить свои рекомендации до конечного результата на предприятии (в течение года);

большая часть вознаграждения (около 90%) должна напрямую зависеть от улучшения финансового положения консультируемого предприятия (роста объема продаж, прибыли).

Следует отметить, что все без исключения директора сразу поддержали эти условия. Однако из участвовавших в конкурсе консультационных фирм на это пошли далеко не все. Например, отказалась работать на таких условиях известная американская фирма «Делойт энд Туш».

Опыт нижегородского проекта начинает использоваться и в других регионах. Начаты аналогичные работы с администрациями Липецкой, Владимирской и др., намечаются в Республике Башкортостан и в других регионах.»

- *Региональное серийное масштабирование* реформирования предприятий в Республике Башкортостан [5]

Организация работ:

- 1) на пилотном предприятии (ОАО «Салаватстекло»):
повышение эффективности, конкурс инвесторов, четырёхкратный рост;
- 2) тиражирование на 10 типовых пилотных предприятиях;
- 3) тиражирование ещё на 106 предприятиях (всего 117).

Результаты: индекс физического объёма производства машиностроения в республике Башкортостан вырос от 104% и составил в первый год 126,3%, во второй год 121,2%, в третий год 120,4%.

Первоочередные организационные шаги:

- Ознакомление с успешным опытом и технологиями роста, а также с комплексом новых мер и механизмов.

- Оценка возможностей их использования в данном регионе.
- Помощь в выборе и адаптации части технологий к особенностям региона.
- Целевая командная переподготовка участников реализации стратегий и программ развития.
- Разработка проектов (программ), обеспечивающих достижение целевых показателей с последующим сопровождением их реализации до получения конечных результатов.

6. Резервы совершенствования сложившейся практики использования программно-целевого инструментария

Примеры [11] типовых отклонений от эталона ПЦУ.

1.1. Отсутствие у участника развития чётко поставленной контролируемой конечной цели проекта и/или алгоритма оценки степени достижения поставленной цели, что ведёт к нецелевому использованию всего бюджета развития.

1.2. Подмена цели и/или целевых показателей их достижения.

а) из-за отсутствия чётко поставленной общей конечной цели Системы, замена частной целью, например, ведомственной, что делает общую конечную цель недостижимой;

б) из-за неадекватно выбранного критерия степени достижения цели развития, например, использование показателя «индекс роста» (цель 103%, факт 101%), вместо целевого показателя развития «прирост» (цель прироста 3%, факт 1%), что кардинально искажает величину степени достижения цели и оценку работы органа управления развитием $101/103=0,99$ (очень хорошо, нет необходимости корректировки), а реально $1/3=0,33$ (неудовлетворительно, необходимо неотложно и кардинально изменить управление);

в) сознательно целью ставится именно то, что умеет или полномочен делать данный орган управления, но имеет слабое

отношение к требуемым конечным результатам, что ведёт к невозможности достижения конечной цели и нецелевому использованию значительной части бюджета развития.

1.3. Разрывы или недостатки в процедуре целеполагания.

а) вертикаль: в многоуровневой организационной структуре не предусмотрено повторение цикла целеполагания на ещё один уровень ниже, особенно - до нижнего уровня конкретных организаций, предприятий – исполнителей, проектных команд, обеспечивающих развитие и прирост требуемых конечных целевых показателей (остальные уровни являются надстройками); это приводит к подмене объекта управления, к неуправляемости, потере результатов и нецелевому использованию значительной части средств;

б) горизонталь: отсутствие регулярной процедуры целеполагания «от будущего к настоящему» и «от настоящего к будущему», что приводит к выполнению далеко не самого предпочтительного варианта при решении задач «цели-средства» и значительным потерям в сроках и эффективности, в частности, отсутствие такой достаточно простой процедуры приводит к низкой востребованности инноваций и прикладных исследований, реально нужных конечному потребителю.

1.4. Разрывы или отсутствие полного цикла управления развитием: «предварительная формулировка целей – прогноз - стратегия – программа – план – оперативное управление реализацией – обеспечение получение конечного результата». Особенно часто в ГП и ФЦП отсутствует заключительная часть (оперативное управление реализацией, изменениями – обеспечение получения конечных результатов). Устранение этого разрыва даёт основной прирост эффективности при переходе к прорывному развитию.

Важно ещё раз подчеркнуть, что все приросты конечных результатов создаются только на уровне конкретных предприятий и организаций – исполнителей нижнего уровня в конкретных населённых пунктах и муниципальных образованиях. Известны позитивные примеры такой проработки целевых программ (например, в Авиапроме, в Росатоме). Но многократно чаще заземления до нижнего уровня не происходит, что приводит к

неуправляемости и потерям. Поэтому особое внимание в ПЦУ при разработке и, главное, – при реализации отраслевых, региональных и федеральных целевых программ развития необходимо уделять программам, проектам и планам нижнего уровня.

Соответственно, основными объектами управления развитием являются приоритетные проекты, программы и планы развития для следующих организаций - участников процесса развития:

- предприятия, организации и их объединения;
- отрасли;
- территории (муниципальные образования и населённые пункты);
- регионы.

Таким образом, особую, главенствующую роль в приросте темпов экономического и социального роста и обеспечении безопасности играют целевые программы прорывного развития нижнего уровня (предприятий и организаций в конкретных населённых пунктах), результативная реализация которых является необходимым и достаточным условием роста на всех уровнях.

Кроме того, необходимо увязывать цели всех участников перерасходу ресурсов и минимальному достижению результата.

Вместе с этим цели не могут быть одинаковы для всех участников системы. Конкретный участник не обязан давать непосредственный вклад, или вовсе знать, о целях всей системы. В связи с этим на первый план выходит задача целеполагания и координации целей.

Необходимо наличие своевременной обратной связи не только на этапе формулировки цели, но и на этапе оценки её достижения. Цели государства, которые должны, с одной стороны, отвечать концепции и стратегии развития государства, утверждёнными в парламенте, с другой – опираться на целевые показатели, которыми отчитываются все звенья снизу-вверх.

Как правило, целевые показатели мало видоизменяются при продвижении вверх по исполнительной цепочке. Это означает, что большая часть организационных структур отчитывается теми параметрами, на изменение которых не способно оказать

влияние. Также, это означает, что наверх попадает огромное количество необработанных данных. Их обработка требует времени, и, в результате, орган выдаёт рекомендации по корректировке действий существенно позже, чем было необходимо, занимаясь не анализом и управлением, а обработкой.

7. Конкурентоспособное развитие может быть только инновационным

Инновационное развитие [6,10] – это деятельность, относящаяся, к одной из следующих категорий:

- освоение новых технологий производства;
- разработка и выпуск инновационной продукции;
- инновации в управлении.

Основной программно-целевой инструмент – модифицированная программа инновационного развития (МПИР)

Особенности инноваций в управлении

Инновации в управлении включают новшества в сферах принятия управленческих решений, организационных преобразований, финансовых технологий, технологий работы на рынке и т.д. В сумме, как показывает анализ практики, их вклад в прирост за 2-3 года дает примерно такой же результат, как инвестиционные проекты.

Инновации в управлении – наиболее эффективный инструмент инновационного развития. Они в 4-5 раз дешевле, в 5-6 раз быстрее реализуются и более, чем в 10-12 раз эффективнее других преобразований.

В условиях ограниченности финансовых ресурсов многократно более высокая эффективность инноваций в управлении делает их применение первоприоритетными в ближайшие 2-3 года.

Примеры высокоэффективных инноваций в управлении:

- Мотивирование подразделений и персонала на прирост общих конечных результатов.
- Повышение эффективности основного бизнес-цикла.
- Диверсификация и маржинальный анализ.

- Улучшение бизнес-процессов, устраняющих несогласованность подразделений.
- Освоение эталонного программно-целевого управления и бюджетирования, ориентированного на результат.

8. Стандарт ПИР

Нормативные документы, определяющие стандарт ПИР:

1. Решение Правительственной комиссии по высоким технологиям и инновациям от 23 августа 2010 года, протокол № 4 «Рекомендации по разработке программ инновационного развития акционерных обществ с государственным участием, государственных корпораций и федеральных государственных унитарных предприятий» (2010).
2. Распоряжение Минэкономразвития России «Методические материалы по разработке программ инновационного развития акционерных обществ с государственным участием, государственных корпораций и федеральных государственных унитарных предприятий», март 2011 года (2011).

В этих нормативных документах наряду с конструктивной структуризацией и регламентацией разработки ПИР впервые

- помимо инноваций в новых продуктах и новых технологиях производства вводится понятие «инновации в управлении»;
- вводятся понятия реализуемости и результативности инновационных проектов, а также «целостная система управления инновационным развитием»
- в обязательном порядке в каждом предприятии с государственным участием вводится должность заместителя генерального директора по ПИР и подразделение, помогающее ему управлять разработкой и реализацией ПИР;
- обязательный механизм пополнения инновационного потенциала, включая долгосрочные договора с научно-

исследовательскими и инновационными предпринимательскими организациями;

- обязательный механизм обеспечения инновационной деятельности высококвалифицированными кадрами.

Очевидно, что в рабочих методиках для разработки и реализации ПИР предприятий и территорий целесообразно использовать полученные ранее, начиная с программно –целевого управления и реформирования предприятий, лучшие методические результаты и успешные практики и технологии кратного роста.

В этих целях предлагается использовать следующие дополнения к методическим рекомендациям, уже реализованные как на пилотных объектах, так и на сотнях предприятий:

- четкая привязка инновационного процесса и его результатов к достижению конечных целей социально-экономического развития предприятий и территорий;
- первоочередное использование низкозатратных, быстро реализуемых инноваций в управлении, таких как
 - 1) механизмы и алгоритмы координации и системной оптимизации программ развития участников кластеров;
 - 2) хорошо зарекомендовавшей себя десятки раз на практике методики «затраты – результаты» для оценки инновационного потенциала достижения поставленных конечных целей;
 - 3) использование методов принятия выгодных решений при выборе приоритетных направлений и проектов инновационного развития, обеспечивающих достижение поставленной конечной цели с минимальными затратами (т.е. с максимальной эффективностью использования бюджета развития);
 - 4) разработку целевых программ и инновационных проектов, реализующих только выбранные приоритетные направления;
 - 5) использование бюджетирования, ориентированного на результат, обеспечивающего повышение бюджетной эффективности развития примерно в 1,5 раза;

- 6) конкурентоспособное развитие может быть только инновационным: формирование постоянно действующей системы управления инновационным развитием (СУИР), обеспечивающей рост конкурентоспособности организации и кратно повышающей реализуемость ПИР;
- 7) использование инструментария ПИР для управления развитием частных предприятий и корпораций, территорий и других объектов (например, портов Дальнего Востока).

ПИР, удовлетворяющую требованиям 1) – 7), мы и называем «модернизированная ПИР (МПИР)».

Современные перспективные технологии инновационного прорыва и их применение достаточно описаны в работах [10,11].

Литература

1. ПОСПЕЛОВ Г.С., ИРИКОВ В.А. *Программно – целевое планирование и управление*. М.: Сов.радио, 1976. – 440 с.
2. ПОСПЕЛОВ Г.С., ИРИКОВ В.А., КУРИЛОВ А.Е. *Процедуры и алгоритмы формирования комплексных программ*. - М.: Наука, 1985. – 424 с.
3. БУРКОВ В.Н., ИРИКОВ В.А., *Модели и методы управления организационными системами*. М.: Наука, 1985. – 269 с.
4. БАЛАШОВ В.Г., ИРИКОВ В.А. *Технологии повышения финансового результата*. М.: МЦФЭР, 2009. – 672 с.
5. БАЛАШОВ В.Г., ИРИКОВ В.А., ТОКАРЕВ В.Д. *Опыт реформирования: четырёхкратный рост и техперевооружение. Трёхлетний опыт ОАО «Салаватстекло»*. М.: Приор, 2002. – 320 с.
6. ИРИКОВ В.А., МИХЕЕВ В.А., ОТАРАШВИЛИ З.А., СУШКОВ Д.В. *Разработка программы инновационного развития предприятия. Методика. Практика. Рекомендации по внедрению*. Под ред. Ирикова В.А. , М.:Логос, 2013. - 112с.
7. ГЛУШКОВ В.М. О системной оптимизации // Кибернетика. - 1980. - №5. - С. 89-90.

8. В.А. ИРИКОВ, В.Н. ТРЕНЁВ. *Распределённые системы принятия решений. Теория и приложения*. М.: Наука, Физматлит, 1999. – 285 с.
9. ЛИСИН Д.С., ИРИКОВ В.А. *Модель кластера и алгоритм системной координации его развития как средство повышения информационной и экономической безопасности*. // Спецтехника и связь № 5-6, 2012. С.72-76.
10. ИРИКОВ В.А. *Стратегическое управления для инновационного предприятия*. М.: МФТИ, 2016. – 106 с.
11. ИРИКОВ В.А. *Практические предложения по получению конечных результатов прорывного развития за 2-3 года*. М.: Первый том, 2018 . – 256 с.

ТРАНСФОРМАЦИЯ ЭКСПОРТНОГО ПОТЕНЦИАЛА МАЛОГО И СРЕДНЕГО БИЗНЕСА ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ЕДИНОЙ ЦИФРОВОЙ ПЛАТФОРМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭКОНОМИКОЙ

Богатырева Л.В., Косяченко С.А.

(Институт проблем управления РАН, Москва)

lbogat@mail.ru, sakos@ipu.ru

Меденников В.И.

*(Вычислительный центр им. А.А. Дородницына ФИЦ ИУ
РАН, Москва)*

dommed@mail.ru

Аннотация: в работе рассматривается цифровая трансформация экспортного потенциала малого и среднего бизнеса в сельском хозяйстве на основе математической модели электронной торговой площадки, являющейся элементом типовых сайтов сельскохозяйственных предприятий, интегрированных в единое информационное Интернет-пространство АПК. Показано, что реализация электронной торговой площадки в таком виде позволит значительно увеличить долю экспорта малых и средних предприятий в общем объеме экспорта РФ.

Ключевые слова: малый и средний бизнес, электронная торговая площадка, типовые сайты, математическая модель.

1. Введение

В Стратегии развития малого и среднего бизнеса в РФ на период до 2030 года указано, что доля экспорта малых и средних предприятий в общем объеме экспорта РФ должна вырасти почти в два раза - до 12% в 2030 году с нынешних 6,5%. Согласно прогнозам, доля экспорта малого бизнеса в 2020 году должна

вырасти до 7,5%, в 2025 году до 9%. В стратегии отмечается, что доля малого бизнеса в общем объеме экспорта довольно мала по сравнению с другими странами. В настоящее время доля экспорта малых и средних предприятий в общем объеме экспорта РФ, по данным ФТС, составила около 6%. В то же время вклад малых и средних предприятий в экспорте развитых стран довольно значителен - их доля в общем объеме экспорта, по данным Организации экономического сотрудничества и развития, составляет от 25 до 35%. В отдельных развивающихся странах вклад малых и средних предприятий в экспорте продукции еще выше - в Южной Корее около 40%, в Китае - более 50%" [3].

Процедура экспорта из Российской Федерации – достаточно сложная, в отличие от процедуры экспорта, действующей на территории, например, Евросоюза. Поэтому малые и средние предприятия предпочитают, порой вынуждены, работать с посредниками, забирающими значительную часть прибыли. Посредники предоставляют следующие услуги: разработка внешнеэкономического контракта, удовлетворяющего требованиям законодательства, подготовка комплекта документов для получения разрешительных документов (фитосанитарные и ветеринарные сертификаты и т.д.), подбор оптимальной логистической схемы для доставки груза покупателю, подготовка комплекта отгрузочных документов для оформления экспорта и документов для таможенного оформления и т.д.

В качестве одного из факторов, способствующих реализации Стратегии, на сегодняшний день является инновационный метод ведения бизнеса - интернет-торговля. Она помогает малому предпринимательству устранить посредников в ведении бизнеса, увеличивает роль малых предприятий в системе внешнеэкономической деятельности крупных предприятий за счет их оперативности. Преимуществами интернет-торговли являются оперативность и низкие издержки обращения, которые в бумажном обороте составляют 10% [1]. Недостатки интернет-торговли связаны неразвитостью программного инструментария, отсутствием интеграции информационных ресурсов и систем. Российский малый бизнес мог бы занимать более широкую нишу в

международной торговле, если бы электронная торговля получила развитие на основе типизации сайтов сельскохозяйственных предприятий в рамках Единого информационного Интернет-Пространства АПК [2]. Более того, в рамках данного проекта представлены базы данных, представляющие консультационную деятельность, нормативно-правовую информацию на основе общероссийских классификаторов, которые также могут оказать существенную помощь малому и среднему бизнесу в экспорте своей продукции. В данной работе рассмотрим реализацию электронной торговой площадки.

2. Тенденции формирования электронных торговых площадок в сельском хозяйстве

В сельском хозяйстве РФ в настоящее время стихийно создаются сайты, отражающие, в той или иной степени, автоматизацию информационных процессов реализации продукции и услуг сельскохозяйственных предприятий в Интернете.

Анализ состояния процессов реализации продукции и услуг сельскохозяйственных предприятий в Интернете позволяет выделить следующие последовательные уровни автоматизации данных процессов:

- создание информационного поля для реализации поиска продукции в виде общей неструктурированной доски объявлений;
- структурирование объявлений по видам (категории) товаров и услуг с использованием произвольно составленных классификаторов товаров и услуг;
- автоматизация поиска оптимального торгового партнера по заданному показателю (критерию оптимальности);
- в дополнение к п.3 осуществляется учет общих затрат на приобретение товара, включая транспорт, налоги и др.;
- автоматизация информационных процессов всех торговых операций;
- полная автоматизация электронной торговли с юридическим оформлением торговых операций.

Можно выделить два варианта реализации этих процессов.

Первый - создается организационная структура, которая, подобно Рамблеру или Яндексу, собирает в одной базе данных с определенной периодичностью всю информацию по всем сайтам, имеющим спрос и предложение товаров и услуг в области сельского хозяйства. На данном интегрированном сайте создается информационная система, реализующая тот или иной уровень автоматизации электронной торговли.

Второй – разрабатывается типовой сайт сельскохозяйственного предприятия с размещением у одного провайдера под управлением мощной СУБД на основе единых классификаторов, например, ГРНТИ и ОКП. Данный подход дает огромные преимущества. Это возможность различной аналитической обработки информации, сведения напрямую продавцов и покупателей с расчетом транспортного плеча и оптимизацией издержек. В предложенном варианте информация автоматически находится в общей БД в соответствующих разделах без дополнительных затрат на ее сбор и актуализацию. Структура типового сайта приведена в [2]. Раздел, посвященный электронной торговле, выглядит следующим образом:

- дата публикации;
- наименование продукта (услуги);
- вид (тип, группу, сорт) продукта (услуги);
- количество продукта;
- цена продукта (услуги);
- тара;
- условия поставки (дополнительная информация).

Использование типового сайта сельскохозяйственных предприятий на основе мощной СУБД и единых классификаторов, таким образом, позволит осуществить автоматизацию торговых операций четвертого и выше уровней с поиском наиболее выгодного партнера. В рамках единого информационного Интернет-пространства цифрового взаимодействия АПК [2] можно было бы решать транспортную задачу минимизации всех суммарных затрат, указанных выше, для всех поставщиков и производителей. На данный момент реально минимизировать такие затраты лишь

для конкретного пользователя системы на базе типового сайта сельскохозяйственных предприятий.

3. Математическая модель функционирования электронной торговой площадки

Алгоритм решения данной задачи с точки зрения конкретного потребителя в рамках типизации сайтов сельскохозяйственных предприятий описывается следующим образом.

Введем обозначения.

v_{ik} - объем потребности i - го потребителя в k - ом продукте,
 $i \in I ; k \in K ;$

w_{jk} - объем наличия k - го продукта у j - го производителя,
 $j \in J ;$

p_{jk} - цена k - го продукта у j - го производителя;

m_{ijr} - расценки на транспортировку из пункта нахождения j - го производителя в пункт нахождения i - го потребителя r -м видом транспорта;

(1) $v_{ijk}^1 = v_{ik}$, если $v_{ik} \leq w_{jk}$, и $v_{ijk}^1 = w_{jk}$, иначе;

(2) $c_{ijrk}^1 = v_{ijk}^1 \times m_{ijr}$ - расходы на транспортировку k - го продукта от j - го производителя i - му потребителю r -м видом транспорта;

(3) $c_{ijk}^2 = v_{ijk}^1 \times p_{jk}$ - стоимость k - го продукта, приобретаемого i - м потребителем у j - го производителя;

(4) $c_{ijrk} = c_{ijrk}^1 + c_{ijk}^2$ - общая стоимость k - го продукта, приобретаемого i - м потребителем у j - го производителя при транспортировке r -м видом транспорта.

Тогда:

Шаг 1: введем множество $J^* \subset J$, $J^* = 0$;

Шаг 2: решается задача

(5) $c_{ijrk} = \rightarrow \min$ по переменным r и j при ограничениях

(6) $v_{ik} \leq \sum_j w_{jk}$, $j \in J / J^*$. Найденное решение j^* включается во множество J^* ;

Шаг 3: выполняется шаг 2 до тех пор, пока не будут найдены все производители, удовлетворяющие критерию шага 2, то есть способные поставить необходимое количество нужного продукта конкретному потребителю. При этом они будут ранжированы в порядке возрастания суммарной стоимости k -го продукта.

Дальнейшее взаимодействие потребителя и производителя зависят от уровня автоматизации торговых операций, указанных выше.

Сведения о расстояниях, видах транспорта и тарифах предоставляют транспортные учреждения (соответствующие базы данных широко представлены в Интернете). Номера или названия пунктов выбираются по адресу учреждения, указанного в разделах типового сайта.

Процесс создания электронной торговой площадки на базе типового сайта сельскохозяйственных предприятий должен быть интегрирован в единое информационное Интернет-пространство цифрового взаимодействия АПК, структура которого представлена в [2], для чего необходимо разработать соответствующие руководящие и регламентирующие документы, касающиеся порядка предоставления программного и информационного обеспечения предприятиям, внедрения, развития и ведения сайтов.

Экономия, при этом, только на разработке и сопровождении сайтов превысит 1 млрд. рублей в год. Реализация единого информационного Интернет-пространства цифрового взаимодействия АПК в таком виде позволит реализовать удобный механизм трансфера инноваций в сельском хозяйстве, в частности, увеличить долю экспорта малых и средних предприятий в общем объеме экспорта РФ.

Литература

1. ГУРОВА М.М. *Развитие экспортного потенциала зернового рынка России: особенности государственного регулирования (на примере Ростовской области)* [Электронный ресурс]. – URL: <http://avtoreferat.seluk.ru/at-ekonomika/12727-1-razvitie-eksportnogo-potenciala-zernovogo-rinka-rossii-osobennosti-gosudarstvennogo-regulirovaniya-na-primere-rostovsko.php/> (дата обращения 02.09.2019).
2. ЕРЕШКО, Ф. И., КУЛЬБА В.В., МЕДЕННИКОВ В.И. *Интеграция цифровой платформы АПК с цифровыми платформами смежных отраслей.* // АПК: экономика, управление. 2018. №10. С. 34-46.
3. *Медведев подписал Стратегию развития малого и среднего бизнеса до 2030г.* [Электронный ресурс]. – URL: <http://tass.ru/ekonomika/3352007/> (дата обращения 02.09.2019).

ПРОЦЕССНЫЙ ПОДХОД К ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ОРГАНОВ ПРОКУРАТУРЫ

Бондаренко Ю.В.

(Воронежский государственный университет, Воронеж)

bond.julia@mail.ru,

Горошко И.В.

(Университет прокуратуры Российской Федерации,

Институт проблем управления РАН, Москва)

garrygo@mail.ru

В процессе построения информационного общества в Российской Федерации предстоит обеспечить достижение целого ряда важных целей, направленных на повышение качества государственного управления, развитие свободного, устойчивого и безопасного электронного взаимодействия граждан и организаций, органов государственной власти, удовлетворение потребностей в получении достоверных сведений на основе использования передовых информационных и коммуникационных технологий. Все вышеназванные направления цели актуальны и для Прокуратуры Российской Федерации как единой федеральной централизованной системы органов, осуществляющих надзор за соблюдением Конституции и исполнением законов, действующих на территории Российской Федерации

Информатизация, модель, органы прокуратуры, цифровая трансформация.

Для поддержки стратегической цели построения в Российской Федерации информационного общества, в 2017 году была утверждена не имеющая аналогов Концепция цифровой трансформации органов прокуратуры (далее – Концепция) и разработан Проект такой трансформации (далее – Проект), в ходе которого предполагается выполнить большой объем работ,

включающий создание, развертывание, стабилизацию платформы цифровой трансформации и ее дальнейшее развитие [1].

Показатели, которые планируют достигнуть авторы Концепции и Проекта, представляются достаточно амбициозными. Так, к 2025 году предполагается, что доля граждан и юридических лиц, удовлетворенных качеством взаимодействия с органами прокуратуры, превысит 90 процентов, доля обращений, рассмотренных без продления срока, также не упадет ниже этого уровня. Кроме того, в 95 процентах случаев время ответа на обращения не превысит 20 дней.

В качестве инструмента цифровой трансформации в Проекте выбран процессный подход, хорошо зарекомендовавший себя в различных коммерческих организациях, решавших задачи совершенствования управления и улучшения качества менеджмента.

В стандарте Международной организации стандартизации ISO 9001:2015 «Системы менеджмента качества. Требования» и идентичном национальном стандарте ГОСТ Р ИСО 9001-2015 «Системы менеджмента качества. Требования» под процессом понимается «совокупность взаимосвязанных и взаимодействующих видов деятельности, которая использует входы для производства запланированного результата» [2].

В случае органов прокуратуры (ОП) таким запланированным результатом может считаться как повышение качества выполнения основных функций, которые определены статьей 2 ФЗ «О прокуратуре РФ» (например, надзорных), так и вспомогательных, связанных документационным обеспечением, подготовкой кадров и т.п.

В целях обеспечения мероприятий цифровой трансформации на основе изучения нормативных правовых актов и практики была разработана модель текущей деятельности ОП, в рамках которой были сформированы четыре *группы процессов*, в которые агрегируются пятнадцать приоритетных направлений деятельности ОП. В частности, группа процессов «Прокурорский надзор», «Взаимодействие с внешней средой», «Процессы управления» и «Другие основные процессы».

Далее в каждой из групп процессов были выделены:

- базовые служебные процессы первого уровня: «Правотворческая деятельность», «Международное сотрудничество», «Надзор за исполнением Федерального законодательства», «Надзор за исполнением уголовных наказаний» и т.п.;
- группа базовых служебных процессов второго уровня, обеспечивающих выполнение процессов первого уровня: «Надзор за законностью правовых актов», «Надзор за исполнением законодательства» и т.п.;
- группа комплексных служебных процессов. В данную группу входят процессы, осуществляемые в ходе надзорной деятельности ОП, в которых синтезируются обеспечивающие процедуры («Сбор информации», «Проверка информации»), базовые служебные процессы второго уровня и отдельные базовые служебные процессы первого уровня. Например, в состав комплексного процесса «Надзор за исполнением законодательства в сфере экономике» входит такой базовый процесс первого уровня как «Надзор за оперативно-розыскной деятельностью».

Многообразие взаимосвязей текущих процессов требовало своего адекватного описания, адекватного с точки зрения доступности и точности реализации при решении задач цифровой трансформации.

В качестве методологии для такого описания была использована методология функционального моделирования IDEF0 (Integration DEfinition for Function modeling, часто говорят, нотация IDEF0) и ее графический язык, позволяющий с помощью интуитивно понятного синтаксиса (блоки, стрелки, диаграммы, правила) наглядно иллюстрировать функционирование сложных, иерархических систем, циркулирующих в них информационных, материальных потоков, управленческих сигналов, связывающих входной поток ресурсов и выходной результат в единый процесс.

В ходе моделирования текущей деятельности органов прокуратуры, помимо графического изображение взаимосвязанных

процессов, важным представляется и описание ролей сотрудников, участвующих в их реализации.

С этой целью, в дополнении к нотации IDEF0, использовались кросс-функциональные схемы выполнения функций прокуратуры, в которых такие роли были указаны. Например, для процесса «Надзор за исполнением закона» были уточнены роли документатора, прокурора и лица, принимающего решение по предмету, объекту надзора.

Процессный подход к описанию текущей деятельности органов прокуратуры позволил определить для каждого процесса цели цифровой трансформации. Так, для базового процесса первого уровня «Формирование (корректировка, проверка) ежегодного сводного плана проведения плановых проверок органами контроля (надзора)» таковыми целями являются:

- Постепенный переход от обмена информацией на бумажных носителях к электронному документообороту, включая системы квалифицированной электронной подписи.
- Внедрение инструментов всестороннего анализа информации и поддержки принятия решений.
- Внедрение интерфейса взаимодействия с гражданами через каналы электронного правительства.
- Электронное взаимодействие с ведомствами, судебной и законодательной властью.
- Трансформация системы отчетности сотрудников, в ходе которой отчеты будут генерироваться автоматически, на основе информации, которая уже содержится в системе в результате перехода на безбумажное делопроизводство.

Как итог, результатом цифровой трансформации органов прокуратуры должно стать существенное снижение нагрузки за счет внедрения современных технологий, уменьшения количества информации для обработки, хранения и передачи которой используются бумажные носители, сокращения времени на выполнение рутинных операций, что позволит прокурорам

сосредоточиться на непосредственном выполнении прямых служебных обязанностей, повысить их качество.

Дальнейшее развитие процессного подхода в органах прокуратуры видится в разработке для сотрудников четких инструкций, регламентов и стандартов действий, необходимых при выполнении той или иной процедуры. Находясь в доступной для каждого прокурорского работника информационной среде и поддерживаемые в актуальном состоянии, эти стандарты и регламенты позволят оперативно решать текущие задачи, осуществлять мониторинг качества служебных процессов, не отвлекаясь на получение необходимых сведений и на отслеживание времени и результатов прохождения документов.

В заключении отметим существование проблемных вопросов, которые могут возникнуть при реализации процессного подхода к цифровой трансформации органов прокуратуры. Один из них, и по нашему мнению, самый важный, связан с возможной необходимостью пересмотреть роль и значение устоявшихся связей «руководитель-подчиненный» в иерархической структуре управления органами прокуратуры. Внедрение на практике процессного подхода может привести к существенному их ослаблению за счет усиления горизонтальных связей между всеми участниками процессов.

Литература

1. *Приказ Генпрокуратуры России от 14.09.2017 № 627 «Об утверждении Концепции цифровой трансформации органов и организаций прокуратуры до 2025 года».* // Законность. – №12. – 2017. – С. 9-25.
2. *Национальный стандарт РФ ГОСТ Р ИСО 9001-2015 «Системы менеджмента качества. Требования»* (Утв. приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 28 сентября 2015 г. № 1391-ст.) URL: <https://base.garant.ru/71283056/> (дата обращения: 2.09.2019)

ДВУХКАНАЛЬНЫЕ АКТИВНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИМИ ОБЪЕКТАМИ

Буркова И.В.,

(Институт проблем управления РАН, Москва)

irbur27@gmail.com

Киселева Т.В.

(Сибирский государственный индустриальный университет)

kis@siu.sibsiu.ru

Немного истории. 60-70-ые годы прошлого столетия ознаменовались бурным развитием вычислительной техники, которая стала внедряться на объекты черной металлургии. В частности, появились так называемые «советчики мастера». Требовались специальные стимулирующие меры, чтобы такие системы начали эффективно функционировать. Постепенное осознание этого привело В.П. Авдеева, заведующего кафедрой систем информатики и управления СибГИУ на консультацию к С.В. Емельянову, который тогда был заместителем директора ИАТ (ныне ИПУ РАН). Он и предложил Авдееву В.П. состыковаться с В.Н. Бурковым. Так началось сотрудничество нашей кафедры с В.Н. Бурковым и его лабораторией.

Совместно с лабораторией активных систем (Бурков В.Н., Еналеев А.К.), названной выше кафедрой в лице Авдеева В.П. и Киселевой Т.В., а также представителями лаборатории качества ОАО «Кузнецкий металлургический комбинат» (КМК) в лице Ершова А.А., Строкова И.П. начали разработки систем управления шихтовкой плавки, вначале мартеновской, а потом и электропечи. Разработки вместе с организационным механизмом, включающим стимулирующие функции шихтовщиков, были успешно внедрены на КМК. Разработчики представили систему на ВДНХ и получили медали ВДНХ.

В условиях автоматизации управления производством с использованием вычислительной техники возникла актуальная проблема организации, стимулирования, планирования деятельности, регламентации поведения и обучения человека в автоматизированных системах. В связи с этим одной из наиболее важных задач является интеграция традиционно сложившихся на производстве управленческих (планирующих, контролирующих, регулирующих и др.) систем и создаваемых в дополнение к ним АСУ путем совершенствования механизма координации их работы. Решение этой задачи позволило обеспечить условия постепенного формирования качественно новых и эффективных управляющих комплексов. Разработки в этом направлении [1], связанные с совершенствованием систем «оператор – АСУ», названные «советчиками оператора», сначала проводились эвристически для объектов черной металлургии, а затем получили теоретическое и практическое обоснование в исследованиях по многовариантным системам, натурно-математическому моделированию и теории активных систем [2 – 6].

Первые работы [2 - 4, 7, 8], в которых были поставлены вопросы оценивания и стимулирования человеко-машинного взаимодействия в системах типа «советчик оператора» на основе ретроспективного (по предыстории) анализа принятых человеком-технологом и рассчитанных с помощью машинного (компьютерного) канала управляющих решений, послужили началом исследования двухканальных активных систем.

«Советчики оператора» были призваны помогать человеку-технологу, принимающему управленческие решения на объекте, вырабатывать наиболее оптимальные решения. Для повышения эффективности функционирования таких активных систем были предложены многоканальные организационные механизмы, представляющие собой механизмы функционирования автоматизированного комплекса из нескольких взаимосвязанных и действующих параллельно активных каналов выработки управленческих решений и формирования информации. На основе сравнительного анализа достигнутой каналами эффективности их

функционирования и полученных результатов осуществлялось стимулирование людей, входящих в состав активных каналов.

Среди наиболее распространенных двухканальных активных систем можно выделить *пассивный* и *активный* «советчики».

1. Пассивный «советчик»

Пассивным «советчик» был назван потому, что в такой автоматизированной системе человек-технолог играет пассивную роль по отношению к машинному (модельному) каналу. Модель принятия решений здесь реализуется с помощью УВМ (или компьютера), а поддерживается специалистами – системщиками, постановщиками задач, электронщиками, операторами и т.д. Таким образом, машинный канал также является активным. Схема пассивного «советчика» показана на рисунке 1.



Рисунок 1 – Схема пассивного «советчика»

На рисунке 1 приняты следующие обозначения:

$W^D, U^D, (V^D), Y^D$ – совокупность внешних, управляющих (входных) и выходных воздействий, действительно имеющих место на объекте;

$Z \in (W, U, Y)$ – те же самые величины, прошедшие через измерительную систему;

N_Y, N_V – измерительные погрешности;

U^M – машинные (модельные, компьютерные) управляющие воздействия, которые вырабатываются с помощью УВМ (или компьютера) и подаются в натурнодействующую управляющую систему в качестве «советов»;

U^H – управляющие воздействия, вырабатываемые человеком-технологом в составе натурнодействующей управляющей системы.

В автоматизированной системе работают параллельно два канала выработки управляющих воздействий: первый канал представлен натурнодействующей (натурной) управляющей системой, в состав которой входит человек-технолог, принимающий решение, а второй канал представлен модельнодействующей (модельной, компьютерной, машинной) управляющей системой, реализуемой с помощью УВМ. Натурнодействующая управляющая система вырабатывает решения и наносит их на реальный (натурный) объект, а модельнодействующая – передает свои решения человеку-технологу в качестве «советов».

Основной недостаток пассивного «советчика» – отсутствие воспроизводящей модели объекта деятельности для замкнутого функционирования модельнодействующей управляющей системы, а также, связи с этим, невозможность оценивания эффективности вырабатываемых ею советов.

Относительно недостатков в организации работы пассивных «советчиков» можно добавить следующее. Использование УВМ в режиме пассивного «советчика» может приводить к низкой эффективности ее функционирования, поскольку вырабатываемые ею решения U^M не проверяются ни в замкнутом контуре, ни в непосредственной работе натурнодействующей управляющей системы. Использование управляющих решений «советчика» в натурнодействующей управляющей системе обычно регламентируется инструкциями, носящими рекомендательный характер, т.е. в виде административных указаний, не подкрепленных четкими стимулами, которые зависели бы от результатов сравнительного анализа эффективности решений U^M и U^H .

Фактически назначаемые администрацией (центром) стимулы для людей, работающих в составе натурнодействующей управляющей системы (ведущий и вспомогательный производственный персонал), имеют ту же природу, что и при отсутствии «советчика». Стимулирование персонала, обслуживающего машинный канал (алгоритмисты, программисты, электронщики, операторы и т.д.), осуществляется за такие косвенные показатели, как время наработки на один отказ электронной аппаратуры; процент «достовверных» решений – советов, определяемый по диапазону отклонений от средних и натуральных решений; надежность ввода первичных данных и т.п.

Таким образом, в связи с возможной низкой эффективностью управляющих решений машинного канала, во-первых, и отсутствием зависимости стимулирования персонала от сравнительной эффективности решений U^H, U^M , во-вторых, производственных персонал практически не пользуется рекомендациями «советчика». Этот вывод подтверждается накопленным опытом функционирования АСУ типа «пассивный советчик» на ряде объектов черной металлургии [1, 8 - 11]. Таким образом, режим пассивного «советчика» за отсутствием объединяющего стимулирования людей в составе натурно- и модельнодействующей управляющих систем приводит в большинстве случаев к компьютерной показухе, сильно обособленному функционированию названных управляющих систем.

Подводя итоги сказанному, можно отметить, что такие системы были широко распространены на объектах черной металлургии, но так и не прижились на них по следующим причинам:

1. Пассивная роль человека-технолога по отношению к машинному каналу в силу того, что такой «советчик» был разработан и внедрен без какого-либо участия в этом человека-технолога, как эксперта.

2. Отсутствие у модельнодействующей управляющей системы обратной связи, т.е. отсутствие объекта реализации машинных решений.

3. Использование стимулов, которые имели место до внедрения «советчиков» и недостатком которых является то, что в них

математической моделью здесь понимается модель управляемого объекта, позволяющая по информации о выходе объекта Y , о натуральных U^H и модельных U^M управлениях определить модельный выход, т.е. оценку действительной выходной величины объекта, которая реализовалась бы, если бы на вход объекта вместо управлений U^H были поданы управляющие воздействия U^M .

Активным такой «советчик» назван потому, что в этой автоматизированной системе человек-технолог принимал активное участие в формировании модельнодействующей управляющей системы (машинного канала) уже на начальных этапах ее разработки, где он использовался в качестве эксперта.

Наряду с обозначениями, уже расшифрованными при описании схемы пассивного «советчика» (рисунок 1), на рисунке 2 приняты следующие обозначения: I^{HM} - информационный канал, с помощью которого натурно- и модельнодействующая упоравляющие системы могут обмениваться информацией; U^{HM} - совместные натурно-модельные управленческие решения; Y^M - расчетное (с помощью приобъектно-пересчетной математической модели) значение выходной величины объекта, которая отвечает на вопрос: что получилось бы на выходе объекта, если бы, вместо U^H , было нанесено управляющее воздействие U^M , выработанное модельнодействующей управляющей системой (машинным каналом); Q^H , Q^M , U^{HM} - показатели эффективности функционирования натурно- и модельнодействующей управляющих систем, а также совместно выработанных этими каналами решений.

Охарактеризуем функции блоков, которые включены в состав системы активного «советчика».

Приобъектно-пересчетная математическая модель (ПМ) управляемого объекта – комбинированная модель, которая сочетает в себе элементы натурального (реального) объекта и пересчетную математическую модель и позволяет оценить расчетным путем выходную величину объекта, полученную в случае, если бы на вход объекта вместо U^H поступили бы управляющие

воздействия U^M . Методы построения ПМ и примеры будут рассмотрены позже, здесь же в качестве упрощенного примера покажем, как можно оценить Y^M :

$$(1) \quad Y^M(i) = Y(i) + k[U^M(i) - U^H(i)],$$

где Y – выходная величина объекта; k – коэффициент эквивалентного пересчета величины разности управляющих воздействий, записанной в квадратных скобках, в размер корректировки выходной величины объекта для оценивания Y^M ; i – номер отсчета.

Наличие замкнутого на приобъектно-пересчетную модель контура у модельно действующей управляющей системы обеспечивает необходимую самостоятельность функционирования активного «советчика» в различных режимах (адаптации алгоритмов, обучения людей, сравнительного анализа эффективности решений U^H и U^M , выдачи центру оценок эффективности для корректировки стимулов и т.д.).

Таким образом, приобъектно-пересчетная математическая модель играет роль натурно-модельного объекта реализации машинных решений.

В системах с активным «советчиком» предусмотрена возможность выработки совместных натурно-модельных информирующих I^{HM} и управляющих решений U^{HM} . Например, управляющие натурно-модельные решения можно рассчитать по соотношению:

$$(2) \quad U^{HM}(i) = \frac{\alpha^H(i)U^H(i) + \alpha^M(i)U^M(i)}{\alpha^H(i) + \alpha^M(i)}$$

где $\alpha^H(i)$, $\alpha^M(i)$ – весовые коэффициенты для натурно- и модельнодействующих каналов, которые корректируются после каждого i -го процесса по результатам работы соответствующих каналов выработки решений.

Чем выше эффективность работы канала на фиксированном промежутке времени, тем больше его весовой коэффициент. При этом приоритет отдан натурнодействующей управляющей системе, для которой на каждом шаге назначается весовой

коэффициент, а для модельнодействующей управляющей системы коэффициент рассчитывается, исходя из соотношения $\alpha^H(i) + \alpha^M(i) = 1$.

Блок оценивания эффективности управленческих решений предназначен для сравнительного оценивания эффективности решений, вырабатываемых рассматриваемыми каналами. По результатам этого оценивания затем назначаются стимулы. В рамках системы с активным «советчиком» в зависимости от вида стимулирующих функций натурный и модельный управляющие каналы могут работать в *следующих режимах*:

- *соревновательный режим*, согласно которому стимулирующие функции для каждого канала имеют следующий вид:

$$St^H = \frac{Q^H(i)}{Q^M(i)} - \text{для натурнодействующей управляющей си-}$$

стемы (натурного канала); $St^M = \frac{Q^M(i)}{Q^H(i)} - \text{для модельно- действующей}$

управляющей системы (модельного или машинного канала), Q^H, Q^M – критерии (показатели) эффективности управляющих каналов.

Из анализа представленных выше функций стимулирования видно, что величина стимула будет тем выше, чем выше числитель функции, т.е. чем эффективнее работает соответствующий канал, тем больше величина его стимулирующего вознаграждения. Однако есть и иной путь повышения стимулирующей функции для каждого канала. Например, не изменяя числитель, можно снижать знаменатель каждого соотношения. Это особенно характерно для натурнодействующей управляющей системы, так как именно человек-технолог, работающий в составе этого канала, может вмешиваться в работу машинного канала, поскольку последний часто вынужден пользоваться информацией, сообщаемой ему натурнодействующей управляющей системой как наиболее достоверной. Сообщая машинному каналу заведомо ложную информацию, натурный канал, тем самым, будет способствовать снижению эффективности работы машинного канала, имея при

этом максимальное значение своей стимулирующей функции. Отсюда можно сделать следующий вывод: *соревновательный режим* можно реализовать только в том случае, если оба управляющих канала информационно независимы, т.е. могут получать достоверную информацию независимо друг от друга;

- *режим взаимодействия* (взаимосодействия):

$$(3) \quad St^H(i) = K^H(i) + d[1 - |K^H(i) - K^M(i)|]$$

- для натурнодействующей управляющей системы;

$$(4) \quad St^M(i) = K^M(i) + d[1 - |K^H(i) - K^M(i)|]$$

- для модельнодействующей управляющей системы.

Здесь K^H и K^M – нормированные значения показателей эффективности Q^H и Q^M работы управляющих систем, выраженные в относительных единицах, изменяющихся в интервале $[0 \div 1]$; d – весовой коэффициент, который выбирается из диапазона, приближенно равного $[0,4 \div 0,6]$.

Проанализируем стимулирующие функции (3), (4). Первая составляющая этих функций напрямую определяет величину стимула: чем выше достигнутый критерий эффективности работы соответствующего канала, тем больше значение стимулирующей функции. Вторая составляющая целиком зависит от того, насколько тесно взаимодействуют друг с другом оба управляющих канала. Если каждый из них стремится не только повысить свой показатель эффективности, но и создать условия для этого второму каналу, вторая составляющая увеличивается, а значит, возрастает значение стимулирующей функции соответствующего канала.

Натурнодействующая управляющая система может поспособствовать повышению эффективности работы модельного управляющего канала путем сообщения ему полной, достоверной и своевременной информации, которая доступна только этой системе; модельнодействующая управляющая система может, в свою очередь, поспособствовать повышению эффективности работы натурного управляющего канала путем сообщения ему более качественных советов, что в нестационарных условиях

работы объекта особенно необходимо человеку-технологу, вырабатывающему управленческие решения.

Кроме процедур сравнительного оценивания эффективности работы управляющих систем в составе активного «советчика», стимулирования и обучения людей в активных каналах организационный механизм может выполнять функции задания самой структуры, целей, критериев и схемы взаимодействия между каналами.

Автоматизированные системы управления с несколькими активными каналами принятия решений являются аналогом широко распространенных и гораздо более изученных технических (автоматических) систем многоканального контроля [10 - 12]. Отличительные особенности систем управления с активными каналами представляются целеустремленным поведением человека в каналах выработки и исполнения решений. Сходство же технических и активных систем вытекает из их предназначения давать требуемые результаты в тех ситуациях, где одноканальные оказываются недостаточно качественными или даже неработоспособными. Такие ситуации часто возникают при оперативном контроле и ведении сложных процессов, в промышленных исследованиях, обучении и стимулировании человека, планировании работы производственных комплексов в условиях нестационарной обстановки.

Кроме процедур сравнительного оценивания эффективности работы каналов, стимулирования и обучения людей в активных каналах, понятие организационного механизма включает также задание самой многоканальной структуры, целей, критериев и схемы взаимодействия между каналами. Если предположить, что отдельные компоненты такие, например, как структура системы, цели системы, критерии эффективности остаются фиксированными, а другие компоненты организационного механизма, в частности, процедуры сравнительного анализа и оценивания эффективности функционирования каналов и функции стимулирования, являются предметом анализа и разработок.

3. Двухканальная система с управляющей нормативной моделью

Функциональная структура типовой активной двухканальной системы управления при некотором заданном организационном механизме характеризуется следующими взаимосвязанными компонентами: а) управляемым натурно-модельным блоком (НМБ) с приборно-пересчетной математической моделью (ПМ) для всех каналов выработки решений; б) двумя каналами параллельной выработки информирующих и управляющих решений в замкнутых натурно- или модельнодействующих контурах с участием людей; в) анализирующей системой для сравнительного оценивания и прогнозирования эффективности вырабатываемых решений; г) обучающей и стимулирующей системой для последовательного повышения квалификации людей, качества и эффективности их труда при выработке и исполнении решений; д) координирующим центром, устанавливающим согласованные задания (планы), критерии эффективности функционирования и ограничения по мере накопления сведений и появления новых возможностей теоретического и практического характера, а также участвующих в формировании и совершенствовании самого организационного механизма [13, 14].

Описанная структура, несомненно, имеет теоретические и практические преимущества по сравнению с обычными структурами типа пассивный «советчик».

Рассмотренные выше формы организации человеко-машинного взаимодействия в АСУ и построения таких комплексов в целом нуждаются в дальнейшем развитии с учетом активного поведения человека, многоканальной выработки решений и других принципов теории организационного управления. В условиях существенной нестационарности функционирования реальных объектов и управления ими возникла необходимость построения организационного механизма с замкнутой нормативной моделью в составе модельнодействующей управляющей системы, позволяющей получать хорошо приспособленные к фактическим ситуациям «гибкие» нормативные решения, удовлетворительно

отслеживающие нестационарные изменения обстановки и, тем самым, позволяющие оценить «личный вклад» каждого конкретного человека-технолога в эффективность управления. Без учета названных факторов имеют место неверные, заниженные или завышенные оценки вклада производственного персонала и ошибочные обучающе-стимулирующие воздействия на него. Возможные ошибки тем больше и встречаются тем чаще, чем меньше используется надежной информации о действительных внешних условиях, ресурсах на управление и чем больше нестационарность и последствие в управляемых системах.

Преодоление отмеченных недостатков требует видоизменения традиционных организационных механизмов на основе достоверного отображения динамических производственных ситуаций, в чем и заключается главное назначение второго (нормативного) канала. Кроме того, наличие нормативного канала позволяет в замкнутом режиме обучать и стимулировать организационными воздействиями производственный персонал на основе результатов сравнительного анализа эффективности его фактических решений с нормативными решениями. Причем последние являются не жесткими уставками, а вырабатываются с оперативными прямыми и обратными связями в замкнутом контуре натурно-модельной имитации.

В производственных условиях многие технологические инструкции, регламенты, уставки, задания, планы, нормативы, стандарты, методики, эмпирические и научные методы, задающие и направляющие деятельность человека, могут рассматриваться как своего рода нормативные (эталонные) модели их поведения. Именно на основе их, а точнее в зависимости от отклонений деятельности человека от нормативной модели, как правило, осуществляется обучение и стимулирование человека.

Отметим, что рекомендации «советчика» в автоматизированных системах можно также рассматривать как некоторую нормативную (эталонную) модель и с ее помощью осуществлять стимулирование и обучение основного производственного персонала. Причем стимулирование должно быть таким, чтобы человек-технолог стремился достичь или даже превзойти в лучшую сторону

сопоставляемую ему нормативную модель. Именно эта идея лежит в основе системы с нормативной моделью.

Необходимость организационного механизма системы с замкнутой нормативной моделью вытекает из существенной нестационарности процессов, протекающих в реальных объектах, и условий управления ими, поскольку неадекватными оказываются «жесткие» или редко изменяемые нормативы. На основе же достаточно представительной нормативной модели с замыканием на натурно-модельный объект управления возможно получать хорошо приспособленные к фактическим ситуациям «гибкие» нормативные решения (модели), отслеживающие нестационарные изменения условий работы объекта и, тем самым, позволяющие определить «личный вклад» каждого человека-технолога, участвующего в процессе управления, в достигнутую эффективность.

Необходимо, конечно, осознавать, что любая нормативная модель является частичной, т.е. неполно отражает или воспроизводит желаемую деятельность человека в реальных условиях. Однако удовлетворительную полноту модели можно обеспечить путем создания управляемых (стимулируемых, обучаемых, адаптируемых и т.п.) человеко-модельных комплексов.

Между организационным управлением с нормативной моделью и автоматическим управлением с эталонной моделью имеется определенное сходство. Вместе с тем имеются и значительные различия, обусловленные свойствами «активности», формализованными и исследуемыми в теории активных систем, а также целым рядом других особенностей реальной деятельности человека в условиях сопоставления этой деятельности с нормативными моделями. Для примера укажем следующие свойства и особенности:

- начальное и оперативное обучение человека правилам нормативной деятельности согласно постоянно совершенствуемым (адаптируемым) образцам в виде эталонных моделей;
- возможное косвенное (или даже прямое) участие человека-технолога в построении и реализации нормативных

моделей и, тем самым, возможное целенаправленное воздействие на нормативную модель путем формирования как полезной, так, к сожалению, искаженной информации;

- явное знание человеком решений нормативной модели и сознательное их использование (в том числе путем объединения со своими решениями) или игнорирование их в ходе своей фактической деятельности;
- предвидение и всевозможное предопределение человеком стимулирующих воздействий за фактическую деятельность в сопоставлении с нормативной деятельностью;
- многообразии реальных ситуаций, когда обучение и стимулирование человека направлено на превышение эффективности нормативных решений с привлечением всей доступной информации, личных способностей, коллективного опыта и т.д.

Рассмотрим структуру автоматизированной замкнутой системы с управляющей нормативной моделью (рисунок 3).

В замкнутом (посредством приобъектно-пересчетной модели) контуре нормативного управления вырабатываются совместные формирующие I^{HM} и управляющие U^M решения нормативной модели и рассчитываются соответствующие им выходы Y^M .

В основу построения управляющей нормативной модели может быть положен способ восстановительно-прогнозирующего регулирования [15], производственные инструкции и формализованный опыт специалистов-технологов. Приобъектно-пересчетная математическая модель управляемого объекта (ПМ), необходимая для оценивания Y^M , может быть построена, например, методом идентификации с прогнозированием рабочих режимов.

Наличие в АСУ нормативного канала позволяет в замкнутом режиме обучать и стимулировать человека, функционирующего в составе натурнодействующей управляющей системы, на основе сравнительного анализа эффективности его фактических решений и эффективности нормативных решений, *которые являются*

не жесткими уставками, а вырабатываются с оперативными прямыми и обратными связями в замкнутом контуре натурно-математической имитации.

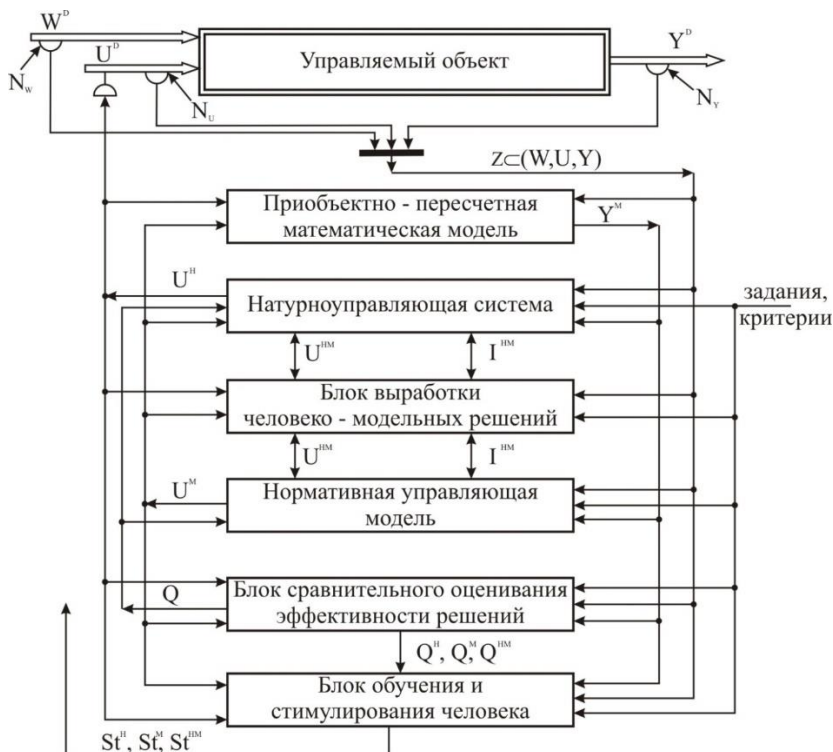


Рисунок 3 – Схема активной системы с нормативной моделью

Дополнительные возможности повышения эффективности работы рассматриваемой системы создаются за счет выработки натурно-модельных (человеко-машинных) информирующих I^{HM} и управляющих U^{HM} решений, которые зачастую оказываются лучше, чем непосредственно нормативные решения $\{I^M, U^M\} = X^M$. Действующая управляющая система, кроме того,

сообщает в соответствующий блок свои прогнозируемые оценки $(\hat{I}^H, \hat{U}^H)$ тех же решений.

Тем самым натурно-модельные решения являются некоторой функцией от $I^M, U^M, \hat{I}^H, U^H, Y$. Вводится сравнительный анализ эффективности решений с последующей выработкой стимулирующих воздействий St .

В общем виде функционирование блоков сравнительного оценивания эффективности решений, обучения и стимулирования человека, а также выработки натурно-модельных решений можно описать следующими соотношениями:

$$\begin{aligned} X^{HM} &= F_X[\hat{X}^H, X^M, Z, Q^H, Q^M, t], \\ Z &= \{W, U, Y\}, X = \{I, U\}; \\ St &= F_{st}[Q^H, Q^M, Q^{HM}, t], \quad t \in [A^t, B^t]; \\ (5) \quad Q^H &= F_Q[Z, Z^H, I, I^H, t], \quad Z^H = \{U^H, Y^H\}; \\ Q^M &= F_Q[Z, Z^M, I, I^M, t], \quad Z^M = \{U^M, Y^M\}; \\ Q^{HM} &= F_Q[Z, Z^{HM}, I, I^{HM}, t], \quad Z^{HM} = \{U^{HM}, Y^{HM}\}, \end{aligned}$$

в которых Q^H, Q^M, Q^{HM} – оценки показателей эффективности натуральных, модельных (нормативных) и натурно-модельных решений; W, U, Y – измеренные векторы внешних, управляющих и выходных величин объекта; Y^{HM} – расчетные выходные величины в предположении реализации U^{HM} ; I – фактические данные, сопоставляемые информирующим решениям; $F_X[\cdot], F_{st}[\cdot], F_Q[\cdot]$ – математические операторы выработки человеко-модельных (машинных) и стимулирующих решений, оценки эффективности решений; t – переменная времени; $[A^t, B^t]$ – временной интервал функционирования системы.

Таким образом, наличие в автоматизированной системе нормативной модели позволяет выполнять следующие функции:

- оценивать фактический вклад каждого участника в процессе управления для гибкого стимулирования;
- оценивать нестационарные условия функционирования объекта с тем, чтобы выявлять наиболее «тяжелые» периоды его функционирования и поддерживать человека, управляющего процессом, несмотря на полученные им далеко не лучшие результаты;
- обучать неопытный персонал работе в условиях функционирования человеко-машинной системы, в частности, взаимодействию с машинным каналом. Для этих целей нормативная модель строится в виде множества моделей, отличающихся степенью сложности. В начале обучение производится с использованием простых нормативных моделей, которые затем постепенно усложняются до тех пор, пока обучаемый не приобретет навыки работы с самым сложным вариантом модели. При этом сроки обучения, по сравнению с традиционными методами, сокращаются от 1-3 лет, до 1-3 месяцев.

Решая вопрос об адекватности оператора $F_Q[\cdot]$, следует учитывать, что основную неопределенность здесь вносят приобъектно-пересчетные математические модели объекта управления (динамические характеристики каналов регулирования) и погрешности контроля. Анализ чувствительности оператора $F_Q[\cdot]$ в реальных ситуациях к совместным вариациям коэффициентов таких моделей и свойств измеряемых переменных показал приемлемую, с инженерной точки зрения, точность расчетов приращений технико-экономических показателей. Ошибки расчета при наиболее «тяжелых» сочетаниях варьируемых факторов не превышают 15 % от диапазона изменения приращений этих показателей.

Далее приведены примеры построения нормативной и приобъектно-пересчетной математической модели, основные способы сравнительного оценивания эффективности решений (построения оператора $F_Q[\cdot]$), обучения и стимулирования чело-

века (построения оператора $F_{st}[\cdot]$) и выработки натурно-модель-модельных решений (построения оператора $F_x[\cdot]$).

4. Алгоритм построения и функционирования нормативной управляющей модели

Поскольку к нормативной управляющей модели предъявляются высокие требования, согласно которым с помощью ее должны вырабатываться управляющие решения, которые являются предельно эффективными (или близки к таковым) для данного объекта, находящегося в конкретных условиях, вопросам выбора структуры, подхода к построению такой модели уделялось большое внимание.

Рассмотрим пример построения нормативной управляющей модели, в основу которой положен восстановительно-прогнозирующий алгоритм (ВП-алгоритм) [15], суть которого состоит в пересчетном восстановлении ретроспективно образцовых решений и комплексном прогнозировании их динамической последовательности с учетом ее ближайшей предыстории, а также всех контролируемых возмущений и заданий. Кроме того, этот алгоритм дополнен формализованным опытом человека-технолога, принимающего решения в процессе управления технологическим объектом, и качественно соответствует правилам работы ведущих производителей и современным представлениям теории оценивания и регулирования при неполной информации, включая новые типы связей и робастные (стабильные) преобразующие операторы.

Подобные алгоритмы прошли многократную проверку на различных металлургических предприятиях, других объектах и зарекомендовали себя с самой лучшей стороны.

Укрупненная блок-схема алгоритма приведена на рисунке 4.

Подробно остановимся на содержании каждого блока алгоритма.

1. Сбор данных о прошедшем процессе (цикле процесса) и проверка их на достоверность и устойчивость считывания. После окончания очередного процесса (цикла процесса)

считывается вся известная информация о прошедшем технологическом процессе: контролируемые внешние воздействия, задания, принятые и реализованные на объекте управляющие воздействия, а также полученные результаты. Вся поступившая информация проверяется на достоверность и устойчивость считывания.



Рисунок 4 – Укрупненная блок-схема восстановительно-прогнозирующего алгоритма

Целью проверки *информации на достоверность* является выявление и устранение влияния на последующие расчеты аномальных (грубых) погрешностей в данных.

После проверки на достоверность измеренные данные проходят проверку на устойчивость считывания. Такая проверка необходима для выявления обрыва измерительных цепей, поломок датчика или других измерительных средств, локального влияния сильных электромагнитных полей и т.д. и основана на том, что данные об объекте, снятые за короткий промежуток времени, не могут сильно отличаться друг от друга, так как все промышленные объекты являются инерционными.

2. Ретроспективное восстановление условно-образцовых управляющих воздействий. В этом блоке, после получения результатов действия нанесенных на объект управлений, расчетным путем восстанавливаются те управляющие воздействия, которые должно были быть нанесены на объект для того, чтобы точно обеспечить попадание выходных результатов процесса в их заданные значения.

Такие управляющие воздействия названы *условно-образцовыми*. По существу, эта процедура является формализованным видоизменением сложившихся приемов так называемого анализа технологии и управленческой деятельности, преследующего цель вскрыть, например, ошибочные решения обслуживающего персонала (человека-технолога), указать постфактум возможные меры их исправления. Конструктивная роль такого анализа не вызывает возражений, так как ощутимо способствует обучению людей, особенно в связи с повторяющимися производственными ситуациями.

Подход к установлению постфактум оптимальных решений расчетной корректировкой их фактических реализаций не является единственно оправданным. Однако для объектов черной металлургии гораздо проще получить эффективные правила исправления уже реализованных управлений, чем для отыскания абсолютных значений оптимальных решений. В последнем случае требуется модель «в большом» для корректировки

фактических управляющих воздействий, если таковые принимаются человеком или автоматом по удовлетворительным правилам.

Для формализованного выполнения операции ретроспективного восстановления следует опираться на процедуры последовательной одношаговой или многошаговой оптимизации [44]. В соответствии с их содержанием отыскивается векторный (многомерный) ряд поправок к фактическим управлениям из условия экстремализации выбранного критерия эффективности для рассматриваемого периода функционирования объекта исследования. При необходимости вводятся разнообразные ограничения на определяемые и заданные значения выходов процесса и на вид, диапазоны и интегральные ресурсы изменения самих управляющих воздействий.

Поскольку в моменты принятия решений многие важные переменные не известны из-за невозможности их контроля либо они измерены с большими ошибками, т.е. решения часто принимаются в условиях неопределенности, вызванной недостаточным объемом известной (контролируемой) информации и значительными ошибками ее контроля, принятые решения могут оказаться не оптимальными для данных условий ведения процесса. Когда же результаты их действия на объекте уже известны, задним числом (по предыстории) расчетным путем можно определить, какие же управляющие воздействия необходимо было нанести, вместо принятых, чтобы точно попасть в заданный результат. Такое восстановление необходимо делать для того, чтобы исключить влияние допущенных ошибок на последующие результаты ведения технологического процесса в условиях неопределенности.

В упрощенном виде восстановление на примере одного управляющего воздействия можно произвести по следующему соотношению:

$$(6) \quad U^B(i) = U(i) + k[Y^*(i) - Y(i)],$$

где $U^B(i)$ – полученное расчетным путем условно-образцовое решение для i -го прошедшего процесса (цикла процесса);

$U(i)$ – реализованное на i -ом цикле процесса управляющее воздействие;

$Y^*(i), Y(i)$ – заданная и фактически полученная на i -ом цикле процесса (процессе) выходная величина;

k – весовой коэффициент, значение которого целесообразно сопоставлять некоторым качественно характерным условиям функционирования рассматриваемой системы управления.

Наличие такой упрощенной модели объекта оказывается достаточным для приемлемого восстановления оптимальных решений, согласно критериям эффективности, учитывающим отклонения только регулируемых выходов от запрограммированных уровней.

3. Приведение восстановленных условно-образцовых решений к базовому режиму работы объекта. Под базовым режимом работы объекта будем понимать такой режим его работы, при котором все контролируемые внешние воздействия находятся на базовых (средних) уровнях. Приведение к базовому режиму можно осуществить по следующему соотношению:

$$(7) \quad U^B(i) = U^B(i) + \sum_{j=1}^J d_j [W_j(i) - W_j^B],$$

где $W_j(i), W_j^B$ – величина j -ого контролируемого внешнего воздействия на i -ой плавке и его базовое значение;

d_j – весовые коэффициенты, численные значения которых определяются путем решения задачи идентификации.

Базовые величины внешних воздействий устанавливаются исходя из наиболее часто реализуемых значений этих факторов, либо берутся равными их средним значениям, найденным за определенный период работы объекта; время от времени их необходимо уточнять. Часто базовые уровни контролируемых факторов определяют с помощью достаточно простых, помехозащищенных сглаживающих фильтров, эффективных и удобных для реализации в машинном канале.

Ряд базовых управлений по прошедшим циклам процесса, полученным на определенном отрезке времени, хранится в

памяти машины. Колебания этого ряда обусловлены свойствами и поведением всех не контролируемых внешних воздействий, выраженных в эквиваленте базового управляющего воздействия. Таким образом, можно констатировать, что ряд базовых управлений несет в себе информацию о характере поведения всех не контролируемых внешних воздействий, изучив который можно спрогнозировать его поведение на предстоящие циклы процесса (будущий процесс).

Длина отрезка реализации базовых управляющих воздействий определяется следующими соображениями: длина должна быть достаточно большой для того, чтобы оценить текущие свойства базовых управлений и в дальнейшем спрогнозировать их будущее поведение; с другой стороны, отрезок реализации должен быть ограничен, так как при его слишком большой длине могут начать существенно сказываться на поведение базовых управлений изменившиеся свойства самого объекта.

4. *Сглаживание и прогнозирования базовых управлений на будущие циклы процесса.* После приведения управляющих воздействий к базовым условиям на определенном скользящем отрезке времени ряд базовых управлений сглаживается, а затем экстраполируется на будущие циклы процесса (будущий процесс). Для сглаживания можно использовать один из наиболее популярных сглаживающих фильтров, например скользящее экспоненциальное среднее (СЭС), а экстраполяцию можно производить простой сдвижкой в будущее сглаженного ряда:

$$\tilde{U}^B(i) = \tilde{U}(i-1) + \alpha[U^B(i) - \tilde{U}^B(i-1)];$$

$$(8) \quad \hat{U}^B(i+1) = \overset{\Delta}{U}^B(i),$$

где α – коэффициент сглаживания;

$\tilde{U}^B(i)$, $\tilde{U}^B(i-1)$ – сглаженные значения базового управляющего воздействия на i -ом и $(i-1)$ -ом отсчетах;

$\hat{U}^B(i+1)$ – прогнозное значение базового управления на предстоящий цикл процесса.

5. *Пересчет спрогнозированных базовых управлений на контролируемые условия предстоящего процесса (цикла процесса).*

Спрогнозированные базовые управления можно сообщать человеку - технологу, управляющему технологическим процессом, в качестве совета, заострив его внимание на том, что они рассчитаны для базовых условий работы объекта. Если же к этому моменту известны контролируемые внешние воздействия либо их можно спрогнозировать на момент принятия управляющих воздействий, прогнозные значения базовых управляющих воздействий рекомендуется пересчитать с учетом известных на предстоящие циклы процесса внешних воздействий или их оценок. В упрощенном варианте процедуру пересчета можно представить как обратный процесс по сравнению с приведением управляющих воздействий к базовым условиям (соотношение (7)):

$$(9) \quad \hat{U}(i+1) = \hat{U}^B(i+1) - \sum_{j=1}^J d_j [\hat{W}_j(i+1) - W_j^B],$$

где $\hat{W}_j(i+1)$ – оценка (прогноз) j -ого контролируемого внешнего воздействия на $(i+1)$ -ый цикл процесса;

$\hat{U}(i+1)$ – пересчитанное на конкретные условия предстоящего $(i+1)$ -ого цикла процесса управляющее воздействие, которое можно рекомендовать человеку-технологу в качестве совета.

6. Проверка полученных управлений на их реализуемость. Прежде чем представить полученное в 5-ом блоке алгоритма управляющее воздействие человеку-технологу, его необходимо проверить на реализуемость. Такую проверку можно осуществить, сравнив полученное управляющее воздействие с его минимально и максимально возможными значениями, т.е. проверить выполнимость неравенства: $U^{\min} \leq \hat{U}(i+1) \leq U^{\max}$, где $U^{\max}$, $U^{\min}$ – минимально и максимально допустимые значения данного управляющего воздействия. Если неравенство не выполняется, управляющее воздействие является не реализуемым и предоставлять его человеку-технологу в качестве совета не рекомендуется. Если неравенство выполняется, данное управляющее воздействие можно рекомендовать человеку, принимающему решение.

Что же предпринять, если оказалось, что рассчитанное по рассматриваемому алгоритму решение не реализуемо на объекте? В таких случаях необходимо найти эквивалентное ему управляющее воздействие и перераспределить значения между этими решениями так, чтобы они оба стали реализуемыми. После проверки полученных решений на реализуемость можно рекомендовать их человеку, ведущему процесс, в качестве совета.

5. Построение приобъектно-пересчетной математической модели

5.1 ОСНОВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПРИОБЪЕКТНО-ПЕРЕСЧЕТНОЙ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

Поскольку ПМ описывают исследуемые объекты в упрощенном виде, при их использовании необходимо принимать во внимание некоторые особенности, которые отражают свойства приобъектно-пересчетных моделей. Отличие от других моделей и их особенности заключаются в следующем:

1. ПМ работоспособны только в сопряжении с натурным (реальным) объектом, используя его входные и выходные величины;

2. ПМ имеют существенные ограничения на область удовлетворительной точности, отражаемых посредством (V^H, Y^H) , в окрестности фактических режимов функционирования действующих НБ;

3. В ПМ имеются явные зависимости определяемых векторов Y^{HM}, V^{HM} от совпадающих или сдвинутых по времени реализаций натуральных векторов Y^H, V^H , включающих минимум те же величины;

4. ПМ имеют в общем случае два многомерных (векторных) входных канала, с подключенными к ним на один векторный вход источниками натуральных $[V^H, Y^H]$ данных, а на второй вход – модельных $[V^M, Y^M]$ векторов.

5.2 ДВУХУРОВНЕВАЯ СТРУКТУРА ПРИБЪЕКТНО-ПЕРЕСЧЕТНОЙ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

По опыту применения натурно-математического моделирования выявлена необходимость иерархической структуры ПМ с выделением идентифицирующих (анализирующих и перестраивающих) операторов и настраиваемых (пересчетных) операторов результирующего преобразования приращений входных и выходных переменных.

Структура двухуровневой приобъектно-пересчетной модели приведена на рисунке 5.

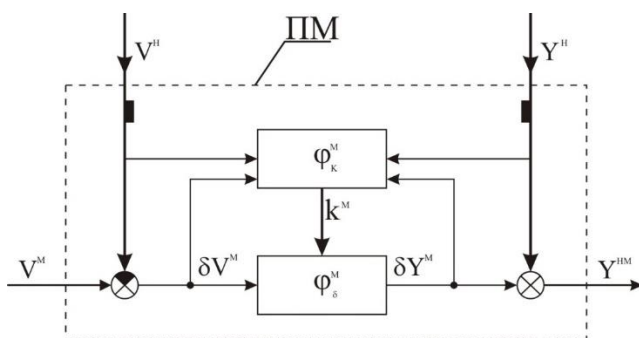


Рисунок 5 – Структура двухуровневой приобъектно-пересчетной модели

Верхний уровень ПМ представлен настроечно-идентифицирующим (с адаптацией) алгоритмом, а нижний – разностным (в приращениях) пересчетным алгоритмом.

На рисунке 5 приняты следующие обозначения:

ϕ_δ^M – разностный пересчетный оператор с вариантно-стью по воздействиям, который служит для преобразования отклонений (приращений) входных и выходных переменных;

ϕ_K^M – настроечно-идентифицирующий (с адаптацией) оператор, с помощью которого производится изменения (уточнения) коэффициентов k^M и связей в составе ϕ_δ^M ;

k^M – параметрические (коэффициентные) и структурно-параметрические настройки.

Зачерненные прямоугольники на схеме условно обозначают базы данных $\{V^H, Y^H\}$ в сочетании с модельными и натурно-модельными данными $\{V^M, Y^{HM}\}$.

Настраиваемые операторы ϕ_δ^M , отображающие в приращениях фактические и условно измененные свойства преобразующих каналов НБ, подвержены формируемому в идентифицирующем операторе ϕ_k^M структурно-параметрическим воздействиям в виде вектора k^M . В относительно узких подобластях варьирования натуральных и модельных величин приемлемо представление преобразующих каналов технологических процессов передаточными функциями инерционных и запаздывающих, а также интегральных звеньев с отсечкой (конечной памятью). Со сменой режимов коэффициенты этих звеньев подлежат поднастройке, например, в пропорциональной зависимости от уровней V^H, Y^H .

Необходимо заострить внимание на том, что в ПМ приращения модельных переменных берутся относительно фактических реализаций входов и выходов НБ, а не по отношению к некоторым стационарным режимам, средним уровням, опорным траекториям, и это требует количественного анализа при перенесении результатов из одной подобласти в другую.

Конкретизируя относительно простую приобъектно-пересчетную математическую модель на примере обобщенных пропорционально-разностных соотношений между изменениями входных и выходных величин в приращениях к их фактическим значениям, для двухслойного операторного блока можно записать следующие выражения:

$$(10) \quad \delta Y_i^M = \sum_{j=1}^J k_{ij} \delta V_j^M, \quad Y_i^{HM} = Y_i^H + \delta Y_i^M,$$

$$(11) \quad k_{ij} = k_{ij}^* [1 + a_{ij}^* \exp(-b_{ij}^* Y_X^H Y_X^M)],$$

где YX – характеристическая выходная величина (первичная или комплексная), используемая и как показатель состояния, определяющий нелинейность объекта;

δV_j^M – модельно задаваемые изменения j -ой величины во входном модельном векторе;

V^M ; δV_j^M – модельно задаваемые изменения j -ой величины во входном модельном векторе V^M ;

δY_i^M – расчетное изменение i -ой величины в выходном модельном векторе Y_i^{HM} (сокращенно, выходном модельном векторе Y_i^M);

k_{ij}^* , a_{ij}^* , b_{ij}^* – настроечные коэффициенты, устанавливаемые для конкретного комплекса условий и уточняемые по ходу идентификации реального объекта.

Выражение (10) реализуется математическим оператором ϕ_δ^M нижнего уровня двухуровневой иерархической структуры ПМ, а выражение (11) – математическим оператором верхнего уровня ϕ_K^M .

Рассмотренная версия ПМ в виде соотношений (10), (11) или приближенно эквивалентной дробно-рациональной форме соответствует многим технологическим и организационно-технологическим объектам, включая объекты черной металлургии, а также биологическим, социальным, экономическим системам при наличии «эффекта попарных состояний с пределом».

6. Построение и описание блока сравнительного оценивания эффективности решений

Для блока сравнительного оценивания эффективности решений ведущая роль отведена достоверному оцениванию показателей эффективности управляющих решений с обязательным количественным сопоставлением их, как минимум, по двум каналам.

Сравнительный анализ решений опирается на пересчетную имитацию с нанесением открытых и скрытых пробных сигналов, обработку полученных данных посредством робастных фильтров и идентификаторов, локальные и комплексные критерии эффективности функционирования параллельно работающих управляющих каналов и других звеньев, а также системы в целом.

С целью улучшения межканальных взаимодействий введены обобщенные (интегративные) показатели эффективности, которые для управляющей системы с нормативной моделью могут быть записаны:

$$(12) \quad K_{\Sigma}^H(i) = K^H(i) + d^H \left(1 - |K^H(i) - K^M(i)|\right),$$

$$(13) \quad K_{\Sigma}^M(i) = K^M(i) + d^M \left(1 - |K^H(i) - K^M(i)|\right),$$

где $K^H(i)$, $K^M(i)$ – нормированные значения (изменяющиеся в диапазоне от 0 до 1) показателей эффективности для i -ого цикла вырабатываемых решений в натурнозамкнутом и модельнозамкнутом (нормативной модели) каналах принятия решений;
 d^H , d^M – настроечные коэффициенты со средним уровнем, примерно равным 0,5.

При стимулировании по такого рода обобщенным показателям, наибольшая величина стимула получается в случае достижения максимальных показателей эффективности совместно обоими управляющими каналами. Подобно (12), (13) обобщенные показатели могут быть установлены для любого числа параллельно функционирующих каналов.

Приведенные обобщенные показатели (12) и (13) обеспечивают эффективное взаимодействие названных выше активных каналов принятия решений с постоянным заинтересованным анализом их динамики. В пропорции от усредненных за установленные периоды времени значений $K^H(i)$, $K^M(i)$ назначаются стимулирующие воздействия со значительным интервалом их изменения в денежном выражении.

Таким образом, можно резюмировать, что наиболее эффективными являются двухканальные автоматизированные системы с нормативной моделью, так как они наилучшим образом могут

учитывать конкретный вклад каждого человека-технолога, участвующего в процессе принятия решений, а не стимулировать бригаду в целом; могут выявлять и учитывать нестационарную обстановку, сложившуюся на объекте, и обучать молодых специалистов искусству управления за более короткий временной отрезок. Предложенный организационный механизм учитывает не только вклад в полученные результаты отдельных людей, но и то, насколько эффективно человек-технолог взаимодействовал с машинным каналом (нормативной моделью).

Литература

1. *Многоканальные организационные механизмы (опыт применения в АСУ):* препринт / В.П. АДДЕЕВ, В.Н. БУРКОВ, А.К. ЕНАЛЕЕВ, Т.В. КИСЕЛЕВА. – М.: ИПУ РАН, 1986. – 43 с.
2. *Стимулирование человека-оператора в условиях АСУТП* / В.П. АДДЕЕВ, А.К. ЕНАЛЕЕВ, Л.П. МЫШЛЯЕВ, В.И. ОПОЙЦЕВ // Механизмы функционирования организационных систем. Теория и приложения: сб. трудов. – М.: ИПУ РАН, 1982. – С. 66 – 75.
3. *Организационное управление с использованием нормативной модели* / В.П. АДДЕЕВ, В.Н. БУРКОВ, А.К. ЕНАЛЕЕВ и др. // Синтез механизмов управления сложными системами: сб. трудов. – М.: ИПУ РАН, 1980. – С. 15 – 23.
4. *К развитию человеко-машинного взаимодействия в АСУ* / В.Н. БУРКОВ, В.П. АДДЕЕВ, Л.П. МЫШЛЯЕВ и др. // Изв. вузов. Черная металлургия. – 1980. – № 4. – С. 103 – 108.
5. ЕНАЛЕЕВ, А.К. *Стимулирование эффективности управления производственными процессами* / А.К. ЕНАЛЕЕВ, Г.У. КАЗАХБАЕВА. // Вопросы создания АСУТП и АСУП: сб. трудов. – Алма-Ата: изд. КазПТИ, 1989. – С. 19 – 24.
6. *Модель многоканального организационного механизма управления металлургическим производством* / В.Н. БУРКОВ, А.В. ПИНТОВ, Т.В. КИСЕЛЕВА, В.Н. ТЕЖИКОВ // Изв. вузов. Черная металлургия. – 1985. – № 2. – С. 114 – 122.
7. *Оперативный анализ и стимулирование человеко-машинного взаимодействия в промышленных системах* / В.П. АДДЕЕВ, А.А. БЕЛОСТОЦКИЙ, Л.П. МЫШЛЯЕВ и др. // Приборы и системы управления. – 1978. – № 1. – С. 10 – 12.

8. *К развитию человеко-машинного взаимодействия в АСУ* / В.Н. БУРКОВ, В.П. АВДЕЕВ, Л.П. МЫШЛЯЕВ и др. // Изв. вузов. Черная металлургия. – 1980. – № 4. – С. 103 – 108.
9. БУРКОВ, В.Н. *Механизмы функционирования организационных систем* / В.Н. БУРКОВ. – М.: Наука, 1981. – 384 с.
10. НОВИКОВ, Д.А. *Механизмы стимулирования в многоэлементных организационных системах* / Д.А. НОВИКОВ, А.В. ЦВЕТКОВ. – М.: Апостроф, 2000. – 184 с.
11. *Опыт многоканальной организации управления шихтовкой мартеновских плавок* / Н.А. ФОМИН, Н.С. ЮДИН, Т.В. КИСЕЛЕВА и др. // Изв. вузов. Черная металлургия. – 1985. – № 4. – С. 114 – 121.
12. *Двухканальная активная система с переменной структурой* / В.П. АВДЕЕВ, В.Н. БУРКОВ, А.В. ПИНТОВ и др. // Изв. вузов. Черная металлургия. – 1982. – № 8. – С. 100 – 106.
13. БУРКОВ, В.Н. *Введение в теорию активных систем* / В.Н. БУРКОВ, Д.А. НОВИКОВ. – М., 1996. – 124 с.
14. КИСЕЛЕВА, Т.В. *Теория организационно-экономических механизмов* / Т.В. КИСЕЛЕВА, Г.А. БЕГИШЕВ. – Новокузнецк, 1999. – 115 с.
15. КИСЕЛЕВА, Т.В. *Теория и практика организационно-экономических механизмов* / Т.В. КИСЕЛЕВА. – Новокузнецк: изд. центр СибГИУ, 2011. – 125 с.
16. *Восстановительно-прогнозирующая система управления: учебное пособие* / В.П. АВДЕЕВ, В.Я. КАРТАШОВ, Л.П. МЫШЛЯЕВ, А.А. ЕРШОВ. – Кемерово, 1984. – 90 с.

УПРАВЛЕНИЕ ПРОЕКТАМИ ПО РАЗВИТИЮ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ В РАМКАХ АДАПТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПОДХОДА

Голлай А.В., Логиновский О.В.

*(Южно-Уральский государственный университет,
Челябинск)*

gollaiav@susu.ru, loginovskiiiov@susu.ru

В настоящей статье показано, что результаты деятельности промышленных предприятий зависят от уровня совокупного развития используемых на конкретном предприятии производственных, информационных, управленческих и иных технологий. В этой связи технологическое развитие становится одной из главных задач стратегического управления предприятием.

Авторами предлагается организовать деятельность по развитию промышленного предприятий за счет управления проектами по совершенствованию технологий. С этой целью в статье предложена комплексная схема управления проектами развития промышленного предприятия, использующая как методы классического управления, так и методы гибкого управления проектам.

Ключевые слова: управление проектами, гибкие подходы, Agile, Scrum, управление промышленными предприятиями, адаптивно-технологический подход.

1. Введение

Роль технологий в современном мире постоянно возрастает. Наблюдаемый в настоящее время переход к шестому технологическому укладу, бурное развитие информационных технологий и цифровизация, неравномерность обновления методов и моделей

подготовки и принятия управленческих решений и пр. привели к тому, что используемые на практике подходы, методы и модели уже не способствуют повышению эффективности деятельности производственных компаний и фактически устарели. В результате, как зарубежная, так и отечественная практика управления промышленными компаниями нуждается в новых идеях и базовых концепциях развития. Отечественные компании находятся в этом отношении ещё в более худшей ситуации, чем зарубежные из-за политики применения санкций со стороны стран запада, а также в связи с низким уровнем технологического развития и недостаточностью инвестиций в технологическое обновление, которое большинством российских компаний по сути и не осуществляется.

Крайне важно отметить, что показатели, на основе которых оценивается деятельность промышленных предприятий и корпораций, сегодня не включают в себя уровень технологического развития, а базируются, как и 20–30 лет назад, только на анализе финансовых и производственных индикаторов, тогда как, именно обладание определенными технологиями в современном мире определяет конкурентоспособность предприятий. Особенно важно, что эффективность деятельности компании должна определяться не только уровнем развития отдельных технологий, а, прежде всего, совокупным сбалансированным развитием всех технологий, используемых в компании, начиная от производственных и логистических, и заканчивая информационными и управленческими.

В данном контексте повышение эффективности работы промышленных предприятий должно осуществляться в рамках единой концепции управления компанией, которая бы обеспечивала взаимосвязанное развитие всех технологий на предприятии. Традиционно развитие предприятий идет через реализацию проектов по совершенствованию деятельности. В этой связи актуальной задачей является разработка более эффективных методов управления такими проектами.

2. Адаптивно-технологический подход к управлению промышленными предприятиями

Основной формой управления во второй половине XX в. был системный подход [35]. Эта методология возникла на Западе в результате перехода от исследования операций [4, 33] к системному анализу, общей теории систем Л. фон Берталанфи [39].

Одной из ключевых концепций системного анализа является модель «черного ящика» [20, 34], предложенная Уильямом Эшби [36], в рамках которой система представляет из себя преобразователь входа в выход. Внутреннее содержание системы при этом не рассматривается (рисунок 1).



Рис. 1. Модель «черного ящика»

Проблема неопределенности функционирования больших систем решается в рамках системного анализа за счет их декомпозиции [5, 15]. Существенно продвинуться в решении проблемы неопределенности удалось за счет перехода к процессным идеям в конце XX века. В рамках процессного подхода управление организацией строиться как управление внутренними бизнес-процессами [14, 24].

Недостатком процессного подхода является то, что определение процесса носит слишком формальное значение. Термин «любая деятельность» чаще всего интерпретируется как текущая деятельность, которая осуществляется на предприятии. При этом процессы развития связываются только с развитием текущей деятельности. Стоит отметить, что в рамках процессного подхода хорошо разработаны методы описания и моделирования, в то

время как инструменты прогнозирования направлений развития практически не представлены [13].

Для решения задачи, связанной с совершенствованием процессов, авторами настоящей работы предложен адаптивно-технологический подход, сущность которого заключается адаптации технологий предприятия к изменению условий внешней среды, включающее в себя как изменение рыночной конъюнктуры, так и глобальные процессы технологического развития. Данный подход реализуется через анализ совокупности технологий предприятия и организации процесса постоянного их совершенствования с учетом объективного характера их развития [12].

Вследствие того, что законы развития технологий можно разбить на два класса – законы функционирования (существования) и законы развития (эволюции), то обобщенную схему управления, в рамках адаптивно-технологического подхода, можно представить так, как отражено на рисунке 2.

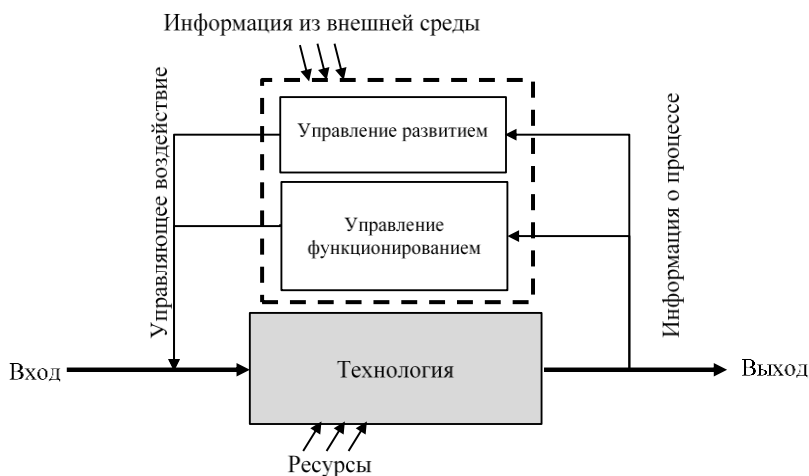


Рис. 2. Схема управления в рамках адаптивно-технологического подхода

Существенным отличием предложенного подхода от процессного является рассмотрение технологических процессов как

конкретных приемов и способов трансформации. Как следствие этого, появляется возможность не только организовать управление текущим функционированием, но и осуществить управление развитием. При этом управление развитием по своей сути представляет собой адаптацию технологических процессов предприятия под глобальный процесс развития технологий.

Основой адаптивно-технологического подхода к управлению является восприятие организации, как совокупности технологий. При этом основной целью управления является совершенствование существующих и освоение новых технологий. В качестве инструментов прогнозирования дальнейшего развития служат законы развития технологий, базирующиеся на законах развития технических систем, как наиболее известных. Тогда управление функционированием должно сводиться к совершенствованию текущих технологий, используемых на предприятии, а управление развитием – к изменению технологий.

3. Управление проектами по развитию промышленных предприятий

Внедрение адаптивно-технологического подхода требует организацию деятельности по постоянному улучшению технологий на предприятии. В настоящий момент можно выделить два принципиально различных подхода к совершенствованию деятельности: через непрерывное совершенствование и через проекты внедрения инноваций.

Впервые философия непрерывного совершенствования, подразумевающая небольшие постоянные усовершенствования в работе, стала использоваться компанией Toyota, в рамках собственной системы Toyota Production System [27, 31]. В дальнейшем эта концепция широко распространилась и получила наименование Кайдзен («Постоянные улучшения» – япон.) [19].

В противоположность выше обозначенному подходу, основанному на небольших улучшениях, западные компании широко используют идею внедрения крупных инноваций, значительно

улучшающих деятельность компании. Часто такие изменения связаны с полным перевооружением производства.

В рамках обоих подходов изменения внедряются посредством реализации проектов. Однако, если внедрение крупных инноваций идет через небольшое количество проектов, требующих существенных капиталовложений, то концепция непрерывного улучшения подразумевает реализацию большого количества малых проектов.

3.1. ПРИМЕНЕНИЕ КЛАССИЧЕСКИХ МЕТОДОВ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТАМИ

Управление проектами как самостоятельный раздел теории управления социально-экономическими системами, изучающий эффективные методы, формы и средства управления изменениями [26], появился в начале XX века и базировался на сетевых моделях (графиках) [17]. Основной задачей, решаемой на данном этапе, являлась задача составления календарных планов, выполнения работ и распределение ресурсов на данные работы. Внедрение методов сетевого планирования позволило повысить эффективность управления проектами за счет четкого распределения ответственности между исполнителями [8]. Следующий толчок к развитию теории управления проектами связан с внедрением в практику управления высокопроизводительных вычислительных машин в 50-х годах XX века. В этот период наблюдается повсеместное внедрение математических методов (линейное и нелинейное программирование [2], статистическое моделирование [16], методы исследования операций [23], теории массового обслуживания [21, 18], стохастического программирования [10] и т.п.) с целью повышения эффективности проектов.

Первые методы управления проектами, относящиеся к классическим методам, базировались на сетевых моделях PERT (англ. Program Evaluation Review Technique, рус. Техника Оценки и Анализа Программ и Проектов) и CPM (англ. CPM, Critical Path Method, рус. Метод Критического Пути).

Классическая (детерминированная) сетевая модель – есть конечный граф $G = (\Omega, A)$, где Ω – есть множество вершин

(событий), а матрица $A=\{p_{ij}\}$ (матрица смежности) задает множество ориентированных дуг, отождествляемых с работами ($p_{ij}=1$ – если события связаны, $p_{ij}=0$ – если события не связаны), каждой дуге поставлен в соответствие параметр t_{ij} , численно равный времени выполнения работы (i, j) (рисунок 3) [7].

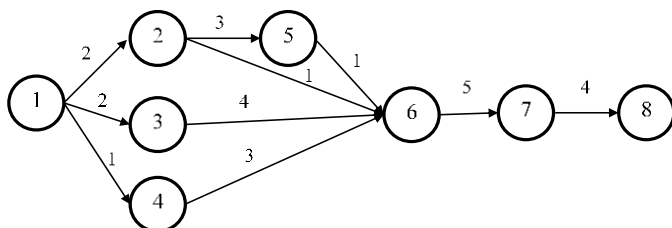


Рис. 3. Классическая (детерминированная) сетевая модель проекта в виде графа

Если обозначить за T_j ($j \in \Omega$) характерное время события j , т.е. T_j^0 – ранний срок свершения события j и T_j^k – поздний срок свершения события j , то можно записать ограничение:

$$T_i + t_j \leq T_j.$$

Математически задачу управления проектом можно представить как задачу минимизации продолжительности проекта (T_n^*) с учетом ограничений:

$$T_n^* \rightarrow \min, T_j^* - T_i^* - t_{ij} \geq 0, A^k(t) \geq F^k(t).$$

Первое ограничение отвечает за соблюдение последовательности работ, а второе связано с ограниченностью ресурсов, $A^k(t)$ – функция наличия ресурсов, $F^k(t)$ – потребность в ресурсах k -ого типа в момент времени.

Возможна и обратная постановка задачи, как при заданном времени выполнения проекта (T), распределить ресурсы

некоторым оптимальным образом (в соответствии с выбранным критерием оптимальности, θ).

$$\theta \rightarrow \min, T_j^* - T_i^* - t_{ij} \geq 0, T_n^* \geq T.$$

Таким образом, классические методы управления проектами позволяют успешно управлять проектами с четко известными работами, учитывая сроки начала и окончания работ. В конце 60-х годов XX века были разработаны «обобщенные сетевые модели», позволяющие учитывать также сроки любых промежуточных состояний работы (операции), это позволило более гибко учитывать особенности выполнения конкретных работ. Параллельно были разработаны «вероятностные сетевые модели», которые имели возможность учитывать вероятностный характер отдельных параметров проекта [6].

Необходимость учета случайного характера факторов, влияющих на ход реализации проекта, и потребность в разработке различного рода сценариев одного и того же проекта, привели к появлению «стохастических сетевых моделей» [10].

На современном этапе развитие теории управления проектами актуальной задачей является учет интересов всех заинтересованных сторон (стейкхолдеров). Игнорирование различия в интересах, не учет человеческого фактора, на практике часто приводит к неудачам в реализации проектов. Построению информационно-аналитической системы управления проектами, учитывающей интересы различных групп стейкхолдеров, посвящена работа [7].

3.2. ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОЛОГИИ ГИБКОГО УПРАВЛЕНИЯ (AGILE)

Несмотря на успехи классического подхода к управлению проектами, для его применения необходимо знать, как минимум какие работы будут реализованы в ходе выполнения проекта до его начала, что не всегда является возможным. Например, в случае разработки программного обеспечения, в начале реализации проекта еще не только не сформированы основные работы по проекту, часто разработчики не представляют, что необходимо

получить в результате реализации проекта. Или в ходе выполнения проекта меняется концепция будущего продукта. Для управления проектами подобного типа были разработаны гибкие методологии управления (Agile).

По своей сути, Agile не является методологией, а представляет собой набор принципов [43, 32], которыми следует руководствоваться при «гибкой» разработке. Данные принципы были оформлены в документе «Манифест Agile [25].

В рамках подхода Agile на текущий момент оформилось множество конкретных методологий [11]: Agile Modeling (AM) [38], Agile Unified Process (AUP) [37], Agile Data Method (ADM) [9], Dynamic Systems Development Method (DSDM) [30], Essential Unified Process (EssUP) [9], Extreme programming (XP) [1, 3], Feature driven development (FDD) [41], Getting Real (GR) [40], OpenUP (OUP) [42], lean software development [28], Scrum [22].

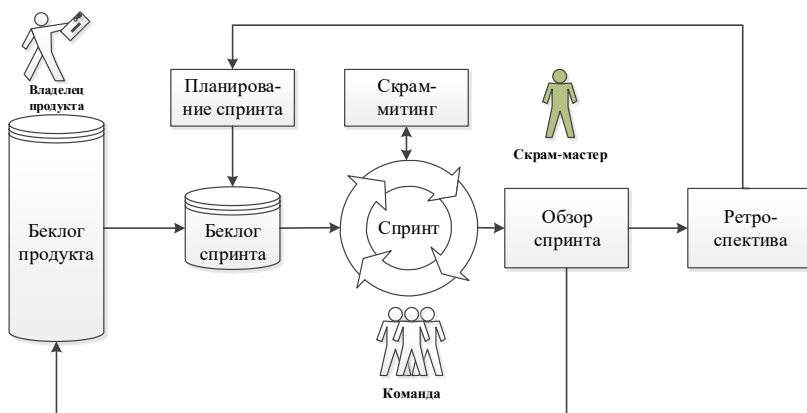


Рис. 4. Управление проектами по методологии Scrum

Идея Scrum заключается в том, что вместо того, чтобы тратить громадное количество времени на планирование работ, лучше как можно чаще проверять ход работ и, при необходимости, корректировать работу команды. Это достигается за счет деления проекта на маленькие автономные блоки. После завершения каждого блока можно оценить его результат. Данные блоки в

Scrum носят название спринты (подчеркивается их скоротечность). Спринты чаще всего имеют конкретные промежутки времени – от одной до четырех недель. Общая схема управления проектам на базе методологии Scrum представлена на рисунке 4 [11].

Основным рабочим звеном является команда проекта, подобранная из различных специалистов, которые необходимы для выполнения задач проекта. Один из членов команды (скрам-мастер), отвечает за соблюдение процедур и правил, предписываемых методологией Scrum.

Особенностью ИТ-проектов является то, что концепция конечного продукта чаще всего представлена в виде набора требований, которые формируют беклог продукта – база требований к конечному продукту. За формирование беклога продукта отвечает владелец продукта, он же взаимодействует со всеми заинтересованными сторонами (стейкхолдерами). Из беклога продукта формируется беклог спринта, т.е. выборка требований, из которой производится формирование текущего спринта.

При такой организации команда проекта работает над небольшим количеством требований, собранных в спринт, и, по мере завершения очередного спринта, в работу берется новый спринт, сформированный из беклога. В связи с небольшой длительностью каждого спринта, команда может очень быстро реагировать на изменения во внешней среде за счет процедуры отбора требований в спринт. Для этого в конце каждого спринта проводится демонстрация измененного продукта, в рамках совещания, называемого «обзор спринта», с участием команды проекта и владельца продукта. В ходе таких совещаний часто меняются требования к продукту, что отражается в изменении беклога и влияет на состав следующего спринта. Еще один вид совещания, проводимый через некоторое время после обзора спринта, называется «ретроспектива». Целью ретроспективы является получения обратной связи от владельца продукта по процессу непосредственной работы команды, а также решение возможных организационных проблем, с которыми сталкиваются разработчики в ходе своей работы.

Также, в рамках методологии Scrum, предусмотрено проведение ежедневных встреч команды (Scrum-митинг), чаще не более 15 минут. На которой каждый член команды отвечает на вопросы: «Что было сделано?», «Что будет сделано?», «Какие есть проблемы?». Scrum-митинги необходимы для синхронизации действий в команде и решения текущих проблем [11].

3.3. КОМПЛЕКСНЫЙ ТИП УПРАВЛЕНИЯ ПО РАЗВИТИЮ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Все классические методы базируются на предположении о том, что проекты однотипны, а работы повторяются многократно. Данная гипотеза не верна для проектов, связанных с совершенствованием производственной деятельности, где все проекты уникальны и методы классического управления проектами для них плохо применимы.

Целесообразным представляется не противопоставлять два подхода к управлению проектами, а совместить их в рамках единой схемы. Так, инвесторы, финансируя крупные проекты (чаще всего это проекты по модернизации производства), желают четко представлять возможную длительность проекта и требуемые для его реализации ресурсы, для такого рода проектов хорошо подойдут классические методы управления. Вторая группа проектов представлена большим количеством малых проектов (чаще всего это проекты по совершенствованию отдельных аспектов деятельности предприятия). Для второй группы более эффективными являются методы гибкого управления проектами в рамках единого бюджета.

На рисунке 5 представлена возможная схема организации управления проектами по развитию. В рамках предложенной схемы все проекты делятся на две группы, за каждую группу проектов должно отвечать отдельное подразделение предприятия. Первая группа проектов управляется за счет классических методов, а вторая группа – за счет гибких методов управления проектами. Вследствие того, что крупные проекты имеют длительные сроки реализации, то информация о них, а также данные о состоянии внешней среды, формируют информационное обеспечение

процесса принятия решений по формированию проектов в рамках гибких методов управления.

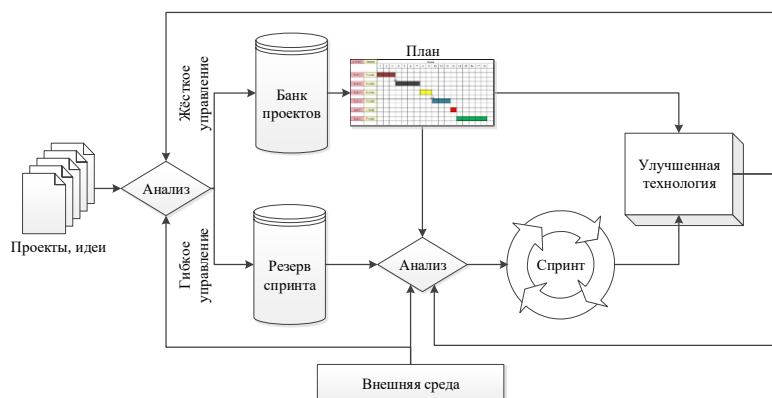


Рис. 5. Управление проектами по улучшению деятельности на предприятии

Комплексная схема управления проектами по развитию промышленного предприятия позволяет более полно использовать преимущества обоих подходов, и способствует повышению эффективности проектной деятельности на предприятии.

4. Заключение

Предложенная в работе комплексная схема управления проектами по развитию промышленных предприятий, включающая как методы классического управления, так и методы гибкого управления проектами, позволяет реализовать адаптивно-технологический подход к управлению. Особенностью адаптивно-технологического подхода, в свою очередь, является ориентация на совершенствование технологий, используемых предприятием, что, в связи с ростом их значимости в современных экономических условия, позволяет получить дополнительные конкурентные преимущества.

Литература

1. АУЭР К., МИЛЛЕР Р. *Экстремальное программирование: постановка процесса с первых шагов и до победного конца*. СПб.: Питер, 2004. – 368 с.
2. БАРКАЛОВ, С.А., ВОРОПАЕВ В.И., СЕКЛЕТОВА Г.И. и др. *Математические основы управления проектами*. М.: Высшая школа, 2005. – 423 с.
3. БЕК К. *Экстремальное программирование*. СПб.: Питер, 2002. – 224 с.
4. ВЕНТЦЕЛЬ Е.С. *Исследование операций. Задачи, принципы, методология*. М.: Юстиция, 2018. – 192 с.
5. ВИНЕР Н. *Кибернетика, или управление и связь в животном и машине*. М.: Наука, 1983. – 344 с.
6. ВОРОПАЕВ В.И. и др. *Методические рекомендации по ресурсному анализу календарных планов на основе обобщенных сетевых моделей*. М.: ЦНИИЭУС, 1990. – 86 с.
7. ГЕЛЬРУД Я.Д. *Методология создания информационно-аналитической системы управления проектами на основе комплекса математических моделей функционирования стейкхолдеров: дис. д-ра тех. наук*. Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2015. – 354 с.
8. ГЕЛЬРУД Я.Д., ЛОГИНОВСКИЙ О.В. *Управление проектами: методы, модели, системы*. Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2015. – 330 с.
9. *Гибкая методология разработки (Agile)* – <http://mahamba.com/ru/gibkaya-metodologiya-razrabotki-agile>
10. ГОЛЕНКО-ГИНЗБУРГ Д.И. *Стохастические сетевые модели планирования и управления разработками*. Воронеж: Научная книга. 2010. – 410 с.
11. ГОЛЛАЙ А.В., ГЕЛЬРУД Я.Д. *Применение гибкой методологии в управлении проектами по совершенствованию производственной деятельности промышленного предприятия // Управление проектами и программами*. 2017. № 04(52). С. 294–301.

12. ГОЛЛАЙ А.В., ЛОГИНОВСКИЙ О.В. *Анализ концепций управления производственным предприятием с позиции принципа повышения идеальности систем* // Экономика и менеджмент систем управления. 2018. Т. 30. № 4.2. С. 269–273.
13. ГОЛЛАЙ А.В., ЛОГИНОВСКИЙ О.В. *Управление промышленными предприятиями на базе системно-технологического подхода* // Экономика и менеджмент систем управления. 2019. Т. 32. № 2. С. 13–18.
14. *ГОСТ ISO 9000-2011. Межгосударственный стандарт системы менеджмента качества. Основные положения и словарь*. М.: Стандартинформ, 2012. – 43 с.
15. ГУД Г.Х., МАККОЛ Р.Э. *Системотехника*. М.: Сов. радио, 1962. – 383 с.
16. ЕРМАКОВ С.М., МИХАЙЛОВ Г.А. *Курс статистического моделирования*. М.: Наука, 1976. – 320 с.
17. ЗУХОВИЦКИЙ С. *Математические методы сетевого планирования*. М.: Наука, 1965. – 296 с.
18. ИВЧЕНКО Г.И., КАШТАНОВ В.А., КОВАЛЕНКО И.Н. *Теория массового обслуживания*. М.: Либроком, 2015. – 306 с.
19. ИМАЕ М. *Кайдзен: ключ к успеху японских компаний*. М.: Альпина Бизнес Букс, 2004. – 274 с.
20. КВЕЙД Э. *Анализ сложных систем*. М.: Сов. радио, 1969. – 520 с.
21. КИРПИЧНИКОВ А.П. *Методы прикладной теории массового обслуживания*. М.: Едиториал УРСС, Ленанд, 2018. – 228 с.
22. КОН М. *Scrum. Гибкая разработка ПО*. М.: Вильямс, 2013. – 576 с.
23. КРЕМЕР Н.Ш., ПУТКО Б.А., ТРИШИН И.М., ФРИДМАН М.Н. *Исследование операций в экономике*. М.: ЮНИТИ, 2005. – 407 с.
24. КУЗНЕЦОВ М., КОНДРАТЬЕВ В. *Показываем бизнес-процессы*. М.: Экспо, 2008. – 256 с.
25. *Манифест Agile* – <http://agilemanifesto.org>.

26. НОВИКОВ Д.А. *Модели и методы организационного управления инновационным развитием фирмы*. М.: КомКнига, 2006. – 332 с.
27. ОНО Т. *Производственная система Тойоты. Уходя от массового производства*. М.: Институт комплексных стратегических исследований, 2008. – 194 с.
28. ПОПЕНДИК М., ПОПЕНДИК Т. *Бережливое производство программного обеспечения. От идеи до прибыли*. М.: Вильямс, 2010. – 257 с.
29. САЗЕРЛЕНД Д. *Постигая SCRUM. Революционный метод управления проектами*. – М.: Манн, Иванов и Фербер, 2014.
30. Сайт консорциума DSDM – <http://www.dsdm.org/>
31. СИНГО С. *Изучение производственной системы Тойоты с точки зрения организации производства*. М.: Институт комплексных стратегических исследований, 2006. – 312 с.
32. СТЕЛЛМАН Э., ГРИН Д. *Постигая Agile. Ценности, принципы, методологии*. М.: Манн, Иванов и Фербер, 2017. – 448 с.
33. ТАХА Х.А. *Введение в исследование операций*. М.: Издательский дом «Вильямс», 2016. – 912 с.
34. ХАНИКА Ф.П. *Новые идеи в области управления. Руководство для управляющих*. М.: Прогресс, 1968. – 124 с.
35. Хохлов Е.М., АЛЬ-АММОРИ А.М. *Процессный подход как центральная форма восточно-европейского менеджмента в XXI в.* // Менеджмент сегодня. 2007. № 2. С. 68–77.
36. ЭШБИ У.Р. *Введение в кибернетику*. М.: Иностранная литература, 1959. – 432 с.
37. *Agile lands role in games and business software* – https://www.theregister.co.uk/2008/02/28/agile_crossing_chasm
38. *Agile Modeling* – <http://www.agilemodeling.com/>
39. BERTALANFFY L. *General System Theory* New York: George Braziller. 1968. – 289 p.
40. *Getting Real. The smarter, faster, easier way to build a successful web application* – <https://basecamp.com/about/books/Getting%20Real.pdf>

41. KOCH A.S. *Agile Software Development: Evaluating the Methods for Your Organization*. Artech House, 2004. – 280 с.
42. *OpenUP – эmo npocmo* – <https://www.ibm.com/developerworks/ru/library/kroll/index.html>
43. RIGBY D. K., SUTHERLAND J., TAKEUCHI, H. *The Secret History of Agile In-novation* // Harvard Business Review. 2016. №4. – <https://hbr.org/2016/04/the-secret-history-of-agile-innovation>

ОБОСНОВАНИЕ ЗАДАЧИ СИНТЕЗА КОНФЛИКТНО-УСТОЙЧИВОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ АВИАЦИОННОГО ОБЪЕДИНЕНИЯ

Головченко Е.В., Мистров Л.Е.

(ВУНЦ ВВС «ВВА», Воронеж)

evvigo@mail.ru, mistrov_le@mail.ru

В статье представлена функциональная модель объединения гражданской авиации (авиационного объединения), учитывающая возможные направления информационного обмена. Показана зависимость конфликтной устойчивости функциональной системы от устойчивости информационной системы и качества инфокоммуникационной сети. Сформулирована задача синтеза конфликтно-устойчивой информационной системы авиационного объединения.

Ключевые слова: авиационное объединение, информационная система, инфокоммуникационная сеть, взаимодействие элементов системы, конфликтная устойчивость.

1. Введение

Рост количества воздушных перевозок, расширение их географии, количества услуг, предоставляемых авиационными предприятиями, усложнение их внутренней структуры, а также увеличение разнородных связей между ними требует соответствующих темпов развития способов обеспечения целевых показателей эффективности. К таким показателям можно отнести группу финансовых показателей (выручка, чистая прибыль и др.), а также операционных показателей (пассажиропоток, пассажирооборот, занятость кресел и др.). Достижение целевых показателей эффективности авиационных предприятий ограничивается довольно

жесткими требованиями к условиям функционирования и формам применения авиационных комплексов. Наиболее жесткие ограничения лежат в области обеспечения транспортной безопасности, безопасности полетов и охраны окружающей среды.

Все это обуславливает серьезные конкурентные отношения не только между авиационными предприятиями и их элементами, но между другими видами транспорта. Это, в первую очередь, существенно повышает значимость принимаемых органами управления предприятий решений, а во-вторых, значительно сокращает сроки принятия таких решений.

В связи с этим, создание и функционирование авиационных предприятий как сложных организационно-технических систем предполагает использование адекватных аналитических и имитационных моделей, способных учитывать сложное многообразие форм и способов конфликтных взаимодействий между элементами авиационного предприятия и внешними организационно-техническими системами. Учитывая, что любое конфликтное взаимодействие содержит в первую очередь информационное взаимодействие, как конструктивного, так и деструктивного характера, то оценка степени влияния информационного взаимодействия на результат функционирования является важной задачей.

Поэтому целью статьи является выявление связи между конфликтной устойчивостью информационной системы (инфокоммуникационной сети) и эффективностью функционирования авиационной организационно-технической системы, а также формулирование задачи синтеза конфликтно-устойчивой информационной системы.

2. Функциональная модель авиационного объединения как сложной организационно-технической системы

В аспекте целевого применения авиационного объединения основной целью его функционирования является извлечение прибыли за счет осуществления различного рода авиационных перевозок. На уровне обоснования его облика (состава, свойств и их

характеристик, структуры и т.п.) цель определяется внешними условиями складывающейся обстановки и может состоять, например, в желании войти десятку крупнейших авиаперевозчиков по объему пассажиропотока.

Структурно авиационное объединение (см. рис. 1) включает центральный орган управления объединения в составе собрания акционеров, совета директоров и аппарата генерального директора, основные авиационные компании и обеспечивающие компании.

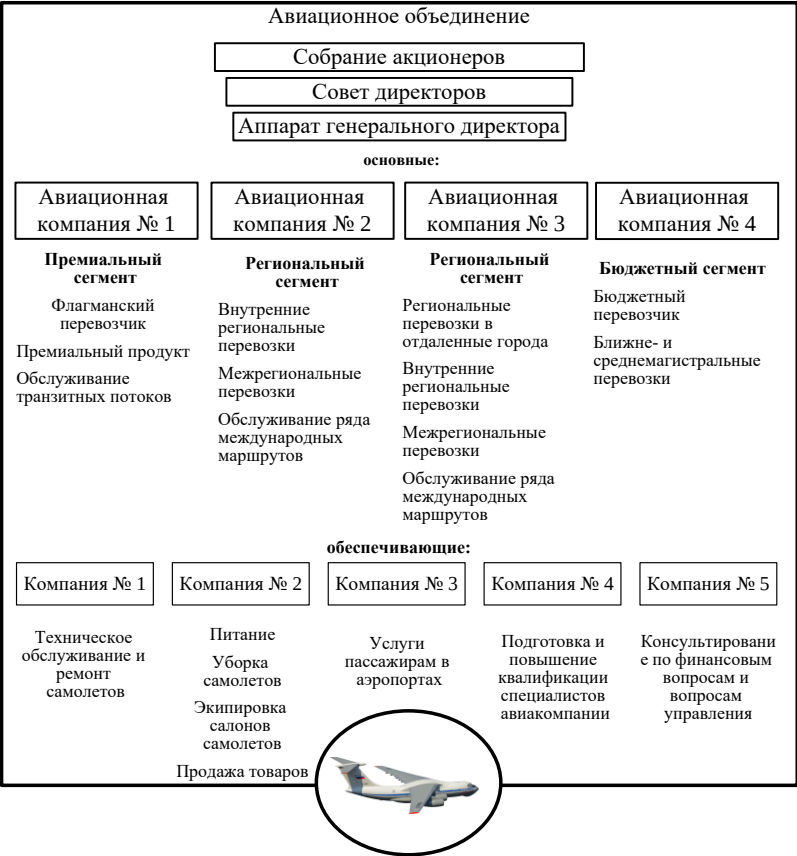


Рис. 1. Структура авиационного объединения

Исходя из функционального предназначения, структуру авиационного объединения можно условно представить в виде взаимосвязанных основных и обеспечивающих предприятий. Функционирование основных предприятий, к которым относятся авиакомпании, непосредственно направлено на достижение целей за счет потребления имеющихся ресурсов. Обеспечивающие предприятия предназначены для создания условий максимальной реализации потенциальных возможностей основными предприятиями – авиакомпаниями.

Как следует из рис. 1, целью одной из авиакомпаний является предоставление высококачественных услуг по перевозке пассажиров и грузов, как по международным, так и внутренним маршрутам, охватывая территорию всей страны. Две другие авиакомпании осуществляют предоставление услуг по перевозке пассажиров и грузов, в основном, по внутренним маршрутам, разделяя свои сферы влияния по географическому признаку. Еще одна авиакомпания является лоукостером и осуществляет целевое предоставление бюджетных услуг за счет существенного снижения эксплуатационных расходов.

Каждая из авиакомпаний функционирует в рамках централизованного управления в интересах реализации частных целей, вытекающих из целей функционирования авиационного объединения. Такими целями являются, например, достижение заданного объема пассажиропотока на внутренних авиалиниях, либо на внешних авиалиниях, развитие маршрутной сети или другими.

Таким образом, авиационное объединение имеет собственную цель функционирования, на достижение которой направлено функционирование основных ее структурных подразделений (предприятий), находящихся под единым административным управлением. В связи с этим, авиационное объединение является функциональной организационно-технической системой (ФС), а ее элементами (организационно-техническими системами, ОТС) являются основные и обеспечивающие предприятия.

Целью применения обеспечивающих элементов (подсистемы управления, информационного, материально-технического, метеорологического, авиационно-технического и других

видов обеспечения) является обеспечение нормального функционирования основных элементов (авиакомпаний). Основное предназначение обеспечивающих систем заключается в формировании (преобразовании) и распределении соответствующих видов ресурсов, к основным из которых относят информационные, материальные, энергетические и другие ресурсы. Наиболее важные обеспечивающие элементы, вклад которых в достижение целей авиационного объединения существенен, выделены в компании – обеспечивающие ОТС.

Достижение целей функционирования авиационного объединения осуществляется путем применения авиационных комплексов, под которыми понимаются воздушные суда с обеспечивающими системами, бортового оборудования и наземными средствами обеспечения функционирования [1].

В ходе функционирования элементы авиационного объединения взаимодействуют между собой, с внешней средой (органами государственной власти, финансовыми, правовыми регуляторами, поставщиками аэронавигационного обслуживания и др.), а также с конкурирующими авиационными объединениями. При этом взаимодействие может носить различный характер от сотрудничества до антагонистического конфликта.

Наиболее сложным и ответственным этапом функционирования авиационного объединения и авиакомпаний является непосредственное выполнение задач в воздухе экипажами воздушных судов. Именно на этом этапе в полном объеме проявляется целенаправленность функционирования ОТС и их элементов, и именно на обеспечение этого этапа направлена деятельность всех остальных систем. В связи с чем конфликтность взаимодействия между подразделениями авиационного объединения, с другими авиационными предприятиями является наиболее важным фактором, влияющим на достижение целей функционирования. Наиболее важной формой взаимодействия между вышеуказанными элементами является информационное взаимодействие, осуществляемое путем обмена информацией в рамках обслуживания воздушного движения, к которому относят [1]:

диспетчерское (районное, подхода, аэродромное) обслуживание, предназначенное для предотвращения столкновений между воздушными судами; предотвращения столкновений воздушных судов, находящихся на площади маневрирования, с препятствиями на этой площади; ускорения и поддержания упорядоченного потока воздушного движения;

полетно-информационное обслуживание, предназначенное для предоставления консультаций и информации, необходимых для обеспечения безопасного и эффективного производства полетов;

аварийное оповещение, предназначенное для своевременного уведомления соответствующих организаций о воздушных судах, нуждающихся в помощи поисково-спасательных служб, и оказание таким организациям необходимого содействия.

Обслуживание воздушного движения осуществляется с использованием каналов связи различного рода и вида – речевого обмена и передачи данных в диапазонах ОВЧ и ДКМВ, а также с использованием линий спутниковой связи (см. рис. 2).



Рис. 2 – Структура обслуживания воздушного движения

При этом для экипажей воздушных судов и бортовых систем основными источниками информации могут быть поставщики аэронавигационного обслуживания, поставщики метеорологической информации, авиакомпании, а также аэропортовые службы. Напротив, бортовые системы и экипаж воздушных судов являются источником информации для органов управления авиационных и обеспечивающих компаний, а также их подразделений.

В целом, следует отметить, что авиакомпаниям одного и того же объединения не мешает конкурировать на отдельных авиалиниях. Такую конкуренцию в целях авиакомпаний одного объединения можно отнести к внутренней конкуренции, обуславливающей внутрисистемный конфликт. К внешней конкуренции следует отнести конкуренцию авиакомпаний объединения с другими авиационными объединениями.

Таким образом, тенденции развития авиационного транспорта, а также специфика структуры и особенностей функционирования авиационного объединения требует постоянного совершенствования их аналитических и имитационных моделей, позволяющих повысить эффективность их функционирования. Одним из требований таких моделей является наличие возможности учитывать информационные процессы конфликтного взаимодействия составляющих элементов авиационного объединения, включая процессы обмена информацией.

3. Модель конфликтного взаимодействия информационных систем авиационного объединения

Исходя из вышеизложенного, авиационное объединение, представим в виде сложной функциональной организационно-технической систем (функциональной системы) [3, 4], содержащей следующие взаимодействующие элементы (см. рис. 3):

- центрального органа управления;
- совокупности организационно-технических систем;
- потоков энергии, вещества и информации, обеспечивающих взаимодействие вышеназванных элементов.

Состояние такой системы будет характеризоваться упорядоченным множеством:

$$(1) \quad \mathbf{H} = \langle \mathbf{S}, \mathbf{Q}, \mathbf{V}, \mathbf{P}, \mathbf{U} \rangle;$$

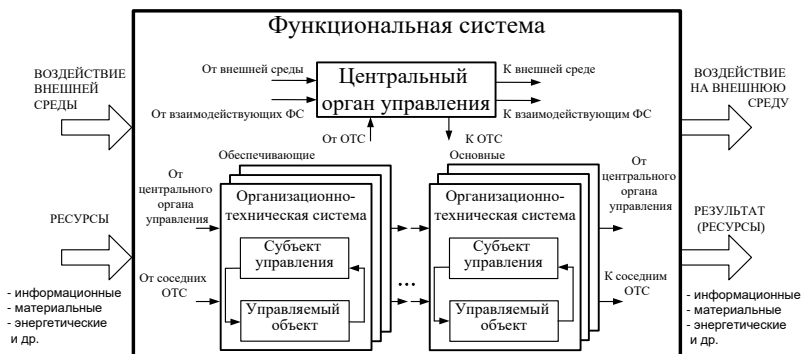


Рис. 3. Обобщенная структура функциональной системы

где $S_{ij} \in \mathbf{S}$ – матрица связей между элементами системы по информации, управлению и видам обеспечения; $i, j = 1 \dots N$, где N – количество элементов системы; $Q_{ij} \in \mathbf{Q}$ – матрица пространственного расположения (расстояний) элементов системы, характеризующая ее топологическую структуру; $V_i \in \mathbf{V}$ – вектор целевого состояния внешней среды в которой действует i -ый элемент системы; $P_i \in \mathbf{P}$ – вектор внутреннего состояния i -го элемента; $U_{ij} \in \mathbf{U}$ – матрица значений управляющих параметров от i -го элемента к j -му элементу системы.

Возможное множество значений, принимаемых элементами $\mathbf{H} \in \mathbf{H}$, образует пространство состояний, каждая точка которого соответствует определенному состоянию системы. Возможное множество значений, принимаемых элементами, образует пространство состояний, каждая точка которого соответствует определенному состоянию системы.

Для представления процесса функционирования системы, необходимо определить последовательность динамического изменения ее состояния $H \in \mathbf{H}$ характеризуемого временем. Поэтому дополним пространство состояний $\mathbf{H}$ еще одной переменной, характеризующей время и обеспечивающей формирование фазового пространства $\langle \mathbf{H}, \mathbf{T} \rangle$. Тогда функция:

$$(2) \quad \Phi: \langle \mathbf{H}, \mathbf{T} \rangle \rightarrow \langle \mathbf{H}, \mathbf{T} \rangle \text{ или } H(t+1) = \Phi(H(t))$$

будет характеризовать поведение системы во времени при управлении $U(t)$, что в фазовом пространстве состояний будет соответствовать кривой $\Phi(t) \in \Phi$.

Предположим, что рассматриваемая ФС во время своего функционирования достигает поставленной цели и при этом ее состояние изменяется от начального $H(0)$ до конечного $H(T)$ за время $\Delta t = T$:

$$(3) \quad \Delta H = H(T) - H(0).$$

Предположим, что на множестве значений $\mathbf{H}$ существует функция $W \in \mathbf{W}$, характеризующая степень достижения целей функционирования системы (эффективность функционирования):

$$(4) \quad W = f(\Delta H, \Phi, \Delta t).$$

В общем случае она зависит не только от начального и конечных состояний системы, но и от траектории движения в фазовом пространстве и затрачиваемого времени.

Рассмотрим ситуацию, когда две ФС **А** и **Б** стремятся достичь своих целей. Тогда $\Delta H_A(t), \Delta H_B(t) \in \mathbf{H}$ – характеризуют изменения состояния рассматриваемых ФС, $\Delta \Phi_A(t), \Delta \Phi_B(t) \in \mathbf{H}$ – характеризуют траектории движения систем в фазовом пространстве. Тогда условие влияния ФС **Б** на систему **А** в процессе их функционирования представим следующим образом:

$$(5) \quad W_A(\Delta H_A, \Phi_A, \Delta t) > W_A(\Delta H_A, \Delta H_B, \Phi_A, \Phi_B, \Delta t).$$

Следует отметить, что инфокоммуникационная сеть (ИКС) лежащая в основе информационной системы (ИС), как и сама информационная система, предназначены для уменьшения неопределенностей, возникающих на различных стадиях жизненного

цикла ФС. В тоже время информация, а также ее качественные свойства проявляются, как правило, только в процессе управления и направлено на максимальную реализацию потенциальных возможностей ФС, определяемыми ее материальными, энергетическими и другими характеристиками. Поэтому в общем случае низкая эффективность функционирования ИС однозначно определяет низкую эффективность и ФС, но высокая эффективность ИС не всегда говорит о высокой эффективности ФС. Аналогично можно сформулировать то же самое относительно ИКС и ИС. Но решение задачи синтеза ИС предполагает решение оптимизационной задачи, для которой множество свойств и характеристик ФС, условий их функционирования и применения фиксированы, что дает право сформулировать следующие аксиомы.

Аксиома 1. Отображение множества значений эффективности функционирования ИС $\mathbf{W}_{ИС}$ в множество значений эффективности функционирования соответствующей ей ФС $\mathbf{W}_{ФС}$ биективно:

$$(6) \quad G: \mathbf{W}_{ИС} \leftrightarrow \mathbf{W}_{ФС}.$$

Поэтому, оценка эффективности функционирования ИС однозначно характеризует эффективность функционирования соответствующей ФС, в том числе и для условий конфликтного взаимодействия.

Аксиома 2. Множества значений эффективности функционирования ИС $\mathbf{W}_{ИС}$ и значений эффективности функционирования соответствующей ей ФС $\mathbf{W}_{ФС}$ являются частично упорядоченными и, соответственно, изоморфными.

Таким образом, с использованием вышеприведенных аксиом можно показать, что если условие конфликтного взаимодействия информационных систем **А** и **Б** верно:

$$(7) \quad \text{ИС: } W_A(\Delta H_A, \Phi_A, \Delta t) > W_A(\Delta H_A, \Delta H_B, \Phi_A, \Phi_B, \Delta t),$$

то будет верно и аналогичное условие для функциональных систем **А** и **Б**:

$$(8) \quad \text{ФС: } W_A(\Delta H_A, \Phi_A, \Delta t) > W_A(\Delta H_A, \Delta H_B, \Phi_A, \Phi_B, \Delta t).$$

Далее, можно показать, что как для ФС информационная система является основой, так и для ИС инфокоммуникационная сеть является функциональной основой. Поэтому аналогично предыдущему с использованием аксиом 7 и 8 можно сформулировать следующее: если условие конфликтного взаимодействия для ИКС **А** и **Б** верно:

$$(9) \text{ ИКС: } W_A(\Delta H_A, \Phi_A, \Delta t) > W_A(\Delta H_A, \Delta H_B, \Phi_A, \Phi_B, \Delta t),$$

то будет верно и условие конфликтного взаимодействия для информационных систем:

$$(10) \text{ ИС: } W_A(\Delta H_A, \Phi_A, \Delta t) > W_A(\Delta H_A, \Delta H_B, \Phi_A, \Phi_B, \Delta t).$$

Неравенства (7) - (10) могут использоваться для построения критериев оценки степени конфликтной устойчивости функционирования ФС и их элементов.

4. Формулировка задачи синтеза информационной системы авиационного объединения

С учетом всего вышеизложенного задачу синтеза ИС, обеспечивающей функционирование ФС в условиях конфликтного взаимодействия, можно сформулировать следующим образом:

$$(11) V_A^* = \arg \min_{V_A \in \langle V_{A\text{дон}} \rangle} C(V_A), \text{ при}$$

$$V_{A\text{дон}} = \langle V_A : (f(W_A(V_A), W'_A(V_A)) < \delta) \cup \\ \cup (W_A(V_A) \geq W_{mp}) \cup (R(V_A) \subset \mathbf{R}) \rangle,$$

где $C(V_A)$ – функция затрат на создание V_A варианта ИС, минимальное значение которой соответствует представлениям о наилучшем варианте V_A^* построения ИС; $V_{A\text{дон}}$ – множество допустимых вариантов построения ИС; $W_A(V_A)$ – показатель эффективности функционирования V_A варианта ИС в отсутствии внешнесистемного взаимодействия; $W'_A(V_A)$ – показатель эффективности функционирования V_A варианта ИС в условиях функционирования конкурирующей ИС **Б**; $f(W_A(V_A), W'_A(V_A))$ –

функция, определяющая степень конфликтной устойчивости V_A варианта ИС в зависимости от соотношения показателей эффективности $W_A(V_A)$ и $W'_A(V_A)$; δ – заданное значение конфликтной устойчивости функционирования ИС; W_{mp} – требуемое значение показателя эффективности функционирования V_A варианта ИС; $R(V_A)$ – ресурс, используемый для создания варианта V_A ИС при заданном ограничении R . Значения показателей эффективности функционирования ИС определяются в соответствии с выражением (5).

Степень конфликтной устойчивости соответствующей выражению (11), в общем случае можно определить следующим образом:

$$(12) \quad f(W_A(V_A), W'_A(V_A)) = W_A(V_A) - W'_A(V_A);$$

$$(13) \quad f(W_A(V_A), W'_A(V_A)) = \frac{W_A(V_A) - W'_A(V_A)}{W_A(V_A)}.$$

Физический смысл данной характеристики указывает, на какую величину может уменьшиться значение показателя эффективности функционирования синтезируемой ИС при условии, если будет оказано воздействие со стороны конкурирующей ИС. В определенной мере данный показатель характеризует степень защищенности ИС в условиях явным образом не предусмотренных на стадиях ее создания.

5. Заключение

Таким образом, сформулированная формализованная задача синтеза информационной системы в интересах обеспечения конфликтной устойчивости функциональной системы, позволяет учесть не только ее состояние в рамках заданных временных интервалов, но и особенности процесса ее функционирования в условиях конфликтного взаимодействия. Важность информационной системы заключается в том, что именно с помощью нее осуществляется согласование процессов элементов функциональной системы по времени, месту, целям; любой вид другого

взаимодействия превосходит именно информационное взаимодействие; отсутствие информационного взаимодействия сводят на нет все другие виды взаимодействия.

Литература

1. ГОЛОВЧЕНКО Е.В. *Авиационные инфокоммуникационные сети: монография* / Е.В. Головченко, П.А. Федюнин, В.А. Дьяченко, М.А. Стафеев. – Воронеж: ВУНЦ ВВС «ВВА» (г. Воронеж), 2018. – 157 с.
2. ЯРЛЫКОВ М.С. *Радиоэлектронные комплексы навигации, прицеливания и управления вооружением летательных аппаратов. Т. 1. Теоретические основы* / М.С.Ярлыков, А.С.Богачев, В.И.Меркулов, В.В.Дрогалин // Под ред. М.С.Ярлыкова. – М.: Радиотехника, 2012. – 504 с.
3. МИСТРОВ Л.Е. *Метод организационно-функционального синтеза обеспечивающих функциональных организационно-технических систем* / Вопросы оборонной техники. Серия 16. Технические средства противодействия терроризму. Вып. 7-8. 2013. С. 105 – 112.
4. МИСТРОВ Л.Е. *Основы методологии синтеза функциональных организационно-технических систем*. Проблемы регионального и муниципального управления: сб. докладов XIV международ. науч. конф. Москва: Рос. гос. гуманит. ун-т, ИПУ, 2012. С. 263-266.

ИЕРАРХИЧЕСКИЕ ИГРЫ И ТЕОРИЯ КОНТРАКТОВ

Горелик В.А., Золотова Т.В.

(ВЦ ФИЦ ИУ РАН, Москва, Финансовый
университет при Правительстве РФ, Москва)
vgor16@mail.ru, tgold11@mail.ru

В статье кратко излагается история развития теории иерархических игр в рамках двух взаимосвязанных направлений: теории активных систем и информационной теории иерархических систем. Рассматривается теория контрактов как приложение иерархических игр. Предложена модификация базовой модели теории контрактов «принципал – агент», связанная с различной оценкой ценности денег для разных типов агентов.

Ключевые слова: иерархические игры, теория контрактов, совершенная ценовая сегрегация, принцип выявления.

1. Введение

Нынешняя конференция посвящена 50-летию теории активных систем и 80-летию юбилею ее основателя Владимира Николаевича Буркова. Вместе с тем этот год можно считать и 50-летием теории иерархических игр, которая сложилась из взаимосвязанных научных исследований двух коллективов Академии наук СССР: Института проблем управления (вместе с МФТИ) и Вычислительного центра (вместе с МГУ и МФТИ). Именно в конце 60-х – начале 70-х годов прошлого века В.Н.Бурков и его ученики заложили основы математической теории активных систем, которые были обобщены в известных монографиях [1, 2]. Это направление продолжает активно развиваться, в том числе в рамках разработанной Д.А.Новиковым теории управления организационными системами [6].

В 1969 г. один из авторов данной статьи защитил на мехмате МГУ под руководством Юрия Борисовича Гермейера дипломную работу «Принцип гарантированного результата в неантагонистических играх с обменом информацией» (опубликована в 1971г.). В начале 1970-х годов Ю.Б. Гермейер и Н.Н. Моисеев сформулировали основные положения информационной теории иерархических систем [3, 5], развитые затем в монографии [4].

В основе обоих отмеченных выше научных исследований лежат теоретико-игровые модели, которые вполне обоснованно можно назвать иерархическими играми. Надо заметить, что истоком этого направления являются работы экономиста Г.Штакельберга (модель лидер – ведомый или принципал – агент), хотя вряд ли кому-то из нас они были известны в силу информационной разобщенности того времени. Впрочем, в плане развития математического аппарата наши исследования ушли очень далеко от его работ (принцип гарантированного результата, принцип открытого управления, управление с обратной связью, неполнота информации, динамика и т.д.). Прикладные аспекты также были совсем другие, что вполне естественно объясняется различием механизмов управления существовавших тогда экономических систем. Мы не будем здесь останавливаться на описании упомянутых теоретических и прикладных результатов, так как они достаточно подробно изложены в ряде публикаций как авторов данной статьи, так и других представителей указанных коллективов.

На западе это направление развивалось несколько в иной плоскости, но тоже весьма интенсивно. В настоящее время возможности информационного обмена возросли многократно, а некоторое сближение принципов управления вызывает интерес к зарубежным работам по применению теоретико-игровых моделей в экономических исследованиях. Особенно этот интерес возрос в связи с резонансом, который возник в последние годы вокруг теории контрактов.

2. Теория контрактов

Самое известное приложение иерархических игр – теория контрактов. В 2016 Нобелевский комитет присудил премию по

экономике Оливеру Харту из Гарвардского университета и Бенгту Хольмстрему из Массачусетского технологического института с формулировкой «за их вклад в теорию контрактов» [7-9].

Классическая задача контракта описывается так: между центром (принципалом) и элементом нижнего уровня (агентом) есть договоренность, по которой элемент нижнего уровня выполняет определенные действия в интересах центра. Проблема в том, что центр не может напрямую наблюдать за действиями элемента нижнего уровня и это создает «моральный риск»: у элемента нижнего уровня возникает стимул к недобросовестному (оппортунистическому) поведению в собственных интересах.

В идеале вознаграждение, которое центр платит элементу нижнего уровня, должно основываться на наблюдаемых и проверяемых переменных, но на практике, ни один из таких критериев вроде рыночной капитализации компании или ее чистой прибыли не обеспечивает оптимальных результатов для обеих сторон.

В 1979 году Бенгт Хольмстрем вывел и формализовал «принцип информативности», который подразумевает, что оплата труда элементу нижнего уровня должна зависеть от переменных (сигналов), которые обеспечивают информацию о его действиях, отделяя случайные факторы («шум»), не связанные с действиями элемента нижнего уровня. Если ставить вознаграждение элемента нижнего уровня в зависимость от абсолютного параметра (например, объем выпуска, продажи или капитализация фирмы), то «плохой» элемент нижнего уровня может выигрывать просто от хорошего состояния экономики или рынка, а «хороший» – проигрывать от плохой ситуации в экономике. Разумеется, эта схема не является эффективной.

Исследования Оливера Харта в 1980-х годах позволили совершить прорыв в понимании так называемых неполных контрактов. В реальном мире невозможно заранее составить исчерпывающий, совершенный контракт. Поэтому в условиях, когда не все переменные или потенциальные состояния можно оговорить в контракте, нужно определить третью сторону, которой будет дано решать, что делать, когда стороны контракта не могут договориться.

Перечислим основные задачи теории контрактов.

- Задача асимметричной информации, также известная как задача ухудшающего или неблагоприятного отбора. В этой задаче центр предлагает элементу нижнего уровня контракт, при этом в момент заключения контракта элемент нижнего уровня имеет информацию, недоступную центру (как правило, эта информация называется «типом» элемента нижнего уровня). После заключения контракта все действия и события становятся наблюдаемыми каждой из сторон. Предмет обсуждения заключается в том, чтобы на основе полученной информации рекомендовать элементу нижнего уровня оптимальный контракт, зависящий от его типа.

- Задача информативных сигналов. В отличие от предыдущей задачи, элемент нижнего уровня может начать (наблюдаемое) действие до заключения контракта. Значит, элемент нижнего уровня может послать центру «сигнал» о своем типе. Естественно, для информативного сигнала характерно то, что он не должен быть бесплатным для элемента нижнего уровня. Значит, даже при наличии сигналов равновесие может быть неэффективно.

- Задача пост-контрактного оппортунистического поведения (субъективного риска, морального риска). В данной задаче в момент заключения контракта нет асимметрии информации, но она появляется после подписания контракта: элемент нижнего уровня принимает решение о выборе действия (например, это может быть выбор уровня усилий или объема инвестиций), которое центр не наблюдает непосредственно. Но центр имеет возможность наблюдать реализацию случайных величин (например, свой доход), вероятностные распределения которых зависят от усилий элемента нижнего уровня. Наиболее интересны ситуации конфликта интересов, когда для элемента нижнего уровня предпочтительней было бы выбрать уровень усилий, не являющийся оптимальным для центра. В этих случаях центру нужно использовать стимулирующий контракт.

- Задача неполных контрактов. В отличие от предыдущих задач (которые часто называют задачами полных контрактов), в теории неполных контрактов предполагается наличие

«наблюдаемых, но не верифицируемых переменных», то есть переменных, известных каждому участнику, но не прописываемых в контракте, так как их значения не верифицируемы судом. В теории полных контрактов все наблюдаемые переменные верифицируемы. Как правило, задача неполных контрактов предполагает отсутствие асимметричной информации, и основной вопрос связан с предоставлением стимулов к выбору оптимального действия (уровня усилий или инвестиций). В этом смысле задача становится похожей на задачу морального риска, но наблюдаемые и не верифицируемые переменные приводят к пересмотру контракта. Отличием от теории полных контрактов становится то, что в теории неполных контрактов возможен двусторонний пересмотр контрактов даже в случае равновесия. Поэтому задача неполных контрактов позволяет исследовать роль инструментов, которые влияют на результат переговоров по заключению нового контракта, в том числе и прав собственности.

Здесь мы остановимся на первой из перечисленных задач, а именно, вопросу выбора принципалом видов контрактов, которые позволяют разделить неизвестных ему агентов разных типов. Сначала опишем соответствующую базовую модель теории контрактов, а затем предлагаемую ее модификацию.

3. Базовая модель

Рассмотрим простейшую задачу с двумя типами элементов нижнего уровня. В роли центра (принципала) выступает доминирующая торговая компания, в роли элемента нижнего уровня (агента) – потребитель. Доминирующая торговая компания не имеет информации о предпочтениях элемента нижнего уровня и стремится применить ценовую сегрегацию для увеличения своей прибыли. Издержки производства x единиц товара равны sx . Полезность элемента нижнего уровня от потребления товара равна $U(a, x)$. Параметр a принимает два значения: $a = a^L$ с вероятностью π и $a = a^H$ с вероятностью $1 - \pi$. Функция полезности является возрастающей и вогнутой функцией по x . Функция полезности $U(a, x)$ и функция предельной полезности $U_x(a, x)$ есть

возрастающие функции по a для любого фиксированного x (условие Спенса-Миррлиса, также известное как «условие однократного пересечения»). Типичным примером такой функции полезности является $U(a, x) = au(x)$. Элемент нижнего уровня определяет максимум функции $V = U(a, x) - t$, где t – деньги, израсходованные на покупку товара. Отметим, что для задач такого вида рассматривают либо вогнутую функцию полезности и линейную функцию издержек, либо линейную полезность и выпуклые издержки. Параметр a может учитываться в функции полезности (как в представленной задаче), а может учитываться в функции издержек. Для разделения потребителей на типы существует две интерпретации: либо имеется один потребитель, который может быть двух типов с заданными вероятностями, либо имеется континуум «очень маленьких» потребителей, доля которых «низкого типа» есть π , а остальные «высокого типа». При этом две интерпретации совпадают, только если издержки линейны, и центр нейтрален к риску.

Рассмотрим контракт, который предлагается производителем: (t, x) , где $x \geq 0$ – количество продаваемого товара, а t – стоимость предлагаемого товара (всего товара, а не единицы). Потребитель (A) получает полезность $V^A = U(a, x) - t$. Доминирующая торговая компания (P) получает прибыль $V^P = t - cx$. Индивидуальный потребитель имеет функцию спроса $D(a, p)$, определяемую из уравнения $U_x(a, x) = p$, где p – цена единицы товара. На рынке функцию спроса определяют с помощью горизонтального суммирования индивидуальных функций спроса с учетом весовых коэффициентов ($a = a^L$ с весом π и с $a = a^H$ с весом $1 - \pi$). В случае конкурентного рынка получаем, что $p = c$ и потребители с $a = a^L$ выбирают $x = x^{L*}$, удовлетворяющее уравнению $U_x(a^L, x^{L*}) = c$; потребители с $a = a^H$ выбирают $x = x^{H*}$ из уравнения $U_x(a^H, x^{H*}) = c$. В случае доминирующей торговой компании, мы рассмотрим несколько задач (совершенная сегрегация, сегрегация второго рода).

Совершенная ценовая сегрегация. Предположим, что доминирующая торговая компания знает тип каждого потребителя и имеет возможность рекомендовать каждому потребителю

индивидуальный контракт. Потребитель соглашается принимать участие в торговле только тогда, когда $t \leq U(a, x)$. Доминирующая торговая компания стремится максимизировать прибыль $t - cx$. В данном случае производителем назначается максимальная цена, для которой состоится торговля $t = U(a, x)$. Так как производителем изымаются все излишки у потребителя, то стремясь максимизировать свою прибыль $U(a, x) - cx$, доминирующая торговая компания будет производить социально оптимальный объем продукции. Для потребителей с $a = a^L$ он назначает $x = x^{L*}$ такое, что $U_x(a^L, x^{L*}) = c$ и $t^L = U(a^L, x^{L*})$, т.е. цена единицы продукции равна ее предельной полезности. Аналогично, для потребителей с $a = a^H$ количество $x = x^{H*}$ определяется из уравнения $U_x(a^H, x^{H*}) = c$ и $t^H = U(a^H, x^{H*})$. Равновесие в натуральных показателях эквивалентно общественному оптимуму, но вся рента достается доминирующей торговой компании.

Несовершенная информация. Рассмотрим ценовую сегрегацию второго рода. Здесь доминирующая торговая компания (принципал) не может определить тип элемента нижнего уровня (агента). Покупатель знает «тип», доминирующая торговая компания предлагает «меню» контрактов, покупатель выбирает подходящий для него контракт. Производитель решает задачу

$$E_a[t(x(a)) - cx(a)] \rightarrow \max_{t(\cdot)},$$

где E_a — математическое ожидание случайной величины, $x(a) = \arg \max_x \{U(a, X) - t(X), 0\}$ для всех a .

При этом определяется цена каждого набора товаров. Однако можно применить более простой метод, оптимизирующий поведение доминирующей торговой компании. Используют так называемый «принцип выявления»: зачем предлагать целую кривую контрактов, если, в конце концов, потребители выбирают не более чем две точки. Нужно найти эти две точки и рекомендовать только два контракта.

Принцип выявления. Доминирующая торговая компания должна рекомендовать два контракта (t^L, x^L) , (t^H, x^H) , максимизирующих математическое ожидание функции прибыли, т.е.

$$(1) \pi(t^L - cx^L) + (1 - \pi)(t^H - cx^H) \rightarrow \max_{t^L, x^L, t^H, x^H}$$

при ограничениях

$$U(a^L, x^L) - t^L \geq 0 \text{ (индивидуальная рациональность для } L),$$

$$U(a^H, x^H) - t^H \geq 0 \text{ (индивидуальная рациональность для } H),$$

$$U(a^L, x^L) - t^L \geq U(a^L, x^H) - t^H \text{ (совместимость стимулов для } L),$$

$$U(a^H, x^H) - t^H \geq U(a^H, x^L) - t^L \text{ (совместимость стимулов для } H).$$

Функция цели доминирующей торговой компании имеет тот же вид, что и раньше. Искомые контракты должны удовлетворять приведенным ограничениям. При данных ограничениях оптимальный контракт определяется однозначно. При этом стоимость наборов товаров t^L, t^H для заданных x^L, x^H можно найти из ограничений, а оптимальный уровень производства определяется из задачи максимизации прибыли.

4. Модификация базовой модели

В рассмотренной выше базовой модели агенты различаются своими функциями полезности, а именно, имеются потребители с «более высокими» и «более низкими» потребностями. По-видимому, такое разделение имеет место в силу различных условий жизни, однако, на наш взгляд, первичным является разный уровень доходов и, как следствие, разное отношение к деньгам. Параметр x можно интерпретировать и как качество товара (такая интерпретация даже более естественна), а считать, что кто-то заведомо готов довольствоваться низким качеством представляется уже социальной сегрегацией. Деньги тоже товар и их полезность различается для слоев с разным уровнем доходов. Поэтому если в функции прибыли принципала доход действительно есть величина t , то для агента этот параметр должен входить как аргумент в функцию полезности. В частности, он может быть аргументом монотонно возрастающей выпуклой функции, которая вычитается из функции полезности.

Рассмотрим в качестве примера степенную функцию $s(a, t) = t^a$. У агента «низкого» уровня показатель степени должен

быть больше, чем у агента «высокого» уровня, т.е. $a^L > a^H$. Функцию полезности будем считать одинаковой для обоих типов агентов $U(x)$. Функцию затрат принципала оставим линейной, хотя можно рассматривать и возрастающую выпуклую функцию (особенно это характерно при интерпретации x как качества товара).

Тогда задача принципала есть по-прежнему (1), а ограничения имеют вид

$$U(x^L) - s(a^L, t^L) \geq 0 \text{ (индивидуальная рациональность для } L),$$

$$U(x^H) - s(a^H, t^H) \geq 0 \text{ (индивидуальная рациональность для } H),$$

$$U(x^L) - s(a^L, t^L) \geq U(x^H) - s(a^L, t^H) \text{ (совместимость стимулов для } L),$$

$$U(x^H) - s(a^H, t^H) \geq U(x^L) - s(a^H, t^L) \text{ (совместимость стимулов для } H).$$

В зависимости от вида функции полезности агентов и соотношения между параметрами возможны три варианта вида решения задачи принципала (исключая случай неэффективности обоих контрактов):

1. Выгодно производить только товар «низкого качества». В этом случае $x^H=0$, $t^L=s((a^L)^{-1}, U(x^L))$, а оптимальное x^L находится из уравнения

$$s((a^L)^{-1} - 1, U(x^L))U'(x^L) = ca^L.$$

2. Выгодно производить только товар «высокого качества». В этом случае $x^L=0$, $t^H=s((a^H)^{-1}, U(x^H))$, где оптимальное x^H находится из уравнения

$$s((a^H)^{-1} - 1, U(x^H))U'(x^H) = ca^H.$$

3. Выгодно производить оба товара, предложив разделяющий контракт. В этом случае $t^L=s((a^L)^{-1}, U(x^L))$, $t^H=s((a^H)^{-1}, U(x^H) - U(x^L) + s(a^H(a^L)^{-1}, U(x^L)))$, а оптимальные x^L и x^H находятся из системы уравнений

$$\begin{aligned} & \pi \cdot (a^L)^{-1} [s((a^L)^{-1} - 1, U(x^L))U'(x^L) - c] + \\ & + (1 - \pi) \cdot (a^H)^{-1} [U'(x^L) \cdot (a^H(a^L)^{-1} s(a^H(a^L)^{-1} - 1, U(x^L)) - 1)] \times \\ & \times s((a^H)^{-1} - 1, U(x^H) - U(x^L) + s(a^H(a^L)^{-1}, U(x^L))) = 0, \end{aligned}$$

$$(a^H)^{-1}s((a^H)^{-1}-1,U(x^H)-U(x^L))+ \\ +s(a^H(a^L)^{-1},U(x^L)))U'(x^H)-c=0.$$

Подставляя найденные решения в целевую функции задачи (1), находим наилучший вариант решения для принципала.

Как базовую модель, так и предложенную ее модификацию можно представить как частные случаи единой общей модели, в которой функции полезности агентов имеют вид $V(a, x, t)$. Для этой модели решение может быть найдено аналогичным образом.

Литература

1. БУРКОВ В.Н. *Основы математической теории активных систем*. М.: Наука, 1977. – 256 с.
2. БУРКОВ В.Н., КОНДРАТЬЕВ В.В. *Механизмы функционирования организационных систем*. М.: Наука, 1981. – 383 с.
3. ГЕРМЕЙЕР Ю.Б. *Игры с непротивоположными интересами*. М.: Наука, 1976. – 328 с.
4. ГОРЕЛИК В.А., ГОРЕЛОВ М.А., КОНОНЕНКО А.Ф. *Анализ конфликтных ситуаций в системах управления*. М.: Радио и связь. 1991. – 288 с.
5. МОИСЕЕВ Н.Н. *Математическая задача системного анализа*. М.: Наука, 1981. – 487 с.
6. НОВИКОВ Д.А. *Теория управления организационными системами*. М.: МПСИ, 2005. – 584 с.
7. HART O. *Incomplete Contracts and Control* // American Economic Review. Vol. 107. 2017. № 7. P. 1731 – 1752.
8. HART O., ZINGALES L. *Liquidity and Inefficient Investment* // Journal of the European Economic Association. Vol. 13. 2015. № 5. P. 737 – 769.
9. HOLMSTROM B., MILGROM P. *Multitask principal-agent analyses: Incentive contracts, asset ownership, and job design* (Book Chapter) *The Economic Nature of the Firm*. Cambridge University Press, 2009. P. 232 – 244.

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ

Добронец Б.С., Попова О.А.

(Сибирский федеральный университет, Красноярск)

BDobronets@yandex.ru, OlgaArc@yandex.ru

В работе рассматриваются основные вычислительные проблемы в задачах цифровой экономики, связанные в первую очередь с обработкой и анализом данных больших объемов, организацией вычислительных процессов и повышением точности численных процедур. Подход основан на применении новых подходов к агрегации данных, вычислительного вероятностного анализа, использовании вероятностных расширений и численных операций над кусочно-полиномиальными функциями. Для выявления зависимостей в больших данных предлагается использовать функциональную регрессию на эмпирических распределениях.

Ключевые слова: цифровая экономика, большие данные, вычислительный вероятностный анализ, функциональная регрессия, оценки рисков.

1. Введение

Цифровая экономика, основанная на больших данных, является прогностической по своему типу: здесь прогноз, план и факт имеют тенденцию к равенству. Его основным инструментом является прогностическая аналитика, основной вид производства персонализирован для нужд клиента, и конкуренция идет не столько за перераспределение существующих рынков, сколько с образованием новых, где больше не конкурируют товары и технологии, а цифровые системы управления на основе цифровых платформ [3,4,11,17,18]. В тоже время данные становятся коммерческим продуктом.

Остановимся более подробно на вычислительных аспектах, характерных для задач цифровой экономики. Выделим из них три и рассмотрим новые методы и подходы, реализующие их. Первый вычислительный аспект связан с необходимостью обработки данных больших объемов. Для его реализации предлагается использовать процедуры агрегирования данных, основанные на применении математических моделей представления данных.

Второй аспект связан с организацией вычислительного процесса, обеспечивающий необходимую для решения соответствующей практической задачи оперативность получения необходимой информации. Для преодоления этой проблемы предлагается использовать рекурсивную схему организации вычислительного процесса.

Третий аспект отражает требование к надежности полученных результатов моделирования, обеспеченных надежными вычислительными процедурами, адекватными тем типам неопределенности, которые содержатся в сырых данных.

В первую очередь наш подход основан на технологиях Big Data, включая процедуры агрегации данных для входных параметров, и использовании вычислительного вероятностного анализа (ВВА) [1,5–10]. Переход к более обобщенному представлению с помощью агрегирования необходим по нескольким причинам. Во-первых, агрегация существенным образом может снизить объем данных. Во-вторых, детализированные данные часто оказываются очень изменчивыми из-за воздействия различных случайных факторов, разброса значений и, поэтому слабо отражают общие тенденции и свойства исследуемого множества. Агрегация в этом случае позволяет увидеть имеющиеся тенденции и закономерности.

Так, на рисунке 1 представлен пример В. Хардли [2], где слева представлено точечное множество данных, а справа результаты агрегирования этих данных с помощью «цветочного» графика.

Анализируя точечное множество данных, он высказал желание иметь какой-либо метод, позволяющий увидеть места их скопления. В качестве иллюстрации такого метода он привел так

называемый «цветочный график» [2]. Цветочный график строится посредством определения сети квадратов, покрывающих плоскость (X,Y) , и подсчета числа наблюдений, попадающих в отдельные квадратики. Число «лепестков цветка» соответствует числу наблюдений в квадрате этого «цветка».

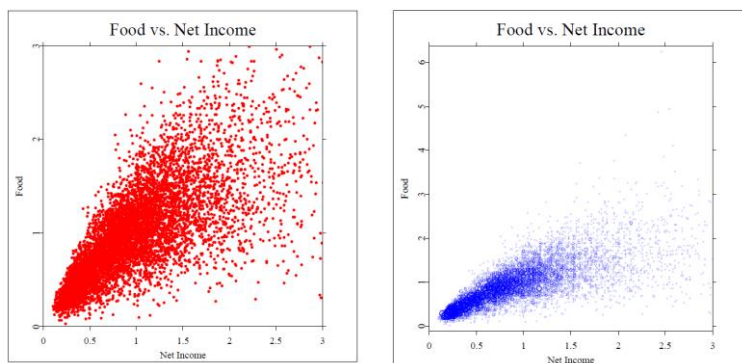


Рис.1. Зависимость расходов на питание от чистого дохода [2]

Левый рисунок 1 – множество точек зависимости расходов на питание от чистого дохода. Правый рисунок 1 – «цветочный график». «Цветочный график» указывает на сосредоточение данных вокруг увеличивающейся группы плотно упакованных «цветков», она не имеет явно выраженных скачков или быстрых локальных флуктуаций. Можно предположить гладкую зависимость кривой отклика.

В статье предлагается использовать кусочно-полиномиальные модели, в том числе сплайн функции. Предлагаемый подход к агрегации данных можно интерпретировать как построение функций распределения. В работах [5–7] обсуждаются различные типы математических моделей агрегации данных.

Хотя существует множество способов агрегации данных, включая простое среднее, мы утверждаем, что использование кусочно-полиномиальных функций агрегации будет предлагать более информативное представление о поведении больших данных, чем другие формы агрегации. Разработанные методы уменьшают

уровень неопределенности в информационном потоке, позволяют значительно сократить время обработки и использовать численные операции [5,6,13].

В настоящее время доминирующие парадигмы экономических теорий основаны на классической математике и представлены в терминах вероятностных и статистических методов. Следует подчеркнуть, что в практических приложениях вероятностные и статистические методы часто и успешно используются в синтезе с современными методами мягких вычислений. Заметим, что в приложениях мы часто имеем дело со случайной и эпистемической неопределенностью [9].

В последние десятилетия существует много современных методов моделирования неопределенности. Как правило, они не противоречат традиционному вероятностному подходу, поскольку касаются других (не вероятностных) типов неопределенности [8].

В этой статье обсуждается использование вычислительного вероятностного анализа (ВВА) для задач со случайной и эпистемической неопределенностью [9]. Основой ВВА являются численные операции над функциями плотности вероятности случайных значений. Это операции “+”, “-”, “.”, “/”, “ $\uparrow$ ”, “max”, “min”, а также отношения порядка “ $\leq$ ”, “ $\geq$ ” и некоторые другие. Численные операции над кусочно-полиномиальными представлениями функций плотности вероятности и вероятностные расширения составляют основной компонент ВВА.

Используя подход ВВА, построены численные методы, которые позволяют решать системы линейных и нелинейных алгебраических уравнений со случайными параметрами. В случае эпистемической неопределенности, мы вводим понятие гистограмм второго порядка. Опираясь на конкретные практические примеры, в работе [9] показано, что использование гистограмм второго порядка может оказаться полезным при принятии решений. В частности, рассмотрена оценка рисков инвестиционных проектов, в которых рассчитываются функции плотности вероятности таких факторов, как чистая текущая стоимость (NPV) и внутренняя норма доходности (IRR).

2. Организация вычислительного процесса

Одной из наиболее важных проблем численного моделирования больших данных является задача вычисления функциональных зависимостей. Для организации вычислительного процесса предлагается использовать одно из основных понятий ВВА – вероятностное расширение. Данный подход может использоваться как в случае больших данных, так и для различных типов неопределенности.

Под вероятностным расширением $f(\mathbf{X}_1, \dots, \mathbf{X}_n)$ функции $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ мы имеем в виду функцию плотности вероятности случайной величины $z = f(x_1, \dots, x_n)$. где $(x_1, \dots, x_n)$ — система непрерывных случайных величин с совместной функцией плотности вероятности $p(x_1, \dots, x_n)$ [10].

Теорема 1.[10] Пусть $f(\mathbf{X}_1, \dots, \mathbf{X}_n)$ вероятностное расширение функции $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ и для всех вещественных t функция $f(t, \mathbf{X}_2, \dots, \mathbf{X}_n)$ вероятностное расширение $f(t, x_2, \dots, x_n)$. Тогда

$$(1) \quad f(\mathbf{X}_1, \dots, \mathbf{X}_n) = \int_{\underline{x}_1}^{\bar{x}_1} \mathbf{X}_1(t) f(t, \mathbf{X}_2, \dots, \mathbf{X}_n) dt.$$

Замечание. Из теоремы 1 вытекает возможность рекурсивного вычисления вероятностных расширений общего вида, сведением их к вычислению одномерных вероятностных расширений.

Рассмотрим вычисление интеграла (1). Для определенности представим (1) в виде квадратуры

$$\int_{\underline{x}_1}^{\bar{x}_1} \mathbf{X}_1(t) f(t, \mathbf{X}_2, \dots, \mathbf{X}_n) dt \approx \sum_{l=1}^m \gamma_l \mathbf{X}_1(t_l) f(t_l, \mathbf{X}_2, \dots, \mathbf{X}_n)$$

Для вычисления $f(t_l, \mathbf{X}_2, \dots, \mathbf{X}_n)$ далее можно использовать численные квадратуры. Теорема позволяет организовать вычислительный процесс в виде рекурсии с использованием процедуры распараллеливания.

Отметим, что на нижнем уровне необходимо вычислить вероятностные расширения для функций только одной переменной.

Все вычисления на каждом уровне независимы и могут вычисляться одновременно.

3. Функциональная регрессия на эмпирических распределениях больших данных

Одним из новых направлений для изучения данных является функциональный анализ данных (ФАД) или Function Data Analysis (FDA), который занимается анализом и теорией данных, представленных в виде некоторых функций, изображений или более общих объектов.

Одним из основных понятий ФАД является понятие функциональных данных, которые представлены так, что для каждого субъекта в случайной выборке записывается одна или несколько функций.

Термин FDA был придуман Ramsay, Dalzell [14-16], история этой области намного старше.

Функциональные данные первого поколения обычно состоят из случайной выборки независимых вещественных функций, $X_1(t), \dots, X_n(t)$ на компактном интервале $I = [0, T]$ на вещественной прямой. Эти вещественные функции можно рассматривать как реализации одномерного стохастического процесса, который часто предполагается в гильбертовом пространстве, например, $L_2(I)$.

Функциональные данные следующего поколения — это функциональные данные, которые являются частью сложных объектов данных, и они могут быть многомерными, коррелированными или включать изображения, или формы.

В самом общем понимании можно рассматривать функциональные данные как реализации основного стохастического процесса.

Основной процесс в реальных задачах часто не может наблюдаться напрямую, так как данные могут быть собраны дискретно с течением времени, либо на фиксированной или случайной сетке времени. В таких ситуациях основной процесс считается

скрытым. Временная сетка, где проводятся наблюдения, может быть плотной, разреженной или пустой, и она может отличаться от предмета к предмету.

Хотя формального определения функциональных данных не существует, соглашение заключалось объявить функциональные данные как плотные (в отличие от разреженных) выборки. Разреженные функциональные данные возникают в исследованиях, для которых измеряются объекты в разные моменты времени и количество измерений n_i для объекта i может быть ограничено, т.е. $\sup_{1 \leq i \leq n} n_i < C < \infty$ некоторой константой

Разреженные и нерегулярно выбранные функциональные данные (которые соответствуют общему типу продольных данных), обычно требуют больше усилий в теории и методологии, чем плотно выбранные функциональные данные, которые записываются непрерывно.

Функциональные данные, которые наблюдаются непрерывно без ошибки являются самым простым типом для обработки в качестве теории для случайных процессов, таких как функциональные законы большие числа и функциональные центральные предельные теоремы легко применимы.

Цели функционального анализа данных в основном такие же, как и у любой другой ветвь статистики. Они включают в себя:

- представлять данные способами, которые помогают дальнейшему анализу;
- отображать данные, чтобы выделить различные характеристики;
- изучать важные источники закономерностей и вариаций среди данных;
- объяснять изменения в результатах с помощью входной информации;
- сравнить два или более набора данных в отношении определенных типов вариации, где два набора данных могут содержать разные наборы дубликатов одних и тех же функций.

Функциональная регрессия — это версия регрессионного анализа, когда ответы или ковариаты включают функциональные данные. Модели функциональной регрессии могут быть классифицированы на четыре типа в зависимости от того, являются ли ответы или ковариаты функциональными или скалярными:

- скалярные ответы с функциональными ковариатами,
- функциональные ответы со скалярными ковариатами,
- функциональные ответы с функциональными ковариатами и
- скалярные или функциональные ответы с функциональными и скалярными ковариатами.

Кроме того, модели функциональной регрессии могут быть линейными, частично линейными или нелинейными. В частности, функциональные полиномиальные модели, функциональные модели с одним и несколькими индексами и функциональные аддитивные модели являются тремя частными случаями функциональных нелинейных моделей.

В статье для описания случайной неопределенности во входных и выходных переменных на этапе преобразования данных предлагается использовать переменные, которые представляют собой математические модели функций плотности вероятности соответствующих переменных, построенные по эмпирическим данным в классе кусочно-полиномиальных моделей. Для вычисления неизвестных параметров модели предлагается использовать численный вероятностный анализ, в котором имеются соответствующие арифметики и процедуры [5,6,7].

В рамках применения данного подхода рассматриваются новые методы моделирования функциональных зависимостей на основе сплайн аппроксимаций [1]. Для исследования точности вычислений используется метод построения апостериорных оценок [5,6].

Сформулируем функциональную регрессию как регрессию в пространстве распределений.

Пусть известны значения (y_i, x_i) $i = 1, 2, \dots, N$. Будем считать, что случайная величина y_i распределена по закону $y(x_i)$,

семейство функций плотности вероятности $y(x)$ зависят непрерывно от значений x . Необходимо по данным (y_i, x_i) оценить плотность вероятности $y(x)$ и построить функциональную регрессию.

Для построения оценки $y(x)$ в некоторой точке x_0 зададимся параметром $h > 0$ и построим на отрезке $[x_0 - h, x_0 + h]$ по данным $D_h = \{(y_i, x_i) | x_i \in [x_0 - h, x_0 + h]\}$ регрессию $r(x)$. Далее построим выборку $Z_h = \{z_i = y_i - r(x_i) | x_i \in [x_0 - h, x_0 + h]\}$. По Z_h используя ядерные оценки построим приближение $y^h(\cdot, x_0) \approx y(\cdot, x_0)$. Заметим, что в данном случае мы строим оценку $y^h(\xi, x_0)$:

$$y^h(\xi, x_0) = \frac{1}{2h} \int_{x_0-h}^{x_0+h} y(\xi, x) dx.$$

Несложно видеть, что

$$y(\xi, x_0) = y^h(\xi, x_0) + Ch^2 + O(h^4),$$

где C — константа, независимая от h . В этом случае для повышения точности можно использовать экстраполяцию Ричардсона [13]. Для этого построим оценки для h и $2h$: $y^h(\xi, x_0)$ и $y^{2h}(\xi, x_0)$. Далее

$$y(\xi, x_0) = \frac{4}{3} y^h(\xi, x_0) - \frac{1}{3} y^{2h}(\xi, x_0) + O(h^4).$$

В этом случае будет справедлива оценка

$$y(\xi, x_0) = \frac{4}{3} y^h(\xi, x_0) - \frac{1}{3} y^{2h}(\xi, x_0) + O(h^4).$$

Рассмотрим модельную задачу. На левом рисунке 2 представлены данные (размерность выборки 105), выборка сгенерирована используя распределение Ирвина-Холла $n=4$. На правом рисунке 2 оттенками серого цвета представлена восстановленная плотность вероятности.

Рассмотрим функциональную регрессию на данных о температуре в городе Красноярске за последние 70 лет. Для каждого дня с апреля по октябрь данные агрегировались в виде эрмитовых

кубических сплайнов. В этом случае регрессионная модель была представлена в виде

$$Y = A\varphi_1(t) + B\varphi_2(t) + C\varphi_3(t),$$

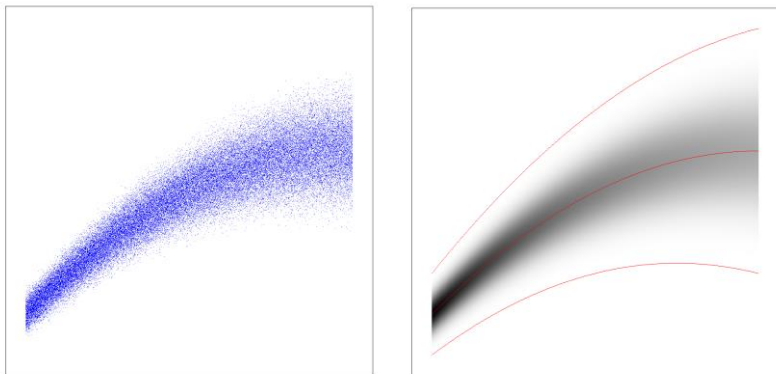


Рис. 2. Модельная задача. Левый рисунок – исходные данные, правый – функциональная регрессия

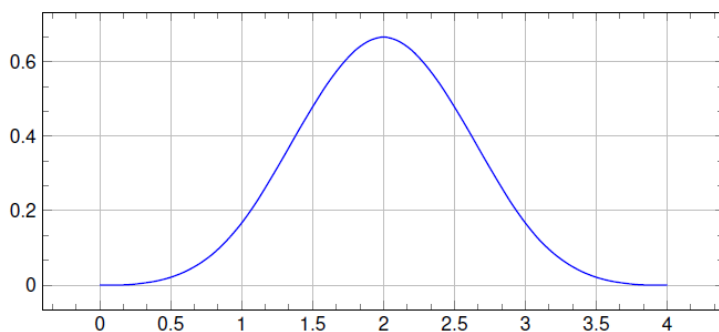


Рис.3. Сплайновая аппроксимация функции плотности вероятности сечения в некоторой точке

где A, B, C функции плотности вероятности, $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$ — квадратичные функции. На рисунке 4 показана функциональная регрессия на данных температуры в г. Красноярске за последние 70 лет.

Красные линии — верхняя и нижняя граница области распределений, красная линия внутри области — регрессионная кривая. Оттенками серого показаны значения функции плотности распределения.

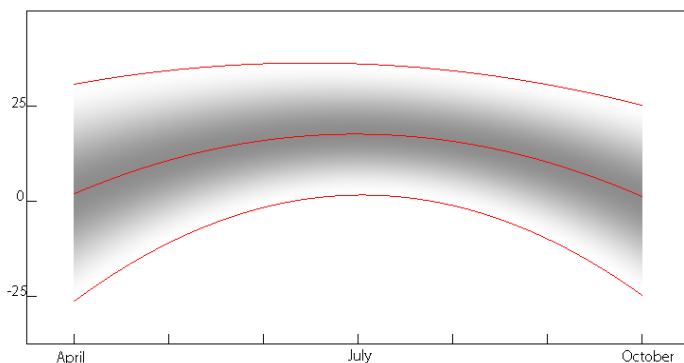


Рис.4. Функциональная регрессия температуры в г. Красноярске с апреля по октябрь за 70 лет.

4. Оценка рисков инвестиционных проектов

Мы рассматриваем оценку рисков инвестиционных проектов, в которых рассчитываются функции плотности вероятности таких факторов, как чистая текущая стоимость (*NPV*) и внутренняя норма доходности (*IRR*).

Чистая приведенная стоимость (*NPV*) — это формула, используемая для определения текущей стоимости инвестиций по дисконтированной сумме всех денежных потоков, полученных от проекта. Формула для дисконтированной суммы всех денежных потоков может быть переписана как

$$(2) \quad NPV(r) = Cz_1 s_1 \sum_{i=1}^T \frac{C_i}{(1+r)^i} - C_0,$$

где $-C_0$ — начальные инвестиции, C_i — денежные потоки, T — время, r — ставка дисконтирования.

IRR определяет максимально допустимую ставку дисконтирования, при которой вы можете инвестировать без каких-либо потерь владельцу: IRR , в котором

$$(3) \quad NPV(r) = 0.$$

В качестве примера, рассмотрим компанию, которая начинает новый проект. Компании необходимо определить инвестиции на развитие своего нового продукта. По оценкам компании, денежный поток будет иметь вид $C_i = c_i \cdot x_i$, где c_i цена и x_i объем продаж. Заметим, что будущие объемы продаж x_i - неизвестные случайные величины, цена определяется менеджерами и является функцией от объема продаж. Таким образом, для оценки выражения (2) необходимо построить совместную функцию плотности вероятности $p(x_1, x_2, \dots, x_T)$. Используя Big Date, мы можем построить приведенные объемы продаж фирм-аналогов [3,17,18]. На рисунке 5 показаны приведенные объемы продаж фирм-аналогов. Далее, используя процедуры агрегации [6,7], построена аппроксимация совместной плотности вероятности $p(x_1, x_2, \dots, x_T)$.

Далее, на основе вычислительного вероятностного анализа, строим плотности вероятности NPV и IRR . На рисунке 6 приведены оценки плотности вероятности NPV и IRR .

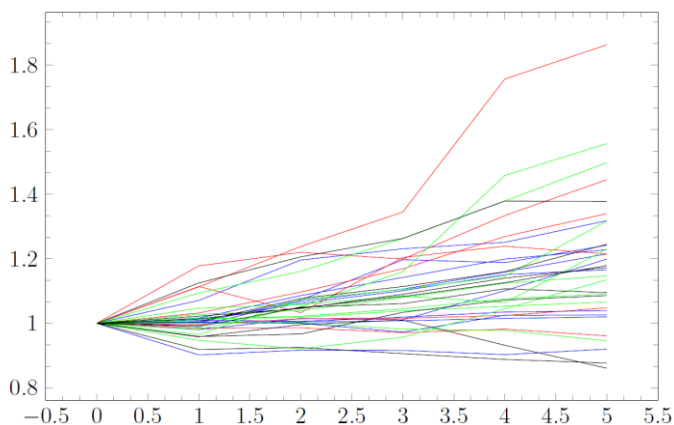


Рис. 5. Приведенные объемы продаж фирм-аналогов

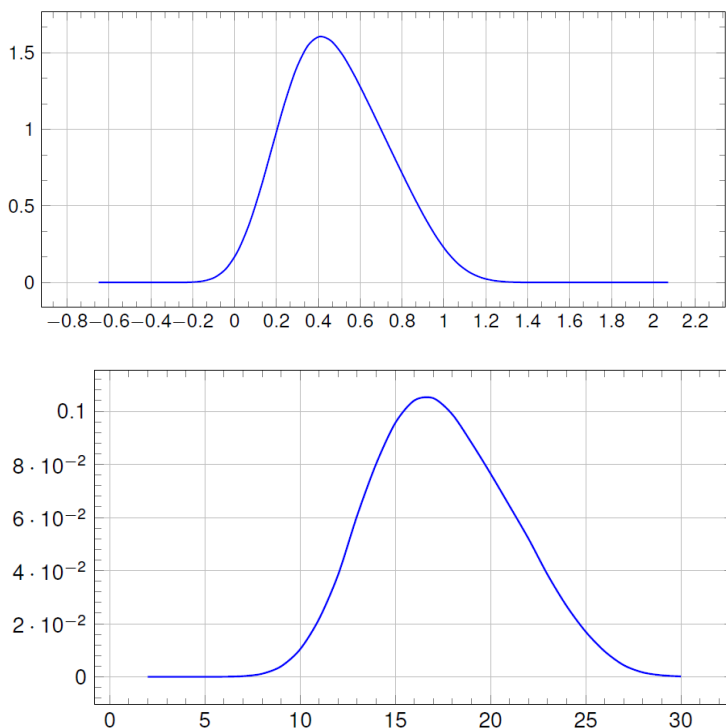


Рис. 6. Функции плотности вероятности NPV и IRR

Используя оценки плотности вероятности NPV и IRR в форме кубических сплайнов, мы можем оценить риск того, что инвестиционный проект приносит убытки. Итак, если P_{NPV} функция плотности вероятности NPV, то вероятность того, что инвестиционный проект является убыточным, можно рассчитать по формуле

$$P = \int_{-\infty}^0 P_{NPV}(\xi) d\xi.$$

5. Заключение

В статье рассмотрены новые методы к обработке и анализу данных больших объемов на основе процедур агрегирования и рекурсивно-параллельной организации вычислительного

процесса. Такой подход представляет собой технику быстрых вычислений и позволяет решать актуальную проблему надежности результатов численного моделирования, обеспеченных надежными вычислительными процедурами, адекватными типам неопределенности, которые содержатся в сырых данных.

Сравнение методов ВВА и Монте-Карло показало хорошее согласие результатов. В то же время численные эксперименты показывают, что ВВА значительно быстрее метода Монте-Карло. В результате подход, основанный на ВВА, может быть успешно применен для решения ряда экономических проблем.

Литература

1. ПОПОВА О.А. *Применение численного вероятностного анализа в задачах интерполяции* // Вычислительные технологии. Т. 22. 2017. №2. С. 99–114. 1.
2. ХАРДЛЕ В. *Прикладная непараметрическая регрессия*: Пер. с англ. М., Мир, 1993. С. 349
3. *Computational economics: a perspective from computational intelligence* / Shu-Heng chen and Lakhmi Jain, editors. London. Idea Group Inc. 2006. p. 339
4. *Digital Economy: Impacts, Influences and Challenges*. Harbhajan Kehal, editor, Varinder P. Singh, editor. Idea Group Publishing. 2005. p. 425.
5. DOBRONETS B.S., POPOVA O.A. *Improving the accuracy of the probability density function estimation* // Journal of Siberian Federal University — Mathematics and Physics. 2017 1 16–21.
6. DOBRONETS B.S., POPOVA O.A. *Improving reliability of aggregation, numerical simulation and analysis of complex system by empirical data* // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 354 (2018) 012006 doi:10.1088/1757-899X/354/1/012006
7. DOBRONETS B.S., POPOVA O.A. *Piecewise Polynomial Aggregation as Preprocessing for Data Numerical Modeling* // IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series 1015 (2018) 032028 doi :10.1088/1742-6596/1015/3/032028

8. DOBRONETS B.S., POPOVA O.A. *Numerical Probabilistic Approach for Optimization Problems* // Scientific Computing, Computer Arithmetic, and Validated Numerics. Lecture Notes in Computer Science. 2016. Vol. 9553 pp. 43–53
9. DOBRONETS B.S., POPOVA O.A. *Numerical Probabilistic Analysis Under Aleatory and Epistemic Uncertainty* // Reliable Computing. 2014. Vol. 19. № 3, pp. 274–289
10. DOBRONETS B.S., POPOVA O.A. *Computational Aspects of Probabilistic Extensions* // Вестник Томского государственного университета. Управление, вычислительная техника и информатика. 2019. № 47. С. 41–48.
11. KIM HUA TAN, GUOJUN JI, CHEE PENG LIM & MING-LANG TSENG *Using big data to make better decisions in the digital economy* // International Journal of Production Research, 2017. 55:17, 4998–5000, DOI: 10.1080/00207543.2017.1331051
12. MAYER-SCHONBERGER V., CUKIER K. *Big Data: A Revolution That Will Transform How We Live, Work, and Think*. New York, NY: Houghton Mifflin Harcourt. 2013. p. 242
13. POPOVA O.A. *Using Richardson Extrapolation to Improve the Accuracy of Processing and Analyzing Empirical Data* // Measurement Techniques, Vol. 62, No. 2, May, 2019 DOI 10.1007/s11018-019-01594-1
14. RAMSAY J.O. When the data are functions // *Psychometrika*, 47:379–96, 1982.
15. RAMSAY J.O. and DALZELL C. Some tools for functional data analysis // *J. R. Stat. Soc. Ser. B*, 53:539–72, 1991.
16. RAMSAY J.O. and SILVERMAN B.W. *Functional Data Analysis*. Springer 2nd ed., New York, 2005.
17. SHU-HENG CHEN *Computational intelligence in economics and finance: Carrying on the legacy of Herbert Simon* // Information Sciences 170, 2005, p.121–131
18. VALERIU I. *Economic Intelligence* // Journal of Knowledge Management, Economics and Information Technology. Special Issue December. 2013. p. 182–198

МОДЕЛЬ СТРЕСС-ТЕСТИРОВАНИЯ НЕФИНАНСОВОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Дранко О.И., Ириков В.А.

*(Институт проблем управления РАН,
Московский физико-технический институт, Москва)*
olegdranko@gmail.com, irikov41@mail.ru

В данной работе рассматривается подход по оценке стресс-тестов для предприятий, обладающих технологической инерционностью. Основной критерий – продолжение функционирования при ограничении денежных средств.

При оценке параметров стресс-теста существенную часть оказывает сценарий изменения экономических и технологических факторов.

Задача менеджмента – обеспечить управление предприятием в рамках допустимого изменения параметров, которые рассчитываются с помощью аналитического решения обратной задачи финансового прогнозирования.

Ключевые слова: стресс-тест, риск, финансовое прогнозирование, моделирование, обратная задача, движение денежных средств, операционная эффективность.

1. Введение

Условия глобальной неопределенности, быстрого изменения условий хозяйствования, особенно с приходом технологий цифровой экономики, ставят задачу определения предельных значений параметров развития и функционирования предприятий, в рамках которых нет угрозы существованию организации.

В кризисные 90е годы основной приоритетной задачей управления предприятиями было – «выжить». «Обильные»

2000-е годы обеспечили значительный реальный рост экономики России и создали фундамент для текущего функционирования. Однако кризис 2008-2009 гг., осложнение внешнеэкономической деятельности в середине 2010-х годов ставят задачу обеспечения устойчивого роста. Одним из направлений является понимание возможной вариативности параметров управления для сохранения управляемости.

В работе рассматривается инструмент стресс-теста предприятия для оценки предельных значений ухудшения состояния финансово-экономической системы предприятия, еще обеспечивающего ее функционирование. Общая схема стресс-тестирования в управлении предприятием показана на Рис. 1.

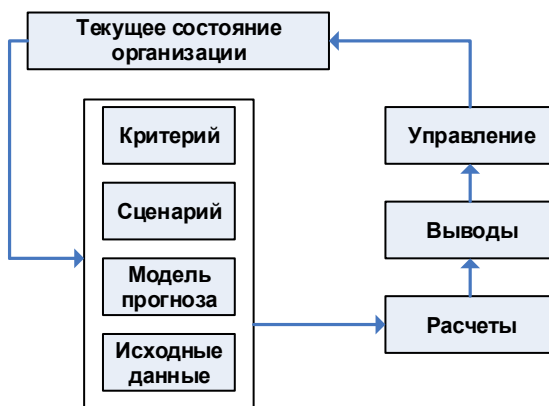


Рис. 1. Схема стресс-теста предприятия

Для проведения стресс-теста предприятия необходимы:

- а) сценарии поведения экономических показателей предприятий в ситуации стресса;
- б) модель прогнозирования.

Википедия дает определение «Стресс-тестирование – метод анализа рисков финансовых организаций, отдельных секторов, рынков или финансовой системы в целом и оценки их устойчивости к реализации исключительных, но вероятных шоков»

применительно к финансовой системе. Возможность применения стресс-тестов для нефинансового сектора даже не упоминается.

В работе [1] приводится обзор различных подходов по формированию стресс-тестов в финансовой сфере. В основном для исследования стресс-тестов рассматриваются модели регрессионного типа, имитационные модели не используются.

В работе [9] приведен краткий обзор публикаций по стресс-тестированию предприятий. В частности, выделяется три способа оценивания: эконометрический, дискриминантный, смешанный, и пять подходов по набору переменных: рыночный, микроэкономический (балансовый), макроэкономический, гибридный рейтинговый.

В работах [8, 11] рассматриваются модели оценки вероятности банкротства по набору взвешенной суммы финансовых показателей.

2. Критерии стресс-теста предприятия

Формирование формализованных критериев стресс-теста оказалось не такой простой задачей, какая автору представлялась до выполнения работы. Интуитивно мы достаточно легко можем сделать вывод о сложностях текущего состояния предприятия. В финансовом анализе разработан целый спектр показателей, характеризующих его финансовое состояние с различных сторон. Но следует ли вводить многокритериальную систему показателей, использовать единый показатель, рассчитанный как взвешенное других показателей, или более сложные модели типа матричных сверток?

Использовались следующие сценарии стресс-теста:

k_1 : предельное изменение выручки для бездефицитности.

k_2 : предельное изменение выручки для безубыточности.

В дальнейших исследованиях перечень и глубина исследования должна/может быть расширена.

3. Сценарии изменения параметров

Для прогнозирования поведения предприятия необходимо задать сценарии изменения параметров, связанных с основным сценарием. Будем рассматривать следующий сценарий изменения факторов:

- основной параметр – уменьшение выручки: падение спроса, уменьшение объема заказа, - по различным возможным причинам;
- удельные переменные затраты постоянны;
- условно-постоянные расходы (административные и коммерческие расходы) не изменяются;
- изменения учетной политики не происходит;
- производственный процесс продолжается, неотгруженная готовая продукция увеличивает запасы;
- закупки осуществляются под производство в прежнем объеме, происходит рост запасов сырья;
- дебиторская и кредиторская задолженности изменяются пропорционально выручке;
- краткосрочные кредиты необходимо вернуть в полном объеме;
- долгосрочные кредиты не погашаются в текущем периоде;
- инвестиционная программа продолжается с прежним темпом.

4. Модельное изменение параметров управления: решение обратной задачи

Для расчета предельной величины изменения параметров используется аналитическое решение обратной задачи модели прогнозирования финансового состояния. Сама модель описана в работах [4, 5] и используется для выявления факторов повышения эффективности предприятий.

Предельное уменьшение объема продаж для безубыточности рассчитаем с использованием формулы безубыточности:

$$\Delta S^y = FC / (1-v) - S,$$

где S – выручка, v – доля переменных расходов, FC – условно-постоянные расходы без процентов, «у» – индекс безубыточности.

Предельное уменьшение объема продаж для бездефицитности шокового сценария описывается формулой

$$\Delta S^0 = - \frac{Cash_{t-1} + \Delta D - FA k_{FA} + (S(1-v) - FC - k_D D) (1-\tau)(1-u)}{(1-v) (1-\tau)(1-u) - k_{wc}},$$

где $Cash$ – остаток денежных средств, D – долг, k_D – ставка процентов по кредитам, FA – внеоборотные активы, τ – ставка налога на прибыль, u – доля чистой прибыли на потребление (дивиденды), I – инвестиции, Am – амортизация, ΔD – изменение долга, k_{FA} – капиталоемкость основного капитала (фондоотдача), t – индекс времени, «д» – индекс бездефицитности.

Комплекс параметров $Cash_{t-1} + \Delta D - FA k_{FA}$ учитывает переходящий остаток денежных средств, погашение долга и чистые инвестиции во внеоборотные активы.

Обозначим выражение в знаменателе $k_{m-wc} = (1-v)(1-\tau)(1-u) - k_{wc}$, которое учитывает чистую удельную маржинальную прибыль с учетом налога на прибыль и дивидендов за вычетом инвестиций в чистый оборотный капитал. Для шоковых сценариев следует принять, что налог на прибыль $\tau = 0$ и дивиденды не выплачиваются $u = 0$. Расчеты автора (дальнее см. [3]) по данным Росстата [10] для обрабатывающей промышленности России в 2017 г. дают значения по себестоимости продаж $v = 0,92$, по чистому оборотному капиталу $k_{wc} = 0,53$. Тогда $k_{m-wc} = -0,45$. Важно, что это значение отрицательно, и рост выручки и маржинальной прибыли сопровождается опережающим ростом оборотных активов.

5. Пример расчета для предприятия наукоемкого производства

Для расчетов используем имитационную модель, формульная модель несколько упрощена для сокращения количества

параметров. В качестве иллюстрирующего примера выполнены «кабинетные» расчеты для ведущего наукоемкого предприятия России с помощью имитационной модели прогнозирования финансовой отчетности. Официальная бухгалтерская отчетность получена из открытых источников информации [6].

Сценарий А. Для прогнозирования прибыли в качестве переменной части расходов будем рассматривать себестоимость продаж. Управленческие и коммерческие расходы, а также сальдо прочих доходов и расходов будем считать условно-постоянными расходами. Для рассматриваемого предприятия выжимка по отчету о финансовых результатах приведена в столбце «Факт» в Табл. 1.

Таблица 1 – Прогноз финансовой отчетности при падении выручки, млн.руб.

Статьи доходов/ расходов	Факт	Изменение, %	Прогноз прибыли	Увеличение прибыли
Выручка	20 767	-13,9%	17 872	-781
Себестоимость проданных товаров (Ф.2)	-15 166		-13 052	0
Чистая прибыль	2 094		1 903	-191
Статьи активов/ пассивов	Факт	Изменение, %	Прогноз баланса	Увеличен. денежных средств
Внеоборотные активы	5 964	7,6%	6 420	-456
Запасы	8 578	24,6%	10 692	-2 114
Дебит. задолж. покупателей	15 030	-13,9%	12 935	2 095
Ден.средства, краткоср.фин.вложения	2 699	-100,0%	0	2 699
Кредиторск. Задолженн.	17 456	-13,9%	15 022	-2 434
Кредиты долгосрочные	4 696		4 696	0
Кредиты краткосрочные	1 693	-100%	0	-1 693
Уставный капитал	125	0%	125	0
Нераспределен. прибыль	7 917		9 820	1 903
Прочие статьи собственного капитала	156		156	0
ИТОГО избыток(+)/ дефицит(-) финансирования	0		0	0

Предельное значение падения выручки для безубыточности составляет около $\Delta S_{бу} = -54,2\%$.

Сценарий Б. Предельное падение выручки для нулевого остатка денежных средств составляет $-16,7\%$. В этом сценарии достаточно большие переходящие остатки денежных средств обнуляются отрицательным денежным потоком 5,1 млрд.руб. Расчет денежного потока проводится аналогично сценарию А.

Укрупненный прогноз финансовой отчетности и денежного потока представлен в Табл. 1. В верхней части Табл. 1 показан прогноз доходов/расходов, в нижней – активов и пассивов. В первом столбце – наименования статей, во втором – фактическая информация согласно представленной отчетности. В третьем столбце – изменение параметров эффективности по стресс-тесту. В четвертом столбце – расчет статей при изменении эффективности. Пятый столбец – оценка вклада статьи в денежные потоки.

Напомним, что речь идет о «шоковом» сценарии, а в обычной практике управления предприятием следует рассматривать достаточно широкий спектр возможностей увеличения денежного потока.

Свод результатов расчетов по сценариям показан в Табл. 2.

Таблица 2. Свод сценариев

Наименование	Сценарий А нулевой прибыли	Сценарий Б нулевого остатка денежных средств
Изменение выручки для достижения целевого показателя	-49,0%	-13,9%
Прибыль, в % от выручки	0,0%	+9,2%
Денежный поток, в % от выручки	-51,9%	-13,0%

Отметим, что большую часть отрицательного денежного потока в данном примере составляет «замораживание» запасов (стресс-вариант не реализации продукции), уменьшение финансирования от заказчиков, возврат кредитов. Если компания «успеет оставить» инвестиции и производство «на склад», то

результаты стресс-теста на один год мало будут зависеть от изменения выручки.

Выводы по примеру рассматриваемой компании:

- достаточно большой запас финансовой прочности для получения убытков;
- денежные средства закончатся быстрее, чем компания станет убыточной.

Заключение

В работе рассмотрена задача разработки методов определения стресс-тестирования для предприятий нефинансовой сферы.

Предложена модель определения предельных параметров стресс-тестирования по нескольким критериям, для двух критериев решена задача обратного расчета с помощью финансового прогнозирования.

Рассмотрены сценарии стресс-тестирования с учетом особенностей промышленного предприятия.

Проведены расчеты на данных финансовой отчетности одного из ведущих предприятий страны. Пилотные расчеты показывают, что «запас прочности» по падению выручки составляет менее 15%, и может быть признан критичным.

При типовых экономических параметрах предприятий следует ожидать, что рост выручки и маржинальной прибыли сопровождается опережающим ростом оборотных активов, а дефицит финансирования наступает при относительно небольшом падении выручки.

Литература

1. АНДРИЕВСКАЯ И.К. *Стресс – тестирование: обзор методологий* // Управление в кредитной организации. – 2007. – № 5. – С. 88.
2. БАЛАШОВ В.Г., ИРИКОВ В.А., ИВАНОВА С.И. *Рост и прорыв в лидеры: практикум по преодолению кризиса*. – М: Дело, 2009. – 335 стр.

3. ДРАНКО О.И. *Капиталоемкость видов деятельности.* // Аудит и финансовый анализ. – 2015. – № 3. – Стр. 67-70.
4. ДРАНКО О.И. *Модель финансового прогнозирования и сценарии внутренних инвестиций* // Проблемы управления. – 2007. – № 1. – Стр. 37–40.
5. ДРАНКО О.И., ОТАРАШВИЛИ З.А., СУШКОВ Д.В. *Формирование программы инновационного развития: управление стоимостью* // Проблемы управления. – 2012. – №6. – С. 26-31.
6. *Информация о юридических лицах и индивидуальных предпринимателях.* [Электронный ресурс] / URL: <https://www.rusprofile.ru/accounting?ogrn=1025005118830>
Дата обращения 14.06.2019.
7. ИРИКОВ В.А., НОВИКОВ Д.А., ТРЕНЁВ В.Н. *Целостная система государственно-частного управления инновационным развитием как средство удвоения темпов выхода России из кризиса и посткризисного роста.* – М.: ИПУ РАН, 2009. – 220 стр.
8. КОРАБЛЕВА И. *Измерение риска дефолта частных российских фирм с помощью модели Moody's Analytics RiscCalc.* // Риск-менеджмент. – №3 (189). – март 2011. – Стр. 54-55.
9. САЛЬНИКОВ В.А., МОГИЛАТ А.Н., МАСЛОВ И.Ю. *Стресс-тестирование компаний реального сектора для России: первый подход (методологические аспекты)* / Журнал Новой экономической ассоциации. – 2012. – № 4(16). – Стр. 46–70. URL: <http://www.econorus.org/repec/journal/2012-16-46-70r.pdf>. Дата обращения 14.06.2019.
10. *Центральная база статистических данных Федеральной службы государственной статистики.* [Электронный ресурс] / URL: <http://cbds.gks.ru/>. Дата обращения 14.06.2019.
11. OOGHE Hubert, BALCAEN Sofie, CAMERLYNCK Jan. *The Ooghe-Joos-De Vos Failure Prediction Models: A Cross-Industry Validation* // Brussels economic review – Cahiers Economiques de Bruxelles – Vol.46 – №1 – Spring 2003. – Pp. 39-70.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ СТАНДАРТОВ

Ерешко Ф.И., Меденников В.И.

*(Вычислительный центр им. А.А. Дородницына ФИЦ ИУ
РАН, Москва)*

fereshko@yandex.ru, dommed@mail.ru

Кульба В.В.

(Институт проблем управления РАН, Москва)

kulba@ipu.ru

Аннотация: в работе рассматривается проблема формирования стандартов для нужд цифровой экономики, посвящённых информационным технологиям, тесно увязанных в последнее время терминологически с понятием цифровых платформ. В рамках математического моделирования цифровых платформ получены цифровые стандарты, общие для всех отраслей экономики.

Ключевые слова: стандарты цифровой экономики, интеграция информационных систем, математическая модель.

1. Введение

Одной из главных движущих сил происходящей сегодня цифровой трансформации управления экономикой страны, методов ведения бизнеса являются информационные технологии. Они стали незаменимым инструментом взаимодействия всех субъектов рынка, основой ведения бизнеса. В результате этого происходит и рыночная переоценка компаний. Так, в [12] показано, что вложения в информационные технологии (ИТ) сильно влияют на стоимость фирм. Каждый доллар, вложенный в ИТ, связан с увеличением рыночной стоимости их примерно на 12 долларов в отличие от других материальных активов, которые увеличивают стоимость чуть более чем на 1 доллар. Многообразие

применяемых информационных технологий и систем (ИС), как правило, носящих гетерогенный характер, разнообразие форматов данных, циркулирующих в информационных потоках, зачастую несовместимых по горизонтали и вертикали, сделали чрезвычайно актуальной задачу интеграции указанных выше ИТ и ИС в единую информационно-управленческую среду.

Эволюция процессов интеграции информационных технологий привела к тому, что эти технологии становятся частью системы управления предприятием, т.е. средством координации действий людей. Именно это срастание информационных технологий и технологий управления людьми, заставило пересмотреть идеологию, технологию и организацию управления предприятиями и облечь их в виде стандартов. За счет этого все большее количество функций управления поддаются автоматизации. Однако в нашей стране проблеме интеграции ИТ и ИС, соответственно, формирования стандартов уделяется недостаточное внимание. Данные процессы идут, в основном, на уровне предприятий и корпораций. Хотя по мнению главы Росстандарта Абрамова [9], технические стандарты будут иметь первостепенное значение в достижении интеграции различных устройств и систем, посредством использования широкого спектра датчиков, искусственного интеллекта, контроля и алгоритмов, больших объемов данных, облачных и граничных вычислений и других технологий. Понимая важность интеграции и стандартизации ИТ и ИС, в Агентстве Стратегических Инициатив 18.02.2018г. по инициативе администрации Президента была проведена даже специальная стратсессия по онтологическому инжинирингу различных отраслей в целях успешной интеграции их информационных систем в формируемое единое информационное пространство с последующей разработкой единых стандартов цифровой экономики [8].

Недостаточный уровень интеграции ИС, неупорядоченное, хаотичное освоение новых возможностей Интернет-технологий приводит не только к экспоненциальному росту объема контента, но и других ресурсов, как технических, так и энергетических. Например, ученые Ланкастерского университета бьют тревогу, что на просторах глобального информационного пространства

стало слишком много информации. Столь колоссальные объемы передаваемой информации требуют, кроме развития соответствующей инфраструктуры, еще и огромных энергетических затрат. "Интернет потребляет 5% всей мировой электрической энергии. В целом же интернет-индустрия потребляет около 8% мировой электроэнергии. С увеличением скорости интернета и прокладкой новых кабелей растёт и расход электричества, и это несмотря на существенные достижения в сфере энергосберегающих технологий [5].

Из всех перечисленных главой Росстандарта цифровых стандартов в данной работе будем рассматривать лишь стандарты в сфере интеграции информационных ресурсов, тесно увязанных в последнее время терминологически с понятием цифровых платформ (ЦП). В рамках математического моделирования ЦП получим цифровые стандарты, общие для всех отраслей экономики.

2. Виды интеграции ИС

Игнорирование концептуальных основ идей выдающихся ученых А.И. Китова и В.М. Глушкова об ОГАС [2] привело к тому, что на многих предприятиях страны появилось огромное количество изолированных и функционально несовместимых локальных ИС, так называемых гетерогенных систем, уровень гетерогенности которых постоянно увеличивается. Сначала они исчислялись десятками, а затем сотнями и тысячами, растущими сейчас по экспоненте. Принципы же проектирования остаются позадачными. Существующие ИС и онтологические модели неадекватны потребностям ЦЭ. Власть это осознает, так, 02.02.2017г. на совещании по формированию основных направлений и ключевых мероприятий программы «Цифровая экономика» заместитель руководителя Аналитического центра при Правительстве РФ Пушкин В.М., заявил: «мы не знаем, что делать с 5000 ИС на федеральном уровне, с 50 000 ИС на региональном уровне, которые не связаны между собой, не интегрированы». Ему вторит член Коллегии ЕЭК, отвечающий за информатизацию, Минасян К.А.: «Мы до сих пор делали ИС

фрагментарно, если и дальше так делать, то опять потом придется все ломать и строить вновь, как часто бывает. Будем считать, что мы за эти годы насыщали страны техникой, обучали будущих пользователей, теперь пора браться всерьез”.

В последнее время наряду с понятием интеграции систем появился термин интероперабельности ИС, под которым понимается способность ИС и их компонентов к взаимодействию. При этом авторы интероперабельности подчеркивают разницу между интегрированными и интероперабельными системами в том, что интегрированная система предполагает, что входящие в неё подсистемы работают по согласованному алгоритму, или, другими словами, имеют единую точку управления. В интероперабельной системе входящие в неё подсистемы работают по независимым алгоритмам, не имеют единой точки административного управления, всё управление определяется единым набором стандартов [3].

На наш взгляд это противоречит целям создания ИС, у которых всегда определен круг решаемых задач, особенно в сфере управления предприятиями. Интеграция систем предполагает не только интеграцию информационных ресурсов на основе онтологического моделирования, но и онтологический инжиниринг процессов управления, когда ИС начинают решать управленческие задачи различных пользователей.

1. Многие экономисты это чувствуют. Например, в [1] говорится: «Уровень цифровизации банковской деятельности, связи, СМИ будет наверняка выше, но все-таки именно состояние промышленности является индикатором цифровой зрелости всей экономики. В любом случае внедрение новых производственных технологий потребует глубоких изменений системы управления на микро-, мезо- и макроуровнях. Продуктивнее, чтобы эти процессы шли синхронно, а лучше — с опережающим принятием управленческих решений, создающих экосистемы цифровых и нецифровых преобразований. Но без единого понятийного поля, без согласованного управленческого языка общения и как следствие — единого семантического пространства для создания новых стандартов и, собственно, систем

управления, вся эта комплексная работа превратится в довольно опасный «лоскутный» процесс. Цифровизация – это прежде всего жесткая схватка за превосходство в разработке передовых систем управления силами и средствами по всем категориям потенциалов развития».

По нашей классификации ИУС по степени влияния на объект управления условно делятся на 4 класса.

1. Системы, которые на каждом уровне и в каждом звене управления автоматизируют существующие функции управления.

2. Системы, которые оптимизируют систему управления в части затрат на информационную технику и передачу информации, дублирование функций и данных.

3. Системы, которые изменяют структуру системы управления объектом.

4. Системы, которые способствуют изменению самого объекта, например, структуры производства.

Пока в РФ ИС создаются преимущественно первого класса.

В разделе 2 рассмотрим эволюцию стандартов в процессах управления предприятиями, а в данном разделе проанализируем различные ситуации, требующие интеграции ИС. Соответственно в основе обеспечения их интеграции лежит использование стандартов ИКТ, которые можно разделить на «горизонтальные» - между системами или компонентами одного ранга и «вертикальными» - между системами разных рангов. Соответственно и стандарты можно поделить на «горизонтальные» и «вертикальные».

1. Пользователи и ИР находятся территориально в одном месте и осуществляется новое проектирование ИС в виде автоматизированных рабочих мест (АРМ). В этом случае осуществляются традиционные этапы: анализ потоков данных; концептуальное (онтологическое) проектирование; нормализация структур данных; логическое проектирование; физическое проектирование; разработка интерфейсов ввода-вывода; сопровождение БД.

2. Пользователи и ИР территориально распределены и осуществляется новое проектирование ИС. Этапы проектирования:

анализ потоков данных, каналов передачи данных, ограничений (время, пропускная способность и т.п.); распределение вычислительной техники по местам размещения; распределение информации по узлам управления и техническим средствам; формирование логических структур распределенных баз данных; далее аналогично п.1.

3. Пользователи и ИР территориально распределены и осуществляется допроектирование новых ИС к существующим. После анализа существующих БД и требований, предъявляемых к новым, может быть принято два варианта действий.

3.1. Принимается решение о полном перепроектировании всех существующих ИС в соответствии с п.2. Переносится информация из существующих ИС в объединенную новую БД.

3.2. В другом случае проектируется новая БД, учитывающая требования новых и старых ИС. Определяется проекция старой БД в новую и осуществляется синхронизация идентификаторов, преобразование форм передачи данных, преобразование форматов данных; решается проблема асинхронности передачи данных.

4. Наконец, рассмотрим ситуацию, когда ИР и пользователи территориально распределены, но неизвестны параметры ИС и БД (логические структуры, форматы данных и т.д.). Возникают две ситуации.

4.1. БД однородные. Например, это - библиотечные БД. В этом случае разрабатываются стандарты в области создания машиночитаемой каталогизации. Так появился международный формат MARC, который со временем разросся до 50 версий. Базовым форматом для них послужил USMARC (США). Появление такого количества форматов можно объяснить особенностями национальных правил каталогизации в разных странах. Для преодоления несовместимости MARC-форматов было принято решение о разработке формата-посредника, который получил название UNIMARC, то есть «Универсальный MARC». Для реализации процесса обмена каждой национальной службе достаточно было составить два конвертора: один для конвертирования в UNIMARC, другой – из UNIMARC [7]. К числу новых, разработанных на базе UNIMARC, можно отнести RUSMARC (Россия).

4.2. БД имеют гетерогенные структуры. В этом случае используются как накопленные в программировании методы, так и разрабатываются новые, например, семантические сети. Гетерогенность данных разделяется на физическую и семантическую [7]. Физическая гетерогенность подразумевает различия в представлении данных; может выражаться в различии типов данных, реализаций моделей данных (например, различные реляционные системы). Могут различаться также языки описания процедур, языки запросов, манипулирования и определения данных. Кроме этого, могут различаться и сами модели данных. Данные могут быть представлены не только в БД, но и в электронных таблицах или почтовых файлах и т.д. Проблема физической гетерогенности решается посредством введения стандартов взаимодействия (ODBC, DAO, OLE DB, ADO, ADO.NET). Семантическая гетерогенность проявляется в различиях в наименованиях данных, значениях и логических структурах. В данной области проводится большое количество исследований, но до сих пор не появилось какого-либо стандарта. Хотя проблема гетерогенности данных находится в центре внимания крупнейших компаний-разработчиков программного обеспечения и ведущих научных коллективов, она еще далека от удовлетворительного решения.

При создании системы интеграции возникает ряд задач, состав которых зависит от требований к ней и используемого подхода. К ним, в частности, относятся:

- разработка архитектуры системы интеграции данных;
- создание интегрирующей модели данных, являющейся основой единого пользовательского интерфейса в системе интеграции;
- разработка методов отображения моделей данных и построение отображений в интегрирующую модель для конкретных моделей, поддерживаемых отдельными источниками данных;
- интеграция метаданных, используемых в системе источников данных;
- преодоление неоднородности источников данных;

- разработка механизмов семантической интеграции источников данных.

Рассмотрим задачу разработки архитектуры системы интеграции данных, связанную непосредственно с темой работы.

Архитектура системы интеграции данных возможна в двух вариантах.

4.2.1. Консолидация.

В случае консолидации данные извлекаются из источников, и помещаются в Хранилище данных. Процесс заполнения Хранилища состоит из трех фаз — извлечение, преобразование, загрузка (Extract, Transformation, Loading — ETL). Во многих случаях именно ETL понимают под термином «интеграция данных». Еще одна распространенная технология консолидации данных — управление содержанием корпорации (enterprisecontent management, сокр. ЕСМ). Большинство решений ЕСМ направлены на консолидацию и управление неструктурированными данными, такими как документы, отчеты и web-страницы.

Консолидация — однонаправленный процесс, то есть данные из нескольких источников сливаются в Хранилище, но не распространяются из него обратно в распределенную систему. Часто консолидированные данные служат основой для приложений бизнес-аналитики (Business Intelligence, BI), OLAP-приложений.

При использовании этого метода обычно существует некоторая задержка между моментом обновления информации в первичных системах и временем, когда данные изменения появляются в конечном месте хранения. Конечные места хранения данных, содержащие данные с большими временами отставания (например, более одного дня), создаются с помощью пакетных приложений интеграции данных, которые извлекают данные из первичных систем с определенными, заранее заданными интервалами. Конечные места хранения данных с небольшим отставанием обновляются с помощью оперативных приложений интеграции данных, которые постоянно отслеживают и передают изменения данных из первичных систем в конечные места хранения.

4.2.2. Федерализация.

В федеративных БД физического перемещения данных не происходит: данные остаются у владельцев, доступ к ним осуществляется при необходимости (при выполнении запроса). Изначально федеративные БД предполагали создание в каждом из n узлов $n-1$ фрагментов кода, позволяющего обращаться к любому другому узлу. При этом федеративные БД отделяли от медиаторов [7].

При использовании медиатора создается общее представление (модель) данных. Медиатор — посредник, поддерживающий единый пользовательский интерфейс на основе глобального представления данных, содержащихся в источниках, а также поддержку отображения между глобальным и локальным представлениями данных. Пользовательский запрос, сформулированный в терминах единого интерфейса, декомпозируется на множество подзапросов, адресованных к нужным локальным источникам данных. На основе результатов их обработки синтезируется полный ответ на запрос.

Отображение данных из источника в общую модель выполняется при каждом запросе специальной оболочкой (wrapper). Для этого необходима интерпретация запроса к отдельным источникам и последующее отображение полученных данных в единую модель. Сейчас этот способ также относят к федеративным БД.

Изучение и профилирование первичных данных, необходимых для федерализации, незначительно отличаются от аналогичных процедур, требуемых для консолидации.

Для демонстрации возможности интеграции гетерогенных БД можно привести опыт интеграции ИС по предоставлению электронных услуг гражданам в Эстонии [7]. В системе x-Road используется ролевая модель доступа, представляющая архитектуру систем интеграции в виде федерализация. Благодаря x-Road теперь каждый гражданин не только может ознакомиться со всеми своими данными, которые там имеются, но и узнать, кто еще интересовался этими данными, так как каждый запрос там фиксируется и оставляет свой след.

X-Road – это децентрализованная система, в которой определены единые интерфейсы и протоколы взаимодействия и обмена данными. Любой госорган может по определенным правилам подключить свою информационную систему к X-Road и настроить права доступа к нему для других ведомств. Коммерческие ИТ-системы тоже могут взаимодействовать с X-Road и могут брать оттуда данные. В результате — регистрация юрлица занимает 15 минут, более 25% эстонцев голосует через интернет на последних парламентских выборах, более 99% налоговых деклараций сдается в электронном виде и т.д. Таков X-Road — достижение эстонцев, сделавшее государство, бизнес и граждан ближайшими союзниками. По заказу государства частные компании разработали X-Road — протокол для обмена данных между разными базами данных. Это краеугольный камень всей системы госуслуг Эстонии.

X-Road соединяет разные реестры. Через него общаются, например, реестр коммерческих компаний и реестр автомобилей. Протокол оказался настолько удобным, что его стал использовать бизнес. Например, через X-Road ведут общие дела две компании телеком-оператора TeliaSonera. В последние годы система становится главным экспортным продуктом эстонского электронного государства. Финляндия уже переводит на неё все свои е-госуслуги (сам код передали «финским братьям» бесплатно, но на инсталляции зарабатывают частные эстонские компании), другие страны ЕС используют её для некоторых из своих е-сервисов. В Эстонии X-Road «гоняет» информацию между 170 базами данных.

Каждое министерство и ведомство имеет свою базу данных, которые чаще не совместимы и работают на различных платформах. X-Road-центр, расположенный в Министерстве экономики и коммуникаций, отвечает за то, чтобы формат, даты и предоставляемая информация совпадали.

В системе X-Road каждое учреждение остается хозяином своей информации и само определяет кому предоставить доступ к какой категории данных. Учреждение само обновляет свои данные. Таким образом, после внедрения X-Road, отпадает

надобность дублировать базы данных и, вместе с тем, все пользователи имеют доступ к самой свежей информации.

3. Стандарты в процессах управления предприятиями

Практика внедрения ИКТ в экономику требует формализации общих принципов и методов организации производственного процесса, управления этими процессами, которые определенно обуславливали бы эффективное использование трудовых, вещественных, энергетических и информационных ресурсов.

Западные эксперты — будь они из McKinsey или Всемирного банка — едины в том, что цифровые технологии не работают без настройки отношений между субъектами экономики и управления в целом. В настоящее время на Западе эволюция информационных технологий привела к тому, что эти технологии становятся частью системы управления предприятием, т.е. средством координации действий людей. Именно это срастание информационных технологий и технологий управления людьми, заставило пересмотреть идеологию, технологию и организацию управления предприятиями и облечь их в виде стандартов. За счет этого все большее количество функций управления поддаются автоматизации за счет, с одной стороны, разработки стандартов на них, обучения менеджеров некоторым стандартным функциям управления, с другой - за счет увеличения технических возможностей ИКТ.

Фактически за последние 40 лет эти стандарты породили целую международную управленческую цивилизацию. Исходным стандартом, появившимся в 70-х годах, является стандарт MRP (Material Requirements Planning), представляющий собой методологию планирования потребности в материалах. Основная задача, решаемая в рамках методологии MRP, состоит в минимизации издержек посредством эффективного управления материальными запасами.

Стандарт MRP предполагает, что основными элементами ИС являются:

1. Описание состояния материалов. В нем отражается максимально полная информация обо всех материалах и комплектующих, необходимых для производства конечного продукта.

2. Программа производства. Представляет собой оптимизированный график распределения времени для производства необходимой партии готовой продукции за планируемый период.

3. Перечень составляющих конечного продукта. Список материалов и их количество, требуемое для производства конечного продукта.

Основными результатами использования системы стандарта MRP являются:

1. План Заказов. Определяет, какое количество каждого материала должно быть заказано в каждый рассматриваемый период времени в течение срока планирования. План заказов является руководством для дальнейшей работы с поставщиками и, в частности, определяет производственную программу для внутреннего производства комплектующих, при наличии такового.

2. Изменения к плану заказов являются модификациями к ранее спланированным заказам. Ряд заказов могут быть отменены, изменены или задержаны, а также перенесены на другой период.

Таким образом, использование системы стандарта MRP для планирования производственных потребностей позволяет обеспечить производство компонентами, требуемыми в соответствии с планом выпуска конечной продукции точно в том количестве и в те сроки, которые обозначены для ее изготовления, тем самым значительно снизить складские издержки и облегчить ведение производственного учета.

Совершенствования систем стандарта MRP привело к созданию ее расширенной модификации MRP-II (Manufactory Resource Planning — планирование производственных ресурсов). Концепция MRP-II является дальнейшим развитием MRP и ориентирована на эффективное управление всеми ресурсами производственного предприятия. MRP-II состоит из множества функций, связанных друг с другом: бизнес-планирование, планирование продаж и операций, планирование производства, формирование главного календарного плана производства, планирование

потребности в материалах, планирование потребности в мощностях, система поддержки исполнения планов для производственных мощностей и материалов. Выходные данные от этих систем интегрируются с финансовыми отчетами и документами, такими как бизнес-план, отчет о выполнении закупок, план (бюджет) отгрузки, прогноз запасов в стоимостном выражении и т. д. Планирование ресурсов производства представляет собой прямое продолжение и расширение MRP, работающего по замкнутому циклу».

Дальнейшее развитие концепции MRP-II шло по пути максимального расширения функций и возможностей информационных систем. В результате появилась концепция ERP (Enterprise Resource Planning) — планирование ресурсов предприятия.

Системы ERP представляют собой «верхний уровень» в иерархии систем управления предприятием, затрагивающий ключевые аспекты его производственной и коммерческой деятельности, такие как производство, планирование, финансы и бухгалтерия, материально-техническое снабжение и управление кадрами, сбыт, управление запасами, ведение заказов на изготовление (поставку) продукции и предоставление услуг.

Поскольку логистика была одной из первых отраслей, осознавших и почувствовавших необходимость интеграции разрозненных логистических процессов в единую систему, в ней были установлены некие стандарты на термины и понятия, принятые в мире в этой деятельности. В частности, в виде SCOR-модели, которую разработала международная организация – Совет по цепям поставок (The Supply-ChainCouncil-SCC), синтезировав в себе передовые достижения в этой деятельности [4].

В результате SCOR-модель предполагает собственный язык (терминологию) для описания взаимоотношений между участниками цепи поставок. Модель основана на так называемой «пирамиде из четырех уровней», в основе которой лежит принцип иерархичности: метрики верхнего уровня агрегируют измерения нижних уровней.

4. Моделирование стандартов в рамках цифровых платформ управления экономикой

Анализ результатов внедрения MRP, MRP-II, ERP и SCOR-модели показал, что в результате слабой интеграции ИС, отсутствия стандартов в виде обобщенных онтологических моделей деятельности во многих отраслях страны внедрение их крайне затруднено. В большинстве случаев только декларируется внедрение ERP-систем. Необходимо совершенствовать управление бизнес-процессами на основе общих алгоритмов, онтологических моделей, выработке соответствующих стандартов для значительной группы предприятий, взяв за основу успешный опыт других предприятий в виде референтных моделей [4]. Обобщить, объединить и структурировать такой огромный пласт знаний возможно только на основе системного, научного подхода. Именно в интеграции и систематизации сведений и заключается подход к разработке математической модели цифровых стандартов в рамках цифровых платформ управления экономикой.

Под цифровой платформой управления экономикой будем понимать совокупность упорядоченных цифровых данных на основе онтологического моделирования; математических алгоритмов, методов и моделей их обработки и программно-технических средств сбора, хранения, обработки и передачи данных и знаний, оптимально интегрированных в единую информационно-управляющую систему, предназначенную для управления целевой предметной областью с организацией рационального цифрового взаимодействия заинтересованных субъектов.

Под проектированием структуры цифровых платформ понимается процесс построения взаимосвязей элементов структуры управления и самих элементов в соответствии с заданными критериями эффективности в целом.

Рассматривается система, состоящая из множества узлов управления j (например, федеральных и региональных министерств, ведомств, предприятий, их подразделений), множества задач K , связанных с обработкой данных, размещаемых в дата-центрах, ситуационных центрах (СЦ), кластеров данных L , типов

связи R . Процесс управления предполагается периодически с периодом T , и все операции расчетов, передачи данных и т.д. усреднены по времени. Будем считать, что любая задача может решаться в любом узле, в том числе разбиваться по этим узлам. Для решения задач используются некоторые обобщенные технические средства.

Математическая модель

k - номер задачи, $k \in K$;

l - номер информационного элемента, $l \in L$;

j - номер узла управления, $j \in J$;

f_{klj}^e - средние характеристики (объем информации; временные, частотные требования и т.д.) на информацию l -ого элемента, необходимого для задачи k , возникающий в узле j , $e \in E$;

$x_{jk} = 1$, если k -я задача решается в узле j , 0 - иначе;

$\alpha_{klj} = 1$, если l -й элемент возникает в узле j для k -й задачи, 0 - иначе;

$y_{l_1 j_2 r} = 1$, если l -й элемент передается из j_1 -го узла в j_2 -й посредством r -го средства связи;

d_{mjk} - необходимые ресурсы m -го типа для решения k -й задачи в j -м узле;

M_m - m -е ресурсы оборудования;

$s_{l_1 j_2 r} = 1$, если r -й тип связи используется для передачи l -го элемента из j_1 -го узла в j_2 -й;

G_r^e - характеристики средств связи; c_j^1 - стоимость единицы оборудования в j -м узле; $c_{j_1 j_2 r}^2$ - стоимость r -го средства связи при передаче информации из j_1 в j_2 ; $c_{j_1 j_2 r}^3$ - затраты на передачу единицы информации из j_1 в j_2 ; c_{mjk}^4 - стоимость m -го ресурса для решения k -й задачи в j -м узле; c_k^5 - обобщенная стоимость k -й задачи; c^0 - средства, выделенные на разработку ЦП;

Ограничения на размещение задач по узлам и техническим средствам:

$$(1) \sum_j x_{jk} \geq 1, \quad k \in K^3 \in K, \text{ то есть } k\text{-я задача должна быть решена}$$

хотя бы в одном узле;

$$(2) x_{jk} \geq 1, \quad j \in J_1, \quad k \in K^4 \in K, \text{ т.е. некоторые задачи из множества } K \text{ должны быть обязательно решены в некоторых узлах } j \in J_1;$$

Условия передачи информации из узла j_1 в узел j_2 :

$$(3) \sum_r y_{lj_1j_2r} = \sum_k a_{klj_1} x_{j_2k}, \quad j_1 \neq j_2.$$

Информация передается из узла j_1 в узел j_2 , когда она возникает в узле j_1 и используется в узле j_2 для задачи k ;

$$(4) \sum_r y_{lj_1j_2r} \leq 1, \text{ информация передается одним средством связи.}$$

Ограничение на загрузку оборудования:

$$(5) \sum_{jk} d_{mjk} x_{jk} \leq M_m.$$

Ограничения на каналы связи:

$$(6) \sum_{l,k} y_{lj_1j_2r} f_{klj_2}^e \leq G_r^e s_{j_1j_2r}.$$

Финансовые ограничения на инвестиции:

$$(7) \sum_{j,k} c_j^1 x_{jk} + \sum_{j_1, j_2, r} c_{j_1j_2r}^2 s_{j_1j_2r} + \sum_{j,k} c_k^5 x_{jk} \leq c^0.$$

Критерий эффективности:

$$(8) \sum_{j,k} c_j^1 x_{jk} + \sum_{j_1, j_2, r} c_{j_1j_2r}^2 s_{j_1j_2r} + \sum_{j_1, j_2, r} c_{j_1j_2r}^3 f_{klj_2}^e y_{lj_1j_2r} + \sum_{m,j,k} c_{mjk}^4 d_{mjk} x_{jk} + \sum c_k^5 x_{jk} \rightarrow \min$$

Представленная в работе модель распределяет в пределах выделенных финансовых ресурсов информационные средства и решаемые задачи по узлам управления (дата-центрам, ЦЦ), определяет при необходимости инвестиции в телекоммуникационные средства с оптимизацией информационных потоков. В

сформированных группах информационных ресурсов возможна ситуация, когда отдельные информационные массивы, сгруппированные подобным образом, окажутся несвязанными или слабо связанными между собой, что не соответствует данному выше определению ЦП. Для дальнейшего определения ЦП воспользуемся кластерным анализом, применяемым для кластеризации предметных областей пользователей при проектировании баз данных, например [11]. При априори заданном количестве (кластеров) ЦП в [6] дан строгий математический алгоритм определения степени общности предметных областей пользователей на основе меры подобия, применяемой в теории автоматической классификации. Для классификации ЦП можно воспользоваться предлагаемой функцией подобия. В нашем же случае число кластеров неизвестно заранее. В последнее время в связи с появлением интернета огромным интересом стали пользоваться методы кластеризации текстовых документов. Один из популярных методов основан на теории графов кластеризации и построении минимального остовного дерева по алгоритму Краскала [10].

Используя один из представленных методов, кластеризацию ЦП в каждом дата-центре можно провести на основании так называемой матрицы семантической смежности на полученных значениях f_{klj}^e для конкретного дата-центра j_0 . Элемент a_{in} (коэффициент сходства) матрицы семантической смежности $\|a_{in}\|$ представляет собой величину в диапазоне от 0 до 1, равную количеству пересечений элемента i с элементом n во всех решаемых задачах (можно учесть разные характеристики групп, например, частоту, объем, важность использования информации и т.д.), отнесенных к количеству элементов (количеству пересечений и т.д.). Если две группы обладают большим сходством, то они должны принадлежать одной ЦП, если их сходство равно нулю либо меньше некоторого порогового критического значения, то они должны быть в разных ЦП.

Одним из результатов кластеризации ЦП является научное обоснование Общегосударственной автоматизированной системе сбора и обработки информации для учета, планирования

и управления народным хозяйством в СССР (ОГАС), предлагаемой А.И. Китовым и академиком В.М. Глушковым, в части представления первичной учетной информации всех отраслей в виде универсальной структуры (кортежа): вид операции, объект операции, место проведения, кто проводил, дата, интервал времени, задействованные средства производства, объем операции, вид потребленного ресурса, объем потребленного ресурса.

Вторым результатом являются концептуальные модели технологических БД целых отраслей, из которых получаются универсальные типовые логические структуры технологических БД.

Приведенные результаты являются ключевыми стандартами цифровой экономики, позволяющими указанные выше стандарты MRP, MRP-II, ERP и SCOR-модель сделать типовыми на широкий круг предприятий, а также создающими основу формирования единой цифровой платформы страны.

Литература

1. АГЕЕВ А.И. *Насколько Россия подготовлена к вызовам XXI века.* НГ-ЭНЕРГИЯ от 16.01.2019.
2. ГЛУШКОВ В.М. *Макроэкономические модели и принципы построения ОГАС.* М.: Статистика, 1975. – 160 с.
3. ГУЛЯЕВ Ю.В., ЖУРАВЛЕВ Е.Е., ОЛЕЙНИКОВ А.Я. *Методология стандартизации для обеспечения интероперабельности* / Журнал радиоэлектроники. М.: ИРЭ РАН, № 3, 2012. С. 1 – 40.
4. ЕРЕШКО, Ф. И., КУЛЬБА В.В., МЕДЕННИКОВ В.И. *Интеграция цифровой платформы АПК с цифровыми платформами смежных отраслей.* // АПК: экономика, управление. 2018. №10. С. 34-46.
5. *Инженеры: Коллапс интернета ожидается через восемь лет.* [Электронный ресурс]. – URL: <https://russian.rt.com/article/89214/> (дата обращения 17.05.2019).
6. КУЛЬБА В.В., МИКРИН Е.А., ПАВЛОВ Б.В., ПЛАТОНОВ В.Н. *Теоретические основы проектирования*

информационно-управляющих систем космических аппаратов. М.: Наука, 2006. – 584 с.

7. МЕДЕННИКОВ В.И., МУРАТОВА Л.Г., САЛЬНИКОВ С.Г. *Методы и модели интеграции аграрных научных информационных ресурсов в Интернете*. М.: Аналитик, 2018. – 101 с.
8. *Стратегическая проектная сессия*. [Электронный ресурс]. – URL: <http://onto.digital-economy.ru/> (дата обращения 17.05.2019).
9. *Эксперты: развитие цифровой экономики в РФ невозможно без расширения стандартизации*. [Электронный ресурс]. – URL: <https://tass.ru/ekonomika/5363155/> (дата обращения 17.05.2019).
10. AFIFI A. H., CLARK V. *Computer Aided Multivariate Analysis*. London: Chapman & Hall, 1996. – P. 412.
11. ДЖ. МАРТИН. *Планирование развития автоматизированных систем*. М.: Финансы и статистика, 1984. – 196 с.
12. ERIK BRYNJOLFSSON, LORIN HITT, SHINKYU YANG. *Intangible Assets: Computers and Organizational Capital* // Brookings Papers on Economic Activity, Vol.2, No.1, 2002. P. 1 – 52.

**СОЦИАЛЬНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ
ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ
СПЕЦИАЛИСТОВ УПРАВЛЕНИЯ
АВТОМАТИЗИРОВАННЫМИ СИСТЕМАМИ
ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ**

Клименко Э.Ю.

(АО «Спецхимия», Москва)

e.y.klimenko@mail.ru

Неизвестный С.И.

(Российский государственный
социальный университет, Москва)

sergey@neizvestny.com

Шешуков М.А.

(ООО «Ростелеком ЦТ», Москва)

m.sheshukov@rtk-it.ru

Переход к цифровой экономике затрагивает практически все сферы деятельности человека. Цифровизация несет в себе много положительного, но сталкивается и с противодействиями, с отрицательными последствиями, которые связаны, прежде всего, с социальными проблемами современного общества. Как показывает опыт цифровизации в других странах, основными вызовами, с которыми она сталкивается, являются не технические, технологические проблемы, а социальные и методические. Так, наряду с проблемой утилизации высвобождающихся трудовых ресурсов, пожалуй, самой значимой становится проблема подготовки специалистов цифровой формации, обладающих новыми компетенциями, которые отсутствуют в перечне нынешних ФГОСов. Вызовы, связанные с переходом на цифровую экономику, представляются в формировании инновационного блока поведенческих компетенций специалистов, связанных со становлением личности, обладающей творческим креативным потенциалом, в нахождении оптимальных решений, их

реализации и ответственности за последствия принятия решений. Проблемы цифровизации отражаются на эффективности управления цифровой экономикой в целом и на управлении ее автоматизированными системами в частности. Решение данных проблем ложится, прежде всего, на плечи системы образования – критической государственной инфраструктуры с отложенным результатом. Только в случае активной, полномасштабной качественной перестройки образовательного процесса сегодня мы сможем получить ощутимый результат через 5-7 лет. В качестве одного из результатов данной статьи приводится перечень областей знаний и компетенций, которые требует современный ИТ-бизнес от молодых специалистов цифровой экономики.

Ключевые слова: цифровая среда, автоматизированные системы, компетентности специалистов цифровизации, социальные проблемы, критическая государственная инфраструктура.

1. Введение

Переход к цифровой экономике и к цифровизации в целом – один из путей улучшения жизни человека, возможно не лучший по сравнению, например, с биоинженерными технологиями, но относительно доступный в настоящее время. Цифровизация позволяет значительно повысить производительность труда, его качество и обеспечивать высокий уровень сервисных функций. Цифровая экономика дает возможность высвободить для человека значительное время и в этом смысле предоставить ему больше свобод. Она фундаментально изменяет не только операционную/производственную, однотипно повторяющуюся деятельность, но и многие виды управленческой и творческой деятельности. Сейчас происходит значительное высвобождение трудовых ресурсов на Западе, в разных видах деятельности. Очень интенсивно идет замещение человеческого труда на цифровые инструменты и технологии в кадровом, бухгалтерском, управленческом учетах, биржевой деятельности (маклеры, брокеры, дилеры), роботы начинают

замещать дворников, секретарей, водителей, и многих других специалистов вплоть до таких сложных профессий как хирурги. Наблюдаются попытки замены преподавателей на робот-тьюторов, попытки кибернезации процесса воспитания. Активно внедряются цифровые технологии, позволяющие управлять инженерной инфраструктурой предприятий, зданий: электроэнергией, освещением, связью, теплом, газом и пр., внедряются системы «Умный дом». Кроме того, системы киберфизических устройств позволяют эффективно управлять инфраструктурой не только отдельных домов, но и жизнью целых кварталов, микрорайонов, городов и мегаполисов [24].

Однако при всех положительных сторонах цифровизация имеет и ряд отрицательных, существенной из которых является проблема утилизации высвобождающихся трудовых ресурсов. На государственном уровне при декларировании перехода к цифровой экономике появляется содержательно-юридическая казуистика: массовое высвобождение трудовых ресурсов противоречит стратегии обеспечения социальной стабильности, системному обеспечению занятости трудоспособного населения. По оценкам специалистов при экстенсивном переходе на цифровую экономику миллионы трудоспособных людей РФ будут уволены [13].

Решить эту проблему можно переводя трудовые ресурсы на выполнение творческих функций, туда, где не возможно полное замещение человека роботами и автоматизированными информационными системами (АИС). Очевидно, что необходимые компетенции специалистов разработки, внедрения и управления АИС принципиально отличаются от компетенций рядового ИТ-специалиста исполнителя. Компетенции, связанные с развитием умственных навыков, поведенческой компетентностью, которые являются более социальными, чем технические, в условиях перехода к цифровой экономике становятся более востребованными [15]. Поведенческие компетенции (soft-skills) всегда будут необходимы в управлении, в системах принятия решений даже в условиях тотальной цифровизации и автоматизации. Хотя существуют примеры представления некоторых человеческих чувств

в виде математических алгоритмов и формул (это удалось сделать в теории активных систем [2], общую ответственность за принятие решений в АИС несут разработчики и управленцы верхнего уровня [3].

Цифровизация может вернуть человеку приоритет творческой составляющей в его труде. Изначально, от рождения в любом человеке присутствуют творческие способности. Промышленные революции с одной стороны позволили повысить производительность труда, с другой – привели к резкой дифференциации на людей, занимающихся творчеством и людей, выполняющих однотипно повторяющиеся действия, приводящих к атрофии креативную составляющую в работе. Осознание этого явления позволит системно перейти к цифровизации, решая проблему безработицы, путем активизации, заложенной в человеке от природы, творческого начала и развития созидательной деятельности. Вернувшись к этим истокам, можно активизировать отношение к человеку как к личности, но не как к бездуховному исполнительному механизму. Естественно это требует от руководства перехода к цифровой экономике, прежде всего, реинжиниринга управленческой культуры, организационного потенциала и системы формирования компетенций [3,8,20]. Игнорирование данного процесса в цифровизации бизнеса может дискредитировать самую сущность цифровизации и привести к значительным социальным проблемам. Чтобы упредить данные проблемы, необходимо принципиально изменить систему формирования компетентности специалистов, вовлекаемых в процесс цифровизации, систему подготовки преподавателей. Современные тенденции к сокращению сроков обучения, к переходу на дистанционные формы, к замене педагогов на тренинг-роботов, использование вчерашних знаний, позавчерашних методологий и стандартов приводит к падению качества подготовки специалистов. А самая важная составляющая процесса образования, педагогического процесса – воспитание, формирование культуры жизнедеятельности в цифровой среде – выхолащивается. Воспитание тяжело поддается цифровизации.

2. Методика исследования, примененная в данной работе

Методика исследования социально-психологических проблем цифровизации использует междисциплинарных подход, методы анализа кросс-функционального взаимодействия. В целом в цифровой среде принципиально перестраиваются не только психологические, когнитивные функции (сосредоточение внимания, запоминание, анализ, принятие решения), но и социальные взаимоотношения.

Потоки больших данных (big data), быстрая смена форм и состава информации, её неоднородность, нерелевантность (шумы, ненужная визуальная, звуковая, тактическая), фундаментально влияют на творческие способности человека [23]. Чтобы человек смог адаптироваться к цифровой среде ему необходимо дать азы поведения, психологических приемов, знания и навыки работы с цифровой информацией, с автоматизированными информационными системами, с искусственным интеллектом. Решение данной задачи требует принципиально новых междисциплинарных подходов, формируют новые требования к специалистам в информационных технологиях (ИТ), психологии, социологии, менеджменте, новые требования к программам обучения соответствующих специальностей ВУЗов.

3. Проблемы обеспечения занятости и подготовки кадров для цифровой экономики

Как говорилось выше при переходе к цифровой экономике обостряется проблема обеспечения занятости населения. С одной стороны, цель цифровизации - замещение человека роботами, автоматами, автоматизированными системами, с другой стороны, цель государства и бизнеса - сохранение рабочих мест и создание новых. Т.е. главная проблема цифровизации - социальная, проблема утилизации трудовых ресурсов (до 2024 года - несколько миллионов трудоспособных людей) [13]. Решение ее ложится на плечи основной критической инфраструктуры государства – си-

системы образования. Но эта критическая система - система с отложенным результатом на 5-7 лет. Как перевести работу этой системы с подготовки специалистов качественно и быстро выполняющих типовые действия к формированию компетентности творчества (к активизации способностей творчества, заложенных природой) и сформировать принципиально новые профессии? Проблема утилизации трудовых ресурсов при переходе к цифровой экономике связана с проблемой улучшения качества образовательного процесса средней и высшей школы, проблемой принципиального изменения системы подготовки специалистов цифрового общества.

4. Проблема отложенности результата работы системы образования как критической государственной инфраструктуры

В связи с переходом к цифровой экономике [16] в принятой в июле 2017 года Программе «Цифровая экономика Российской Федерации» [14] приведены принципиально новые требования к кадрам, осуществляющим цифровизацию. Эти требования практически не пересекаются с перечнем компетенций, имеющихся во ФГОСах Министерства просвещения и Министерства науки и высшего образования Российской Федерации [17]. Полноформатная реализация Программы «Цифровая экономика Российской Федерации» требует принятия и внедрения по всей системе образования новых ФГОСов, отражающих потребности подготовки кадров для цифровой экономики. Однако система образования может дать результат отработки этих новых ФГОСов лишь через 5-7 лет в лучшем случае. В отличие от других критических государственных инфраструктур, дающих быстрый отклик на входные изменения, результаты системы образования, в силу их отложенности во времени, недостаточно значительно проявляются сиюминутно, но последствия некачественного и несвоевременного запуска новых образовательных процессов могут быть несопоставимо масштабнее и глобальнее всех результатов других критических инфраструктур вместе взятых.

5. Проблемы принятия решений и ответственности за них

Цифровизация может быть особенно продуктивной в становлении качественных производительных систем принятия решений. Эти системы могут быстро развиваться не только в сегменте оперативных онлайн-решений, но и в сегменте стратегического управления и управления инвестициями. Что касается последнего, то в реальном бизнесе формирование инвестиционного портфеля формально может быть сведено к решению задач экстремумов: достижения максимальной прибыльности проекта при минимуме вложений и времени возврата инвестиций. Процесс управления инвестициями может быть роботизирован и переведен на цифровые технологии. Однако де-факто при наличии АИС управления инвестициями окончательное принятие решений происходит с применением довольно дорогостоящего управленческого инструмента, например совета по инвестициям, причем они основываются на политических взглядах, личных симпатиях или антипатиях к руководству потенциального инвестиционного проекта и принимаются в кулуарах, а не на основе объективных расчетов макропараметров проекта. Таким образом, процесс цифровизации инвестиционной деятельности, скорее всего, будет поверхностным и связанным со значительными внутренними транзакционными издержками.

В сложных многопараметрических внешних и внутренних условиях выполнения комплексных проектов, программ, портфелей принятие оптимального решения связано с оперированием большим количеством данных. В отсутствии цифровизации эти данные имеют разнородный, трудно анализируемый, порой несовместимый вид. Применение современных технологий цифровизации, таких как безбумажный документооборот, АИС, системы поддержки принятия решений, автоматизированные рабочие места, «большие данные», технологии таксономии, онтологии, бифуркационный анализ, конвергентные технологии, fuzzy-логика, искусственный интеллект (ИИ) и др., позволяю

создать высокопродуктивные аналого-цифровые системы принятия решений.

Что касается цифровизации систем принятия тактических онлайн-решений, здесь управленческий человеческий ресурс может высвободиться и перейти от «ручного» (т.е. ситуационного реактивного) управления ситуацией к активному. Цифровизация позволит использовать системы киберменеджмента, которые по существу возьмут на себя не только полное управление технологическими процессами, но и в идеале управление *предприятием*.

6. Предварительные результаты анализа исследуемых проблем

6.1. ЧЕЛОВЕК В ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКЕ, ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ПЕРЕХОДА К МНОГОЗАДАЧНОСТИ ТРУДА В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВИЗАЦИИ

Как было сказано выше, переход к цифровой экономике означает передачу однотипных повторяющихся задач роботам, автоматам, а человеку все в большей степени отводятся творческие функции. В цифровизованной среде выполняющему творческие задачи человеку, окруженному компьютерами, телефонами, планшетами, в условиях быстроменяющихся больших потоков информации сложно глубоко погрузиться в решаемую проблему, сохранить однозначное направление мысли и, следовательно, принять верное решение. В последнее время многие работодатели предъявляют сотрудникам требование к способности многозадачной работы. Они желают заполучить, например, менеджера-цезаря. Это в значительной степени влияние известного мифа о том, что Юлий Цезарь мог выполнять одновременно несколько работ. Исследования когнитивистов, филологов и историков, показали, что Цезарь в каждый конкретный момент выполнял только одну работу. Однако Цезарь мог, по сравнению с другими людьми того времени сравнительно быстро переключаться от задачи к задаче. Это приводило к обманчивому впечатлению окружающих о многозадачных возможностях Цезаря [18]. Тем не менее, многие

современные руководители требуют от сотрудников и тайм-менеджеров фактически мгновенного переключения от одной задачи на другую. В естественной среде человек в среднем сосредотачивается на проблеме 3 минуты. В современных условиях экран компьютера, гаджета в среднем заставляют человека переключать внимание за 10 – 20 секунд. Способен ли человек справиться с такой когнитивной нагрузкой? Цифровая среда быстро приводит сотрудников к падению производительности творческого труда, к эмоциональному выгоранию. Информационные технологии, цифровизация жизни, снижают творческие способности, и, прежде всего, способности к эвристике (созданию приращения новых знаний).

Чтобы снизить рутинную когнитивную нагрузку, необходимо создавать программное обеспечение (ПО), меняющее структуру информации, ПО, берущее на себя значительные аналитические функции и входить в коммуникационный контакт с человеком не чаще 3 минут по решению одной задачи: ни двух или более задач, а именно одной. Чем меньше интервал между решением нескольких задач, тем менее глубже мозг человека погружается в решаемую задачу. Мозг перестраивается на поверхностное решение, но так или иначе человек в подобной ситуации подвергается цифровому стрессу. Социальная стоимость цифрового стресса (творческого выгорания) приводят к значительному росту длительности больничных листов, к снижению производительности творческого и, прежде всего, управленческого труда.

6.2.ЦИФРОВИЗАЦИЯ И ПРОБЛЕМЫ МИНИМИЗАЦИИ СОЦИОФОБИЙ В ПРОЦЕССЕ ОБРАЗОВАНИЯ

В эпоху цифровизации значительно обостряются психологические проблемы патологических зависимостей развивающихся в этой среде: компьютеромания, геймомания и пр. [4,6]. Особенно подвержены этим «цифрозависимостям» дети и подростки, попадающие под влияние «цифры» через соцсети [7,10]. Эти зависимости приводят к разного рода психическим расстройствам, ухудшению общего физического здоровья, неадекватности поведения, вплоть до форм жестокой агрессии и суицида [19,22]. В

некоторых странах зависимость от компьютера, Интернета официально внесли в список болезней, требующих профессионального лечения.

Наряду с подобными проблемами цифроманий, цифровая среда несет и проблемы «противоположного» толка – проблемы цифрофобий, которые на пути к цифровой экономике могут создавать существенно большие проблемы системного толка, чем цифромании.

Значительная часть людей имеет врожденные склонности к различного рода фобий. Относительно процессов цифровизации важно рассматривать фобии, влияющие на системный переход к цифровым технологиям, затрагивающие целые социальные слои населения. Это, прежде всего компьютерофобия, роботофобия, аутоматонофобия (боязнь человеческих муляжей, искусственного человека), гипенгиофобия (боязнь ответственности), софофобия (боязнь обучения), социофобия (страх оценки окружающими), мониторофобия (боязнь наблюдения).

При переходе к цифровой экономике обострятся проявления социофобии – страхов, несущих угрозу социальному статусу человека или самооценке личности. С повсеместным внедрением цифровых инструментов, замещением человека во многих процессах у многих людей, прежде всего у управленцев разного уровня, возникает или усиливается опасение того, что кто-то (другой человек, робот, автомат и т.п.) может заместить его функции и он будет смещен с занимаемой должности или даже уволен. Социофобия сильнейший демотиватор перехода к цифровым технологиям, который в той или иной степени присутствует в каждом трудовом ресурсе.

Социофобии в цифровой экономике порождают так называемых луддитов – движения сопротивления механизмам, автоматам и роботам. Многие люди во время промышленных революций ощущают свою ненужность, полагают, что их перестают ценить. Луддиты видят в цифровизации угрозу «отбора хлеба» у трудящихся, а в современных условиях, по их утверждениям цифровизация может привести к исчезновению пролетариата как социального класса современного общества.

Особое внимание решению проблем социофобии следует уделить в процессе подготовки специалистов для нужд цифровой экономики, поскольку социофобии напрямую влияют на формирование важнейшей компетентности образовательного процесса – самооценки обучающегося.

6.3. СОФОФОБИЯ - ОДНА ИЗ ОСНОВНЫХ СОСТАВЛЯЮЩИХ ТРАНСАКЦИОННЫХ ИЗДЕРЖЕК ПРОЦЕССА ЦИФРОВИЗАЦИИ

Софофобия – страх перед обучением, перед процессом учения (не следует путать с боязнью информации – гнозиофобией). В процессе цифровизации высвобождаются значительные трудовые ресурсы: если не решить проблему их занятости, это приведет к социальной катастрофе. Самые действенные пути решения этой проблемы: 1) постепенное замещение «старых» ресурсов, на молодых специалистов, подготовленных системой образования для цифровой экономики; 2) переобучение занятых ресурсов для работы в измененных условиях цифровизации. Первый путь может занять 20-30 лет в условиях быстрой перестройки системы образования с ориентацией на потребности цифровой экономики. Второй путь может занять существенно меньше времени, но имеет значительные транзакционные издержки, прежде всего, из-за того, что среднему и старшему поколениям свойственна софофобия, порожденная некорректной системой мотивации в процессах обучения, в основе своей построенных на принципах наказания за ошибки и неуспех освоения знаний. Но больший страх у этих людей вызывает дальнейшее нетрудоустройство. Большая часть потенциально высвобождающихся трудовых ресурсов будет реально сопротивляться процессам переобучения, освоения других профессий, предполагая свою дальнейшую невостребованность. В условиях так называемой рыночной экономики, в условиях капитализма, цифровизация обречена на фрагментарность, поскольку обязана сохранить переизбыток рынка труда. В этом смысле капитализм с его цифровой экономикой является асоциальной сущностью, приводящей к увеличению разрыва между богатыми и бедными.

Очевидно переход к цифровизации жизни, к цифровой экономике ставит новые требования к преподаванию ИТ, психологии, социологии, менеджмента.

Как показано в Распоряжении Правительства РФ №1632 [14], цифровизация нуждается в большом количестве высококвалифицированных, профессионально подготовленных выпускников ВУЗов. Особое внимание при переходе на цифровую экономику уделяется привлечению высокоодаренных детей. Система образования должна тщательно вовлекать эту специфическую социальную группу в процесс подготовки компетенций для цифровой экономики. У одаренных детей высокая мотивация достижения и мотивация компетентности, являющихся базовыми в саморазвитии [5]. Цифровизация специфически может действовать на одаренных детей. Одаренные дети имеют особенностей развития эмоциональной сферы, что проявляется в повышенной уязвимости. Источником уязвимости в этих случаях является сверхчувствительность, которая обусловлена особенностями интеллектуального развития [11].

6.4. ПРОБЛЕМЫ ТРАНСФОРМАЦИИ КУЛЬТУРЫ ОРГАНИЗАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ РАБОЧИМ ВРЕМЕНЕМ В ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКЕ

Современные информационные технологии, среда цифровизации формируют новые тренды развития профессионалов, работающих в этой среде, переориентируют нагрузки на мозг, что приводит к когнитивным функциональным изменениям. «Продвинутые айтишники» все больше используют цифровые инструменты, например, гаджеты с диктофонными и видеозаписывающими функциями, аудиоинтерфейсы («Алиса», «Hello Google» и др.), разгружая мозг. Эти профессионалы находятся под ложной, мифической предпосылкой о том, что объем памяти мозга ограничен, и что им надо высвобождать память, передавая ее функции цифровым средствам и ИТ. Хотя когнитивисты приходят к заключению о том, что ресурсы мозга в запоминании безграничны [1], но люди путают утомляемость в процессе умственных перегрузок с действием ограниченности объема памяти.

В целом работе в цифровой среде характерна быстрая утомляемость, неврозоподобные расстройства (слабость, вялость, утомляемость, раздражительность), головные боли, нарушения сна. Появляется рассеянность, дефекты внимания. Появляются аффективные нарушения в виде депрессивных переживаний. Развивается частичная атеросклеротическая деменция с преобладанием расстройств памяти. Как показали недавние исследования в США у профессиональных программистов много и интенсивно работающих в течение полных 8 рабочих часов со временем наблюдаются признаки когнитивных патологий, среди которых слабо прогрессирующая деменция [12,21]. При фронтальном переходе к цифровизации в Китае опыт обеденных сиест в областях занятости с высокими физическими нагрузками перенесли на ИТ-отрасли, наукоемкий труд и смежные области. Во многих ИТ-организациях Китая официально разращен, а в некоторых предписан 30-минутный сон в обеденное время. Как показали исследования китайских психологов – это привело к значительному повышению качества и производительности труда. Цифровая среда является одной из причин гиподинамии, застойных процессов в организме и как следствие – набора избыточного веса и сопровождающего его букета трудноизлечимых болезней. Ожирение и сопутствующие болезни по данным ВОЗ является следствием современного образа жизни: в развитых и развивающихся странах, в связи с переходом на цифровую экономику без предварительных подготовительных процессов, происходит систематическое снижение здоровья наций.

В процессе подготовки к системному переходу к цифровой экономике необходимо разработать и внедрить ряд упреждающих мер, прежде всего в области подготовки и формирования пула специалистов с требуемыми для решения данной проблемы компетенциями. Это относится не только к специалистам в области медицины, работающих со следствиями перехода на цифровую экономику, сколько к специалистам в области социальных наук, психологии, культурологии, менеджмента. Значительная нагрузка в борьбе со злом 21-го века – гиподинамией, переутомляемостью, развития неврозов и психопатологий, ложится на

корпоративную культуру, которая кардинально должна изменить режим производственных графиков работы участников цифровой экономики. В идеальном случае корпоративная культура должна организовать деятельность человека в цифровой экономике совмещающая умственную и физическую нагрузки. Необходимо фундаментально изменить культуру управления, переходя от управления через непрерывные совещания, заседания, технологии «фотографии рабочего дня», DLP¹, прерогативы режима 8-ми часового присутствия в офисе за рабочим местом. Принципиально должна измениться культура учета рабочего времени: тайм менеджмент должен быть системно изменен, начиная от традиционных форм табельного учета, от набирающего обороты унижительного тайм-шитинга, до формирования культуры доверия, культуры планирования на местах, культуры самодостаточности и саморазвития [9]. Переход к цифровой экономике должен упреждаться созданием высокоэффективной духовной, физической и бизнес культурой.

6.5. НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ, КОТОРЫХ ТРЕБУЕТ СОВРЕМЕННЫЙ ИТ-БИЗНЕС В ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКЕ

Как говорилось выше, важнейшей компетентностью образовательного процесса является способность самооценки обучающегося. В данной работе проводилось исследование компетентности начинающих руководителей проектов (программ проектов) цифровизации в основном среди выпускников факультета информационных технологий (ФИТ) РГСУ, имеющих стаж работы от двух до пяти лет. На рис.1 приведен пример уровней компетентности поведенческих компетенций в управлении проектами (УП) начинающего руководителя проектов цифровизации по результатам применения метода «Оценка-270», включающего самооценку, оценку коллег и оценку руководителя.

¹ *Data loss prevention – системы пошагового тотального контроля действий сотрудников в цифровой информационной среде предприятия.*

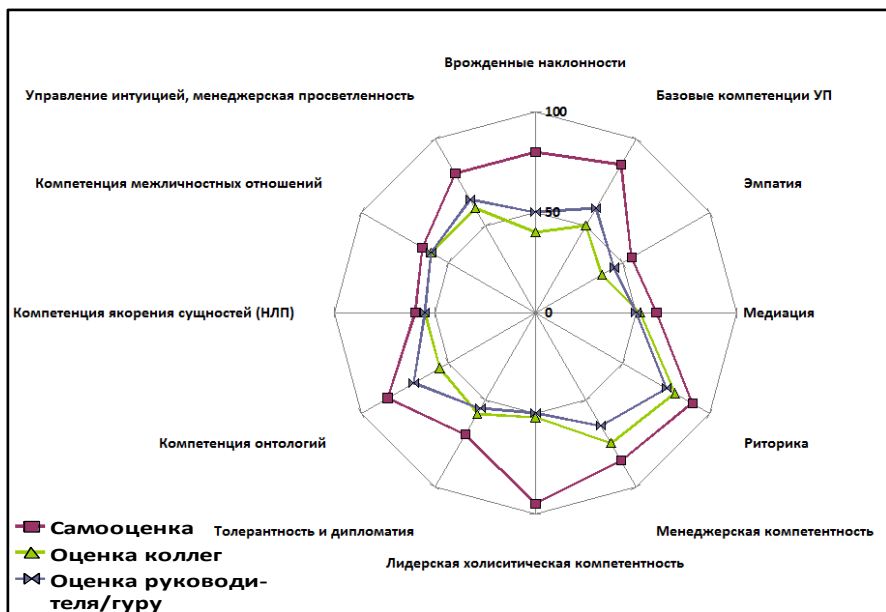


*Рис.1. Компетентность начинающего
руководителя проектов цифровизации*

Особое значение в управлении программами проектов в условиях неопределенности приобретают следующие компетенции:

- Врожденные наклонности;
- Базовые компетенции управления проектами (компетенции целеполагания и целедостижения);
- Эмпатия;
- Медиация;
- Риторика;
- Менеджерская компетентность;
- Лидерская холистическая компетентность;
- Толерантность и дипломатия, управление потоками информации;
- Компетенция онтологий;

- Компетенция якорения сущностей (НЛП);
- Компетенция межличностных отношений;
- Управление интуицией, менеджерская просветленность.

Кроме исследований выше указанных компетентностей в рамках обратной связи между системой обучения на ФИТ РГСУ и ИТ-бизнесом был проведен опрос работающих молодых специалистов и работодателей по проблеме определения областей знаний, недостающих выпускникам для полноценного включения в работу после завершения учебы в ВУЗе¹.

Приводим часть результатов этого опроса, касающуюся необходимых для практического бизнеса областей знаний и компетенций, отсутствующих или фрагментарно представленных во ФГОСах Министерства науки и высшего образования РФ. Период проведения опроса: 2018-2019гг. Перечень дается без ранжирования по значимости для ИТ-бизнеса²:

- Ресурсное планирование в ИТ-процессах
- Бюджетирование в ИТ-бизнесе цифровой экономики
- Функции ролей в ИТ-подразделении современного предприятия
- Планирование и организация работ ИТ-подразделения
- Планирование и организация работ службы информационной безопасности
- Системы формирования и оценки компетентности сотрудников ИТ-подразделения
- Основы наставничества и саморазвития в ИТ индустрии
- Организация систем корпоративного обучения цифрового общества
- Управление ИТ проектами цифровизации

¹ На практике это формулировалось в виде вопроса: Чего не хватает выпускнику, чтобы не слышать фразу работодателя при приеме на работу «Забудьте все, чему вас учили в ВУЗе»?

² Авторы не редактировали перечень на предмет частичного перекрытия или дублирования областей знаний и компетенций.

- Управление проектами разработки, внедрения и развития кибер-систем принятия решений
- Основы управления эксплуатацией и развитием информационных систем на основе ИИ
- Сертификация и лицензирование ИТ-систем и предприятия
- Развитие организационного потенциала в ИТ-бизнесе
- Основы мотивации в управлении активными системами
- Введение в технологии HP PPMC, MS Project, Primavera, PRINCE-2, BP Win, ARIS
- Основы таксономии в ИТ
- ИТ онтологии
- Основы ИТ-тестологии
- Введение в ИТ-маркетинг в цифровой экономике
- Основы психоанализа и НЛП (включая технологии «якорения», эмпатии, медиации)
- Введение в SWOT-анализ и SMART-методы в цифровизации
- Верификация ИТ-контента
- Основы формирования корпоративной культуры и профессиональной этики (дается фрагментарно и в не востребовавном бизнесом виде)
- Бирюзовые организации цифрового общества
- Основы методологического обеспечения ИТ-офиса (ИТ-бизнеса) цифровой экономики
- Основы холистического и сетевого менеджмента
- Экстремальное и параллельное программирование
- ИТ-технологии Agile, Canban, Lean, Scrum («гибкие технологии УП»)
- Формирование базы знаний, экономика знаний и системы управления знаниями ИТ-предприятия цифрового общества
- Основы системной интеграции и смарт-технологии цифровой экономики
- Облачные технологии в цифровизации
- Семиотическая и бионическая робототехника

- Введение в технологии искусственного интеллекта
- Индустриализация обучения с помощью искусственного интеллекта
- Эксафлопные технологии
- Введение в технологии цифровой экономики
- Основы принятия решений в киберменеджменте
- Введение в теорию интегрированных систем
- Обеспечение кибербезопасности цифровой экономики
- Управление целополаганием и целедостижением проектов цифровизации
- Технологии и методологии EPC, EPCM, СП, IRMS
- Введение в импортозамещение в ИТ-бизнесе цифровой экономики.

7. Обсуждение. Проблемы обретения новых компетенций в подготовке специалистов для цифровой экономики

Одной из серьезнейших социальных проблем цифровизации является безработица. Причем масштабы ее будут тем больше, чем ниже текущий требуемый уровень компетентности на тех или иных позициях процесса деятельности человека.

Цифровизация может усилить процесс текучести кадров. Уже сейчас наблюдается массовая тенденция на предприятиях корпоративных учебных центров, ВУЗах к снижению ответственности работодателя перед сотрудниками: большая их часть переводится на краткосрочные контракты, стимулируется переход на «одноразовых» работников. В этой обстановке говорить о формировании коллективных компетенций, коллективной базы знаний, культуры управления – не приходится. С другой стороны, цифровизация приведет к снижению ответственности руководства с передачей ее цифровым инструментам, ИИ.

Выстраивая высокопрозрачные процессы работы с информацией на нижних уровнях, цифровизация повышает значимость доверия на верхних уровнях ее применения. Т.о. высокая эффективность цифровизации в целом определяется не качеством и

профессионализмом цифровых технологий и инструментов, а качеством бизнес культуры, социально-психологическими условиями. Технологически переход на цифровую экономику возможен на уже существующем уровне развития ИТ, однако основными препятствиями для этого перехода являются этические, социально-психологические проблемы, решить которые возможно посредством перестройки системы подготовки специалистов и системы образования в целом. Критической государственной инфраструктурой при переходе на цифровую экономику является система образования – инфраструктура с отложенным результатом на 5-7 лет. Если сейчас начать кардинально изменять систему образования – систему подготовки педагогов, систему формирования и развития компетентности специалистов цифровизации – то через 5-10 лет возможен системный переход к цифровой экономике. Пока же, в силу системно сопровождающих цифровую экономику социально-психологических, культурологических проблемах, можно говорить о создании ее выборочных отдельных фрагментах.

8. Заключение

Цифровизация влечет за собой изменение соотношения между физическим и умственным трудом, перестройку структуры, содержания многих видов компетенций и уровней компетентности трудовых людских ресурсов, изменение в подготовке специалистов, неизбежно трансформирует социальные отношения.

Цифровизация усиливает процессы глобализации и при сохранении текущих тенденций рыночной экономики в мире будет приводить к дальнейшему увеличению расслоения общества на богатых и бедных, что может привести к значительному ухудшению социальной безопасности.

В целом внедрение цифровизации – это не техническая проблема, а методологическая и социальная.

Литература

1. АНОХИН К.В. *Возможности нашей памяти безграничны.* – 2010. – URL: <https://drugmudrosti.livejournal.com/11829.html> (дата обращения: 12.09.2018).
2. БУРКОВ В.Н., НОВИКОВ Д.А. *Введение в теорию активных систем.* – М.: ИПУ РАН, 1996. – 125с.
3. БУРКОВ В.Н., БУРКОВА И.В. *Цифровая экономика и умные механизмы управления* // Управление проектами и программами. – 2018. – № 2(54). – С.118-125.
4. ВОРОБЬЕВА И.В., КРУЖКОВА О.В. *Социально-психологические аспекты восприимчивости молодежи к воздействиям среды Интернет* // Образование и наука. – 2017. – Т.19. № 9. – С.86-100.
5. ГОРДЕЕВА Т.О. *Мотивационные предпосылки одаренности: от модели Дж.Рензулли к интегративной модели мотивации* // Психологические исследования: электрон. науч. журн. –2011. N 1(15). – URL: <http://psystudy.ru> (дата обращения: 11.09.2018).
6. ГРАЧЕВ А.А. *Теоретические и методологические основания прикладной психологии* // Психол.журнал. – 2013. – Т.34. №1. – С. 15–24.
7. ЕЖЕВСКАЯ Т.И. *Психологическое воздействие информационной среды на современного человека* // Психопедагогика в правоохранительных органах. – 2009. – №2 (37). – С.38-41.
8. КЛИМЕНКО Э.Ю., НЕИЗВЕСТНЫЙ С.И. *Трансформация управления проектами в цифровой экономике* // Управление проектами и программами. – 2018. – № 2(54). – С.110-117.
9. КУДРЯВЦЕВА М. *Как компании следят за каждым шагом сотрудников.* – 2016. –URL: https://www.dp.ru/a/2016/05/12/Как_kompanii_sledjat_za_ka (дата обращения: 12.11.2018).
10. РАССАДИНА Т.А. *Интернет-зависимость: информационно-коммуникативный аспект* // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Общественные науки. – 2015. – № 2 (34). – С. 98-111.

11. СУДНЕВА О.Ю. *Одаренные дети: особенности и сложности развития* // Современные исследования социальных проблем (электронный научный журнал), – № 11(19), – 2012. – URL: <http://sisp.nkras.ru> (дата обращения: 11.09.2018).
12. ЧИБИСОВ С.М., АГРАВАЛ Р.К., КУДРЯШОВА Г.А. и др. *Хроноструктура циркадианного ритма АД и ЧСС у «Сов» и «Жаворонков* // Здоровье и образование в XXI веке. – 2009. – №4. – Т.11. – С.196-198.
13. *Работники в возрасте от 45 до 55 лет будут уволены*. Открытое правительство. – 20.11.2017. – URL: <http://econbez.ru/news/cat/22727> (дата обращения 28.12.2018).
14. *Программа «Цифровая экономика Российской Федерации»* / Распоряжение от 28 июля 2017 года №1632-р. – URL: <http://government.ru/docs/28653/> (дата обращения: 6.09.2018).
15. *Топ-10 soft skills навыков востребованных работодателями* / HR-Portal. – 03.07.2017. – URL: <https://hr-portal.ru/article/top-10-soft-skills-navykov-vostrebovannyh-rabotodatelyami> (дата обращения 12.08.2019).
16. *Указ Президента РФ от 9 мая 2017 г. № 203 “О Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017 - 2030 годы”*. – URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/41919> (дата обращения 14.08.2019).
17. *Федеральные государственные образовательные стандарты* / Министерство просвещения; Министерство науки и высшего образования. – URL: <https://fgos.ru/> (дата обращения 15.08.2019).
18. GOLDSWORTHY A. *Caesar: Life of a Colossus* / Yale University Press. – 2006. – 583p.
19. GOWDA C.R., LUNDT L.P. *Mechanism of action of narcolepsy medications* // Continuing Medical Education Suppl. – 2014. – Vol.19, No.S1. – P.25-34.
20. KUPRIYANOVSKY V., DUNAEV O., FEDOROVA N., NAMIOT D., KUPRIYANOVSKY Yu. *On intelligent mobility in the digital economy* // International Journal of Open Information Technologies. – 2017. – Vol. 5. №. 2. – P.46-63.

21. LANGA K.M., LARSON E.B., CRIMMINS E.M. et al. *A Comparison of the Prevalence of Dementia in the United States in 2000 and 2012* // JAMA Internal Medicine. – 2017. – Vol. 177. – P. 1-51.
22. MIGNOT, EJM. *A practical guide to the therapy of narcolepsy and hypersomnia syndromes* // Neurotherapeutics. – 2012. – Vol. 9(4). – P.739–752.
23. *Russia 2025: from personnel to talent* / Sberbank-Boston Consulting Group. – October 2017. – URL: <http://marketing-course.ru/wp-content/uploads/2017/11/Sberbank-BCG-issledovanie.pdf> (дата обращения 20.11.2018).
24. *Songdo – Smart City* / International Business District. – URL: <http://www.businessinsider.com/songdo-south-korea-design-2017-11/#fifteen-miles-of-bike-lanes-go-through-the-district-connecting-to-a-larger-90-mile-network-in-songdo-city-4> (дата обращения 14.11.2018).

К ТЕОРИИ АРКТИЧЕСКОГО ДИЗАЙНА: ВОПРОСЫ МЕТОДОЛОГИИ И ПРОБЛЕМЫ СОГЛАСОВАНИЯ ИНТЕРЕСОВ

Коргин Н.А.¹,
(ИПУ РАН, НИУ ВШЭ, Москва)
nkorgin@ipu.ru

Кравчук С.Г.²
(УрГАХУ, Екатеринбург)
svetlana_usenyuk@mail.ru

Обсуждаются перспективы применения моделей и методов теории управления организационными системами для формализации корпуса эмпирических исследований, собранных в рамках исследования средств и способов передвижения в труднодоступных северных регионах России. Акцент делается на вопросах разработки методологии Арктического дизайна и применимости и возможностях синтеза формальных моделей, описывающих выявленные в ходе исследований проблемы согласования интересов.

Ключевые слова: Арктический дизайн, методология, согласование интересов.

1. Арктический дизайн

В мировом масштабе Арктика сегодня – территория концентрации общественного внимания: с одной стороны, продолжающееся погружение в антропоцен, новую геологическую эпоху, в которой доминирует человек [0], влечет за собой растущую

¹ Работа частично поддержана грантом РФФИ №19-29-07525

² Работа частично поддержана грантом РНФ №17-78-20047

нестабильность антропогенных/технических систем, и именно в Арктике – «регионе, переживающем трансформацию, обусловленную интерактивными силами изменения климата и глобализации» [0], – эти проблемы и вызовы проявляются особенно отчетливо. С другой стороны, арктические изменения, хотя и драматичные с точки зрения экологии, способствуют стремительному росту коммерческого, политического и военного интереса к региону [0, 0, 0]. Расширение транспортных возможностей, увеличивающаяся доступность природных ресурсов, появление новых туристических направлений и, как неизбежное следствие, рост потенциальных угроз безопасности и милитаризация постепенно превращают Арктику в центр глобального конкурентного противостояния и, в то же время, взаимозависимого сотрудничества.

На этом фоне возникает потребность в «арктической перезагрузке»: переходе от научного и промышленного освоения высоких широт к человекоориентированному *освоению жизни* в этих широтах. Однако масштабная задача *при*-своения Арктики на общекультурном (общечеловеческом) уровне встречает объективное препятствие – отсутствие адекватной предметно-пространственной «оболочки» для пришлого человека, уроженца территорий с более комфортными климатическими условиями. В чужеродной для него среде, где повседневное существование напрямую зависит от оснащения (одежда, жилище, транспорт), необходимо учитывать, как пришедшие в Арктику – *ex-situ* – вещи и технологии (и связанные с ними пользовательские практики) влияют на психофизиологическое состояние пользователя, а также на его взаимодействие со средой и, в отдельных случаях, с представителями локальных культур.

Для специалистов в области дизайна это означает, что арктический экстрим изначально не может считаться «частным случаем» для проектной практики; это новое самостоятельное направление. В рамках классического определения дизайн понимается как широкая область практики и как «сознательное стремление перевести конкретную ситуацию в предпочтительную» [0], сопровождаемое созданием материальных или нематериальных

объектов/вещей [0]. В контексте данного доклада актуальным становится понимание дизайна как «плана на будущее» [0], что в современной теории дизайна означает потенциал дизайна как деятельности и способа мышления.

Следовательно, нет оснований для применения уже существующих проектных принципов/методов/приемов, разработанных и протестированных в умеренных климатических условиях. Иными словами, возникает новое поле исследовательской и проектной деятельности – *Арктический дизайн*, объединяющее сферы искусства и науки с целью проектирования жизнеобеспечивающих систем для географически изолированных (удаленных), малонаселенных территорий Арктического региона [0, 0].

Необходимо отметить, что представленное в данном докладе определение Арктического дизайна, существенно отличается от одноименного сектора инженерных исследований и разработок техники и технологий для арктических работ, а именно трубопроводов, специализированных судов/ледоколов, морозостойких строительных установок и энергоэффективных зданий, в которых используются фундаментальные научные знания в области механики льда, мерзлоты, устойчивости к низким температурам и пр. [0, 0, 0]. Согласно программной публикации Университета Лапландии [0], в основе Арктического дизайна – забота о физическом и социокультурном благополучии человека как части хрупкой экосистемы циркумполярного мира. Более того, в ситуации, когда любая окружающая среда находится под угрозой превращения в экстремальную в ближайшие 20-50 лет, определение Арктики (а следовательно и Арктического дизайна) выходит за географические границы: из отдаленного и малонаселенного региона, Арктика превращается в естественную лабораторию и полигон для испытаний новых решений в области жизнеобеспечения, что позволяет радикально пересмотреть сложившийся технологически обусловленный образ жизни.

На сегодняшний день Арктический дизайн в мире существует в виде разрозненных (в основном, образовательных) инициатив и зачастую понимается как комплекс методов и подходов по «арктификации» существующих продуктов и услуг. Ввиду

юности направления накопленный проектный и методический опыт еще не осмыслен и не структурирован, практики стихийны, а перспективы развития направления, несмотря на актуальность и востребованность, неясны.

2. К теории Арктического дизайна – текущие вызовы?

На основе перечисленных выше фактов можно сформулировать три группы вопросов, актуальных для дальнейшего продвижения по пути создания теории и практики применения Арктического дизайна.

1. Вопросы внутрипрофессионального взаимодействия:

Как «упаковать» имеющиеся разрозненные методы и подходы к проектированию для экстремальной среды (Севера) в единую методологию? Как сделать проектные методы экстраполируемыми в другие экстремальные контексты?

2. Вопросы междисциплинарного взаимодействия:

Как дизайнерские способы познания (*designerly ways of knowing*) дополняют традиционные научные исследования и способствуют поиску решений глобальных проблем?

3. Вопросы практического применения в контексте масштабного освоения северных территорий, сопровождаемого наплывом не-туземного населения и *ex-situ* технологий:

Как стимулировать появление и внедрение локально востребованных технологий для улучшения жизни людей в условиях Арктики/Севера (удаленных малонаселенных территорий с суровым климатом)?

Как стимулировать самоорганизацию и кооперацию пользователей (в значении объединения в сообщества инноваторов)? Как развивать и поддерживать кооперацию внутри этих сообществ и между ними?

3. Методология Арктического дизайна

Для решения задачи «упаковки» имеющихся разрозненных методов и подходов к проектированию для экстремальной среды (Севера) в единую методологию целесообразным представляется понимание того, что такое методология Арктического дизайна. Методология [0] рассматривает *организацию деятельности*. Организовать деятельность означает упорядочить ее в целостную систему с четко определенными характеристиками, *логической структурой* и процессом ее осуществления – **временной структурой** (исходя из пары категорий диалектики «историческое (временное) и логическое»).

Логическая структура включает в себя следующие компоненты: субъект, объект, предмет, формы, средства, методы деятельности, ее результат.

Внешними по отношению к этой структуре являются следующие **характеристики деятельности**: особенности, принципы, условия, нормы.

Планомерный анализ возможности конструктивного определения и спецификации перечисленных выше компонентов для Арктического дизайна как вида деятельности позволит сделать выводы о возможности создания методологии Арктического дизайна, сформулировать перечень направлений исследований для доопределения отсутствующих компонентов. Данный процесс может быть основан на анализе специфики Арктического дизайна как:

1. творческой деятельности, см. методологию художественной деятельности [0];
2. практической/трудовой деятельности по созданию материальных объектов [0];
3. научной деятельности [0];
4. деятельности по управлению [0].

Актуальность последнего из перечисленных пунктов обусловлена выявленной в процессе эмпирических наблюдений «культурой самодельщиков/DIY» [0] – специфичного предметного воплощения советского и пост-советского социального феномена под названием «общество ремонта» [0]. В географических

и тематических границах Арктического дизайна, в частности, на примере самодельных транспортных средств для преодоления северного бездорожья, DIY-культура органично дополняет явление «комплексного жизнеобеспечения», характерное для коренных народов изучаемой территории [0]. Данное сочетание позволяет рассматривать Арктический дизайн как деятельность индивида по организации автономного жизнеобеспечения в изолированной/экстремальной среде – путем создания технологий.

4. Арктический дизайн – выявление и формализация проблем согласования интересов

Необходимость автономного жизнеобеспечения как отличительная черта Арктического дизайна позволяет предположить, что базовой моделью принятия решений [0] в рамках построения комплекса математических моделей проблем согласования интересов следует считать игру двух лиц (модели множественных «Я», см, например [0]) – субъекта как «потребителя» объекта Арктического дизайна и его же как создателя, «творца» данного объекта, равновесный исход которой и определяет облик создаваемого объекта. При этом актуальным является анализ собранного в ходе исследований эмпирический материала на предмет идентификации иерархической структуры данной игры – взаимодействие ли это равноправных участников (игра Г0) или взаимодействие по принципу Центр-Агент [0].

Базовая модель принятия решений отдельным индивидом позволит в соответствии с методологией теории управления организационными системами [0] приступить к исследованию моделей взаимодействия агентов в контексте Арктического дизайна.

Собранный в ходе исследований эмпирический материал позволяет утверждать, что отличительная черта сообществ северных территорий, определяемая суровыми климатическими условиями – сотрудничество, накладывает свой отпечаток также и на дизайн [0]. Особенности влияния фактора сотрудничества в контексте «Север – общество изобретения» могут быть смоделированы в рамках идеологии конкурентной кооперации (coopetition)

[0, 0] а процесс самоорганизации данных сообществ изобретения потенциально может быть описан с помощью моделей формирования команд [0].

Описанная в разделе 2 проблема стимулирования появления (и внедрения) локально востребованных «внешних» технологий для улучшения жизни людей в условиях Арктики/Севера, может быть рассмотрена как задача согласования интересов разработчика технологии и субъекта-«творца» в личности потенциального потребителя, рассматривающего данную технологию как конкурентную создаваемым им сами технологиям. По сути, подобная модель формализует процесс вовлечения потребителя в процесс разработки создаваемых для него технологий [0].

Для идентификации и апробации моделей индивидуального принятия решений, в рамках сообщества и индивида с внешними технологиями предполагается применить подход деловых игр, адаптируя предлагаемые модели в формат базовых, упрощенных экспериментов, проведение которых возможно даже в полевых условиях.

Таким образом, предлагаемый нами подход рассматривает процесс инновационного развития сообществ в условиях Арктики/Севера как иерархическую проблему согласования интересов – на уровне одного индивида (субъекта Арктического дизайна), на уровне взаимодействия индивидов внутри локального сообщества и на уровне взаимодействия локального сообщества и ex-situ технологий.

Литература

1. ALÓS-FERRER C., STRACK F. *From dual processes to multiple selves: Implications for economic behavior* // Journal of Economic Psychology. – 2014. – V. 41. – С. 1-11.
2. BERGSTRÖM M., ERIKSTAD S. O., EHLERS S. *The Influence of model fidelity and uncertainties in the conceptual design of Arctic maritime transport systems* // Ship technology research. – 2017. – V. 64. – №. 1. – С. 40-64.

3. BLEVIS E. *Seeing What Is and What Can Be: On Sustainability, Respect for Work, and Design for Respect* // Proceedings of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems - CHI '18. Montreal QC, Canada: ACM Press, 2018. P. 1–14.
4. BRANDENBURGER A. M., NALEBUFF B. J. *Co-Opetition*. – Crown Business, 2011. – 304 c.
5. BUCHANAN R. *Wicked problems in design thinking* //Design issues. – 1992. – Vol. 8. – №. 2. – C. 5-21.
6. HYYSALO S., JENSEN T. E., OUDSHOORN N. (ed.). *The new production of users: changing innovation collectives and involvement strategies*. – Routledge, 2016.
7. KORGIN N., ØSTBYE S. *Coopetition in the Arctic: Theory and Experiments*//Proceedings of the 18th International Conference on Group Decision and Negotiation. NUAA Discussion Papers in Economics and Management - 2018 pp 356-369.
8. LEWIS S. L., MASLIN M. A. *Defining the Anthropocene* //Nature. – 2015. – Vol. 519. – №. 7542. – C. 171-180.
9. MCPHAIL J. F., MURFITT A. W., MCMULLEN W. B. *YUKON River to Prudhoe Bay highway—lessons in arctic design and construction* //Civil Engineering—ASCE. – 1976. – Vol. 46. – №. 2. – C. 78-82.
10. MOOKHOEK A. D. et al. *Problems Associated with the Design of an Arctic Marine Transportation System* //Offshore Technology Conference. – Offshore Technology Conference, 1971.
11. ØSTHAGEN A. *Geopolitics and Security in the Arctic* //Routledge handbook of the polar regions. – 2018. – C. 348-356.
12. SIMON H. A. *The sciences of the Artificial*. – 1969. P. 55
13. STOKKE O. S. *Environmental security in the Arctic: The case for multilevel governance* //International Journal. – 2011. – V. 66. – №. 4. – C. 835-848.
14. TAHKOKALLIO P. *Arctic Design-Opening the Discussion*. – University of Lapland, 2012.
15. YOUNG O. R. *Arctic tipping points: governance in turbulent times* //Ambio. – 2012. – T. 41. – №. 1. – C. 75-84.

16. БУРКОВ В.Н., КОРГИН Н.А., НОВИКОВ Д.А. *Введение в теорию управления организационными системами: учебник* Изд.2. Изд. 2-е. М.: Либроком, 2014. – 264 с.
17. ГАРИН Н. П., КРАВЧУК С. Г., КОНЬКОВА Ю. С., КУКАНОВ Д. А., АБРАМОВ И. В., РАЕВА А. В. *Инновационный потенциал народного дизайна*. — Екатеринбург: Ур-ГАХУ, 2019. — 86 с
18. ГЕРАСИМОВА Е., ЧУЙКИНА С. *Общество ремонта // Неприкосновенный Запас*. 2004. Vol. 34, № 2. С. 70–77.
19. ГОЛОВНЁВ А. В., КУКАНОВ Д. А., ПЕРЕВАЛОВА Е. В. *Арктика: атлас кочевых технологий*. — СПб.: МАЭ РАН, 2018. — 352 с.
20. НОВИКОВ А. М., НОВИКОВ Д. А. *Методология научного исследования*. – М.: Либроком, 2010. – 280 с.
21. НОВИКОВ А.М. *Методология художественной деятельности*. М. : Эгвес, 2008. – 72 с.
22. НОВИКОВ А.М., НОВИКОВ Д.А. *Методология*. – М.: СИНТЕГ, 2007. – 668 с.
23. НОВИКОВ Д.А. *Математические модели формирования и функционирования команд*. – М.: Издательство физикоматематической литературы, 2008. – 184 с.
24. НОВИКОВ Д.А. *Методология управления*. - М.: Книжный дом "ЛИБРОКОМ", 2012. - 128 с.
25. СОЛОВЬЕВА А.Н. «Арктический дизайн» в контексте социальных инноваций // *Международный Журнал Исследований Культуры*. – 2016. – № 4 (25). – С. 118–127.
26. УСЕНЮК С.Г. *Дизайн для условий Севера: принцип сотворчества в проектировании транспортных средств*: Дисс.... канд. искусствоведения. Екатеринбург: Ур. гос. архитектур.-худож. акад., 2011. – 212 с.

АВТОМАТИЧЕСКАЯ ПРОТИВОАВАРИЙНАЯ ЗАЩИТА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА ОСНОВЕ ВЕРОЯТНОСТНОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ВИБРАЦИОННОГО СОСТОЯНИЯ

¹Правоторова Е.А., ^{1,2}Скворцов О.Б.

(¹Институт машиноведения РАН, Москва;

²НТЦ «Завод балансировочных машин» Москва)

pravotorova@bk.ru, skv@balansmash.ru

Рассмотрены особенности реализации систем вибрационного мониторинга сложного оборудования. Такие системы решают задачи прогнозирования и защиты. С учетом эргодичности контролируемых процессов вибрации можно обеспечить построение быстродействующей защиты с повышенной достоверностью функционирования.

Ключевые слова: вибрация, диагностика, прогнозирование, статистика, надежность, достоверность, противоаварийная защита, эргодичность.

Автоматические системы контроля сложного и ответственного оборудования имеют важнейшее значение как элемент такого оборудования. Такие системы могут иметь различные названия: автоматические системы управления технологическим процессом (АСУ ТП), системы автоматического управления (САУ), средства промышленного интернета вещей (IIoT) и т.д. Такие системы решают задачи мониторинга текущего состояния оборудования включающего контроль, противоаварийную защиту, диагностику и прогнозирование остаточного ресурса оборудования. Типичным примером такого оборудования являются энергетические агрегаты большой мощности. Это связано с возможными крайне тяжелыми последствиями, которые могут сопровождать возникновение аварийных ситуаций на таком

оборудовании. Такие системы управления кроме функции информирования персонала и планирования действий последнего обычно включают и возможность автоматического воздействия на оборудование в виде управления режимом или автоматического останова в критических ситуациях. Задачи, решаемые системой автоматического мониторинга взаимосвязаны и, по возможности, должны быть основаны на использовании общих аппаратурных решений. Подсистемы мониторинга могут дополнять и обеспечивать функциональное резервирование части общих функций. При этом каждая из подсистем может иметь свои существенные особенности. Так система противоаварийной защиты должна обычно иметь очень малое время отклика на изменения критически важных параметров (например, существенно менее секунды) и очень высокую достоверность срабатывания, в то время как система диагностики может допускать время измерения в десятки минут, но требует выполнения таких измерений с высоким разрешением. Получаемые каждой из подсистем данные частично или полностью используются и другими подсистемами. Так противоаварийная защита может использовать в качестве дополнительного канала «медленной» защиты результаты диагностирования дефектов, которые также являются основным источником данных для подсистемы прогнозирования [1]. Работа системы прогнозирования определяется вероятностными оценками параметров, а получаемые результаты характеризуются [1] доверительным уровнем δ . Практическая важность таких решений подтверждается обязательностью их реализации на объектах критически важных в чрезвычайных ситуациях [2, 3] и объектах атомной энергетики [4].

Одним из наиболее распространенных методов мониторинга мощного энергетического оборудования являются средства вибрационного контроля. Данные методы являются наиболее распространенными и эффективными, но относительно сложными в использовании. В настоящее время в соответствии с нормативной базой опри вибрационном мониторинге оборудования основным является контроль текущего уровня или других параметров интенсивности вибрационного процесса, оцениваемого по одной из

характеристик: перемещению, скорости или ускорению. При исследовании или испытаниях материалов или оборудования на устойчивость к воздействию вибрации обычно оценку выполняют интегральной дозе вибрационного воздействия.

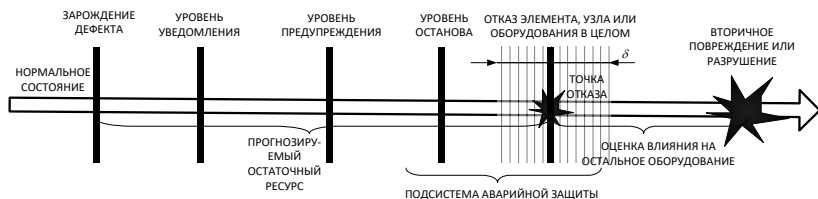


Рис. 1. Прогнозирование развития дефекта.

Противоречивые требования к процессу оценивания вибрации для целей защиты, диагностики и прогнозирования определяют необходимость более детального анализа процессов вибрации. В первую очередь это относится к статистическим характеристикам таких процессов. Хотя при вибрационном мониторинге используются и измерения в нестационарных режимах, например при пуске или останове энергетического агрегата, в большинстве случаев на стационарных режимах эксплуатации вибрационный процесс можно обычно считать эргодическим [5, 6]. Для таких процессов и вторичные параметры оценивания вибрационного процесса, такие как средние и экстремальные оценки уровня или корреляционные функции можно классифицировать как эргодические, что позволяет использовать их как состоятельные оценки на сравнительно коротких интервалах времени наблюдения (измерения) вибрационного процесса.

Использование вероятностных методов прогнозирования существенно, прежде всего, с точки зрения оценивания остаточного ресурса оборудования, рассматриваемого в ряде публикаций [7-9, 12-13, 15-18]. Получаемые прогнозы также необходимы при выборе стратегии обслуживания оборудования, а краткосрочные прогнозы имеют важное значение для организации противоаварийной защиты оборудования.

С учетом целей использования получаемых оценок представляется важным получение вероятностных оценок точности получаемых результатов измерения и формируемых прогнозов.

Наиболее критичным при построении системы мониторинга оказывается обеспечение удовлетворительной достоверности оценки прогноза в системе противоаварийной защиты. Это связано с высокой скоростью развития аварийной ситуации непосредственно перед точкой отказа и развитием вторичных повреждений и разрушений. Кроме того формирование точных оценок критического параметра ограничивается сравнительно малыми измерительными временами на этом этапе развития дефекта. Даже на относительно коротких временных интервалах параметры вибрационных процессов при этом могут рассматриваться как эргодические [10]. Для таких процессов удается получить оценки точности и достоверности оценок вибрации на сравнительно коротких реализациях [11].

Повышение достоверности получаемых оценок при этом достигается не только усреднением выборочных значений по времени, но и возможным для эргодических процессов усреднением по ансамблю реализаций поступающих по различным каналам контроля в параллельном режиме сбора данных, что по существу эквивалентно функциональному резервированию измерений [14].

Литература

1. ГОСТ Р ИСО 13381–1–2016. *Контроль состояния и диагностика машин. Прогнозирование технического состояния. Часть 1. Общее руководство*. М.: Стандартинформ, 2017. 24 с.
2. ГОСТ 22.1.01-97 (ГОСТ Р 22.1.01-95) *Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Мониторинг и прогнозирование. Основные положения*. Минск, 1997. 7 с.
3. ГОСТ Р 22.0.05–94. *Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Техногенные чрезвычайные ситуации. Термины и определения*. М.: 1994. 16 с.
4. ГОСТ Р 57154-2016. *Техническая диагностика*.

Мониторинг тепломеханического оборудования АЭС. Расчетно-экспериментальный метод. Общие требования. М.: Стандартинформ, 2016. 24 с.

5. БОКС Дж., ДЖЕНКИНС Г. *Анализ временных рядов, прогноз и управление*: Пер. с англ. Под ред. В.Ф. Писаренко. М.: Мир, 1974, кн. 1. – 406 с., кн. 2. – 198 с.
6. БОЛЬШАКОВ А.А., КАРИМОВ Р.Н. *Методы обработки многомерных данных и временных рядов.* Учебное пособие для вузов. – М: Горячая линия-Телеком. 2007. 522 с.
7. ДЕМЬЯНОВ Р.С. *Использование метода Бокса-Дженкинса для прогнозирования временных рядов.* Nauka-rastudent.ru. – 2017. № 03 (039) / [Электронный ресурс] – Режим доступа. – URL: <http://nauka-rastudent.ru/39/4071/>
8. КИЗБИКЕНОВ К.О. *Прогнозирование и временные ряды* [Электронный ресурс]: учебное пособие / К.О. Кизбикенов. Барнаул: АлтГПУ, 2017. 115 с.
9. ЛУКЪЯНЕНКО В.И., ВОРОБЬЁВА Н.В., ВОРОБЬЁВ Ю.В. *Оценка остаточного ресурса технического оборудования в единичном исполнении.* Вестник ТГТУ. 2012. Т. 18. № 4. С. 1038 – 1041.
10. ПРАВОТОРОВА Е.А., СКВОРЦОВ О.Б. *Использование эргодической теории при решении задач оценки вибрации машин и механизмов.* XIII Всероссийское совещание по проблемам управления ВСПУ-2019: Труды [Электронный ресурс] 17-20 июня 2019 г., М.: ИПУ РАН, 2019. С. 2786 – 2790.
11. ПРАВОТОРОВА Е.А., СКВОРЦОВ О.Б. *Вопросы точности статистической оценки вибрационных сигналов при использовании эргодической теории.* Научные труды 4-ой Международной научно-технической конференции, посвященной 80-летию ИМАШ РАН, «Живучесть и конструкционное материаловедение». М.: Ижевск: Институт компьютерных исследований. 2018. С. 222 – 224.
12. САВИН Л.О., КОРОЛЁВ М.В., НОСОВ М.В. *Анализ определяющих параметров и возможностей использования гибких стратегий технического обслуживания для*

- повышения надежности автомобильной техники при ее эксплуатации в особых условиях. Научный результат. Информационные технологии.* – Т.2. 2017. №2. С. 9 – 20.
13. САЖИН Ю.В. *Анализ временных рядов и прогнозирование* / Ю.В. Сажин, А.В. Катынь, Ю.В. Сарайкин. – Саранск, Изд-во Мордов. Ун-та, 2013. 192 с.
 14. СКВОРЦОВ О.Б. *Системы противоаварийной защиты по вибрации роторного оборудования. Системы управления полным жизненным циклом высокотехнологичной продукции в машиностроении: новые источники роста* : Всероссийская научно-практическая конференция: материалы конференции / Москва: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2018. С. 149 – 153.
 15. ЦИПЛАКОВ А. Введение в прогнозирование в классических моделях временных рядов // Квантиль. 2006. № 1. С. 3 – 19.
 16. ШЛЯПЦЕВ С.Н., ХОДЖАЕВ И.А., КОРОЛЕВ М.В. *О возможности индивидуального прогнозирования показателей безотказности систем виброакустической маскировки.* Техника и технология. 2005. № 6 (12). С. 66 – 68.
 17. ЮМАГУЗИН У.Ф., БАШИРОВ М.Г. *Прогнозирование остаточного ресурса оборудования предприятий нефтегазовой отрасли* // Фундаментальные исследования. 2014. № 3. С. 277 – 280.
 18. ГЕОРГИЕВСКАЯ Е.В., СМЕЛКОВ Л.Л. *Оценка прочности и остаточного ресурса гидротурбин: проблемы и пути решения* // Гидротехника. 2014. № 3. С. 37–41.

ПРОБЛЕМЫ РЕАЛИЗАЦИИ СИНТЕЗА БАЗОВЫХ МЕХАНИЗМОВ УПРАВЛЕНИЯ В СРЕДЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ РДС

Федянин Д.Н.

(Институт проблем управления РАН, Москва)

dfedyanin@inbox.ru

Работа обобщает некоторые результаты реализации проекта по созданию цифровых моделей базовых и комплексных механизмов управления в среде моделирования “Расчет динамических систем”.

Ключевые слова: механизмы управления, синтез, анализ, теория игр, программное обеспечение.

1. Введение

Механизмы управления играют важную роль в теории активных систем [1, 2, 8]. В то время как основные понятия теории активных систем предоставляют фундамент для описания базовых свойств систем, механизмы управления позволяют решать задачи управления в таких системах [3, 9]. Механизмы управления традиционно тесно связаны с понятиями методологии управления проектами и подразделяются на четыре основные подмножества [7]

- Механизмы планирования,
- Механизмы организации,
- Механизмы стимулирования,
- Механизмы оценки и контроля.

В настоящее время не только формальной теории, но даже прикладной теории уже недостаточно для внедрения результатов в практику управления, а также обучения студентов. Это привело к созданию проекта реализации механизмов управления в виде

программных комплексов для одной из сред моделирования. В настоящей работе обсуждаются выводы, возникшие в процессе такой реализации в среде инструментального программного комплекса РДС [21].

Инструментальный программный комплекс РДС (Расчет Динамических Систем) является инструментом для построения исследовательских стендов, облегчающих процессы моделирования, анализа и синтеза систем управления. РДС включен в учебный процесс ВУЗов (МИРЭА, МГАПИ) [4].

В разделе 1 приведены используемые в работе определения синтеза и анализа с примерами их реализаций в модели РДС. В разделе 2 дано описание общего вида модели механизма управления в РДС. В разделе 3 помещено описание особенностей реализации синтеза в механизмах управления. В разделе 4 дан перечень базовых механизмов с указанием наличия реализованного синтеза на момент написания работы. В заключении размещено описание перспективных направлений исследований.

2. Синтез и анализ механизма управления

Синтез и анализ – понятия, имеющие различные определения. Для определенности мы дадим определения синтеза и анализа по отношению к реализации механизмов управления в моделях РДС.

Под анализом мы будем понимать исследование влияния решений, принимаемых агентами на их выигрыш в зависимости от механизма управления с конкретными значениями параметров.

Особенность определения понятия синтез состоит в том, что иногда под синтезом механизма понимают процесс или даже результат создания механизма. Однако, синтезом мы будем называть исследование влияния параметров механизма на выигрыши агентов и центра.

На рисунках 1 и 2 приведены примеры реализации анализа и синтеза в модели противозатратного механизма. Теоретические исследования механизма приведены, например, в работах [2, 4, 11]. Информацию по механизму распределения ресурса между несколькими агентами можно найти в [6].

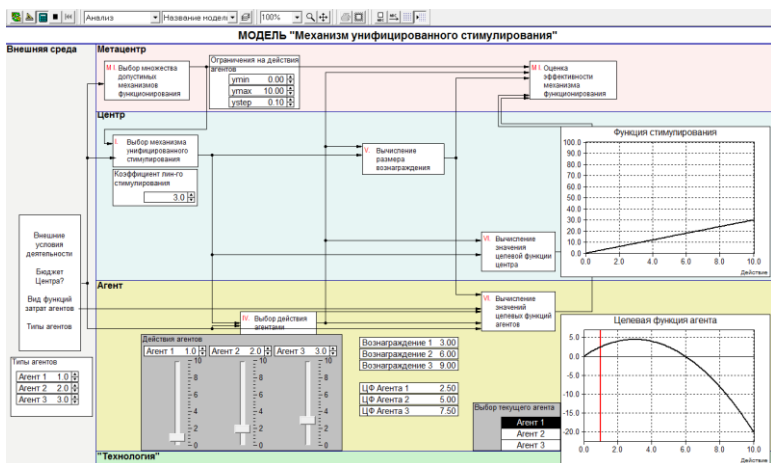


Рис. 1. Пример слоя "Анализ" модели механизма управления в РДС (противозатратный механизм).

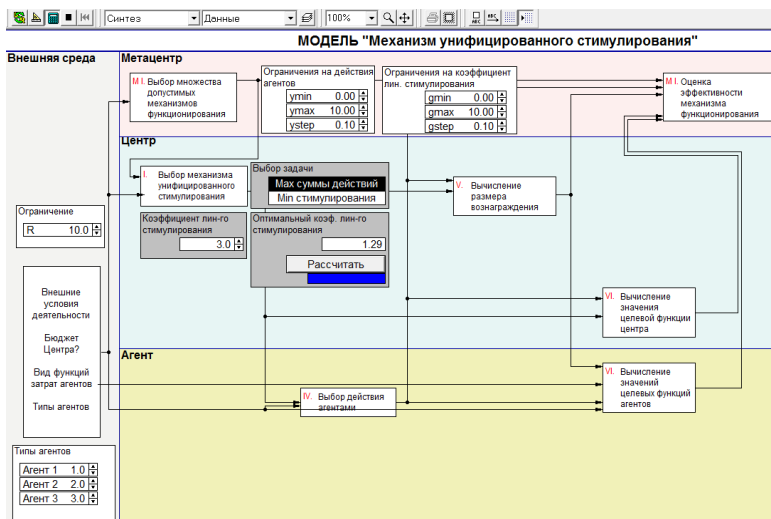


Рис. 2. Пример слоя "Синтез" модели механизма управления в РДС (противозатратный механизм).

3. Общий вид модели механизма управления

В проекте, а также в Модели механизмов управления имеют следующую блочную структуру.

ID	Название	Входы от блоков	Выходы к блокам
0	Внешние условия деятельности	∅	MI, I, II
MI	Выбор механизма функционирования	0	MII, I
I	Центр сообщает выбранный механизм	MI, 0	II, III
II	Сообщение агента центру	0, I	III, Iva
III	Детализация параметров механизма	I, II	V, Iva
IVa	Агент выбирает действие	II, III	TI
TI	Реализация деятельности агента	IVa	IVb
IVb	Агент сообщает результат	TI	V, MII
V	Центр получает информацию о действии агента	III, IVb	VI
VI	Центр сообщает агенту свое действие	V	MII
MII	Оценка результата деятельности агентов и эффективности механизма управления	IVb, MI, VI	∅

На рис 3. приведен внешний вид этой модели, реализованный в среде РДС (слой “Процессы”).

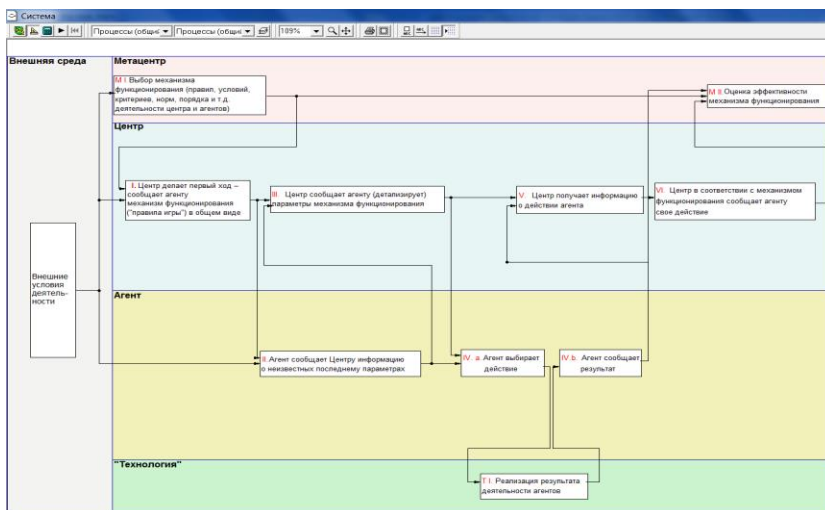


Рис. 3. Общая схема модели механизма в среде РДС. Будем называть эту модель моделью этого механизма в РДС.

4. Особенности реализации синтеза для механизмов, базовых и основанных на базовых

При реализации в 2017 году в РДС моделей механизмов были обнаружено, что основными проблемами для описания синтеза алгоритмов были

1. Отсутствие в явном виде рациональных агентов, например, в механизме комплексного оценивания. Для механизма комплексного оценивания также не было анализа, при том, что сам механизм был хорошо исследован в том числе в нескольких докторских диссертациях. Это связано с тем, что эффективность применения механизма достигается даже на стадии исследования, предваряющим анализ и синтез.
2. Отсутствие в явном виде параметров механизма, например, механизм “затраты-эффект”. Как и в случае механизмов типа механизма комплексного оценивания, это

связано в первую очередь с тем, что механизм имеет высокую эффективность даже в непараметрическом варианте. Такая ситуация может возникать и при введении значимых параметров в состав самого механизма в качестве управляемых самим центром параметров, в этом случае такие параметры оказываются по способу построения неотъемлемой частью механизма и не рассматриваются как внешние параметры.

3. Отсутствие аналитического решения для произвольного набора параметров, например, механизм стимулирования встречных планов, механизм стимулирования за коллективные результаты.

К 2019 году на базе некоторых базовых механизмов были созданы параметризованные варианты механизмов, в том числе конкурсных механизмов, механизм "затраты-эффект". Параметризация заключается в введении параметра, описывающего дополнительные выплаты (или штраф) агенту. Выбранный метод параметризации механизмов приближают их к комплексным [10], где в роли одного механизма выступает параметризуемый механизм, а в роли другого – механизм линейного стимулирования. Таким образом, фактически был построен анализ и синтез механизмов, производных от базовых.

Для анализа и синтеза механизма комплексного оценивания был создан механизм с разделением на роли – создание дерева комплексного оценивания было отнесено к ответственности центра, а распределение ресурса между базовыми оценками было отнесено к ответственности агентов. Базовый механизм также был дополнен механизмом стимулирования. В этом механизме выигрыш центра соответствует наилучшей аппроксимации заданной в виде параметра функции методом комплексного оценивания.

5. Механизмы

Было проведено исследование готовности механизмов. Некоторые результаты опубликованы в работах [5, 12-20].

Синтез реализован в следующих механизмах.:

- Механизмы планирования: конкурсный механизм (“прямой конкурс”), конкурсный механизм (“простой конкурс”), механизм последовательного распределения ресурсов, механизм активной экспертизы, механизм выбора ассортимента
 - Механизмы организации: механизм смешанного финансирования
 - Механизмы стимулирования: соревновательный механизм стимулирования, механизм унифицированного стимулирования
 - Для механизмов оценки и контроля синтез не реализован
- Синтез не реализован в следующих механизмах.
- Механизмы планирования: Механизм внутренних цен
 - Механизмы организации: механизм распределения финансовых средств на основе принципа равных рентабельностей, противозатратный механизм распределения финансовых средств, механизм «затраты—эффект»
 - Механизмы стимулирования: механизм стимулирования пропорционально времени сокращения работ, механизм стимулирования пропорционально затратам, механизм стимулирования за коллективные результаты, механизм стимулирования встречных планов
 - Механизмы оценки и контроля: механизм согласия, двухканальный механизм, механизм комплексного оценивания, механизм опережающего самоконтроля

6. Заключение

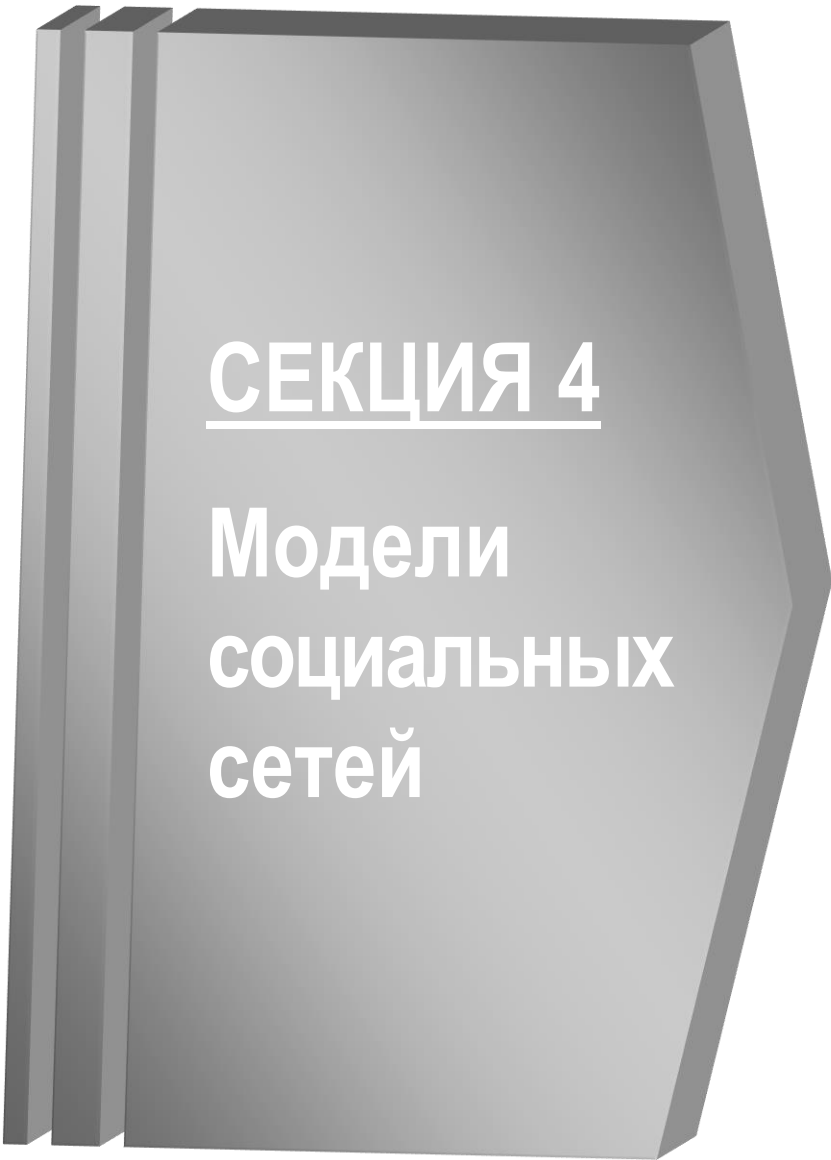
Реализация проекта по моделированию стимулировала исследования механизмов, результаты которых частично опубликованы в работах [5, 12-20] Решение задач синтеза и механизмов стимулирования в общем виде, рассмотрение задач с вероятностной неопределенности является перспективным направлением исследований.

Литература

1. БУРКОВ В.Н. *Основы математической теории активных систем*. М.: Наука, 1977. – 256 с.
2. БУРКОВ В.Н., ДОРРИ М.Х., ЩЕПКИН А.В., КАШЕНКОВ А.Р. *Противозатратный механизм ценообразования в системе «центр – агенты монополисты»*
3. БУРКОВ В.Н., КОРГИН Н.А., НОВИКОВ Д.А. *Введение в теорию управления организационными системами* / под ред. чл.-корр. РАН Д.А. Новикова. – М.: Либроком, 2009. – 264 с.
4. ДОРРИ М.Х., РОЩИН А.А. *Инструментальный программный комплекс РДС (Расчет Динамических Систем) – средство моделирования и разработки алгоритмов управления* // Проблемы управления. 2009. №4. С. 52–57.
5. ДОРРИ М.Х., СЕРЕДА Л.А., ЩЕПКИН А.В. *Анализ механизмов распределения фонда финансирования в среде программного комплекса RDS* // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника. 2018. Т. 18, № 3. С. 107–118.
6. КОРГИН Н. А. *Неманипулируемые механизмы принятия решений в управлении организационными системами: дис.... д-ра техн. наук* //М.: ИПУ РАН. – 2013.
7. *Механизмы управления* / под ред. Д. А. Новикова. – М.: Ленанд, 2011. – 192 с.
8. НОВИКОВ Д.А. *Методология управления*. – М.: Либроком, 2012. – 128 с.
9. НОВИКОВ Д.А. *Теория управления организационными системами*. – 3-е изд. – М.: Издательство физико-математической литературы, 2012. – 604 с.
10. НОВИКОВ Д.А. *Комплексные модели системной оптимизации производственно-экономической деятельности предприятия* / Управление большими системами. Выпуск 65. М.: ИПУ РАН, 2017. С.118-152

11. ЩЕПКИН А.В. *Противозатратные механизмы финансирования* / Проблемы управления № 3, 2018. – с. 17–25.
12. ALEKSEEV A., SALAMATINA A., KATAEVA T. *Rating and Control Mechanisms Design in the Program "Research of Dynamic Systems"* // 2019 IEEE 21st Conference on Business Informatics (CBI), Moscow, Russia, 2019, pp. 96-105.
13. ALEKSEEV A., GALIASKAROV E., KOSKOVA K. *Application of the Matrix Rating Mechanisms and System Cognitive Analysis Methods at the Task of Residential Real Estate Conceptual Designing* // 2019 IEEE 21st Conference on Business Informatics (CBI), Moscow, Russia, 2019, pp. 111-116.
14. ALEKSEEV A., ANDRONOVA A., SPIRINA V. *Development of a Decision Support System for Commercial Real Estate Managers using RDS* // 2019 IEEE 21st Conference on Business Informatics (CBI), Moscow, Russia, 2019, pp. 88-95.
15. DORRI M.KH., ROSHCHIN A.A. *Multicomputer Research Desks for Simulation and Development of Control Systems*. IFAC (конференция в Сеуле, Южная Корея), доклад опубликован в электронном виде на CD "PREPRINTS of the 17th IFAC World Congress July 6-11,2008, Seoul, Korea" C. 15244-1524
16. DORRI M., SHCHEPKIN A. *Using Research Benches for Designing Control Systems and Modeling Organizational Mechanisms* // 2019 IEEE 21st Conference on Business Informatics (CBI), Moscow, Russia, 2019, pp. 83-87.
17. FEDYANIN D. *Resource Allocation Mechanisms for the Portfolio of Projects with Concave Utility Functions* // 2019 IEEE 21st Conference on Business Informatics (CBI), Moscow, Russia, 2019, pp. 77-82.
18. KORGIN N., KOREPANOV V. *Optimal Planning Solution's Simulation for the Active Expertise* // 2019 IEEE 21st Conference on Business Informatics (CBI), Moscow, Russia, 2019, pp. 68-73.

19. KUZNETSOVA O., MARENCOVA A. *RDS Program for Optimization Problem* // 2019 IEEE 21st Conference on Business Informatics (CBI), Moscow, Russia, 2019, pp. 74-76.
20. KUZNETSOVA O., MARENCOVA A. *Development of Software Complex Personnel Assessment in RDS Environment* // 2019 IEEE 21st Conference on Business Informatics (CBI), Moscow, Russia, 2019, pp. 106-110.
21. URL: <https://www.ipu.ru/science/applied-research/products/calculation-of-dynamic-systems>

A 3D graphic of a book spine, rendered in a dark gray color with a slight gradient and shadows to give it a three-dimensional appearance. The spine is oriented vertically and has a slightly irregular, hand-drawn style shape. The text is centered on the front face of the spine.

СЕКЦИЯ 4

Модели социальных сетей

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ «ПРОТЕСТ – РЕПРЕССИИ» В ДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ¹

Ахременко А.С.

*(Национальный исследовательский университет
«Высшая школа экономики», Москва),*

Петров А.П.

*(Институт прикладной математики РАН, Москва)
aakhremenko@hse.ru, petrov.alexander.p@yandex.ru*

Несмотря на значительный рост интереса к проблеме связи между государственными репрессиями и публичным протестом, полученные различными исследователями результаты очень противоречивы. Мы полагаем, что существенное продвижение в теме требует анализа публичного протеста и государственных репрессий как взаимосвязанных процессов, развивающихся во времени. В этой работе мы представляем математическую модель, в которой и динамика численности протестующих, и динамика уровня репрессий являются эндогенными процессами. Численный эксперимент над моделью показывает, что «несимметричное» применение репрессий против протестующих не только увеличивает их число в среднем, но и порождает значительную неопределенность относительно последствий применения репрессий в каждом конкретном случае.

Ключевые слова: политический протест, репрессии, политическое насилие, математическая модель, динамическая система.

¹ *Исследование поддержано РФФИ, проект 18-011-01134 «Динамика развития политической нестабильности: построение теоретической модели и ее эмпирическое тестирование»*

1. Введение

В истории, в том числе последнего десятилетия, зафиксировано множество попыток репрессивного подавления государствами публичных акций протеста граждан. Следующие за этим траектории развития событий, однако, радикально различаются. В одних случаях власти удавалось успешно «погасить» протест, в других имела место эскалация взаимного насилия, подчас завершавшегося революционной сменой власти. Несмотря на неоднократные попытки эмпирически и теоретически исследовать влияние репрессий на интенсивность протеста, а также обратное влияние, полученные результаты крайне противоречивы. Нет однозначного ответа на вопрос: в каких условиях репрессии снижают протестную активность, а в каких стимулируют дальнейшее сопротивление?

Однако отмеченные выше особенности области исследования имеют и обратную сторону. Во-первых, почти нет моделей и теорий, позволяющих каким-то образом синтезировать все многообразие, «навести мосты» между отдельными подходами. В итоге «окучиваются отдельные грядки», что обедняет совокупный научный результат. Во-вторых, не выработано общих подходов к агрегированию эмпирических данных, что часто приводит к получению противоположных результатов даже для одних и тех же переменных, взятых в разных пространственном/временном разрезах. В-третьих, переход от формулирования теоретических гипотез к методам их проверки часто произволен, - в силу отсутствия «посредника» между этими двумя уровнями в виде адекватной формальной модели. Как следствие, полученные различными группами исследователей результаты очень противоречивы.

Мы полагаем, что существенное продвижение в теме требует анализа публичного протеста и государственных репрессий как взаимосвязанных процессов, развивающихся во времени. Для этого необходимо построить теоретическую модель, в математический дизайн которой будет изначально заложена такая динамическая взаимосвязь.

Подавляющее большинство имеющихся работ по теме исследования рассматривает публичный протест и репрессии в терминах зависимой и независимой переменных. Таким образом, анализируется либо влияние протеста на репрессии, либо влияние репрессий на протесты, без учета динамических взаимосвязей между ними [2, 4, 9].

Однако на сегодняшний день работы, адресно рассматривающие репрессии и протест в их динамической взаимосвязи, крайне немногочисленны. В некоторых случаях такой подход проявляется на сугубо эмпирическом уровне, когда авторы используют векторную авторегрессию [3] или системы одновременных уравнений [6] для анализа данных. Но никакой теоретической формальной модели за такими расчетами не стоит. Более фундированные попытки построения динамических моделей гражданского насилия имеются в агентно-ориентированном (agent-based) моделировании [5]. Но они рассматривают протестную динамику в целом, а не связь между репрессиями и протестом. Наиболее удачной попыткой следует, видимо, признать динамическую сетевую модель [10], но ее фокус не в столько в динамическом взаимодействии власти и оппозиции, сколько в сетевых структурах.

Системно-динамические модели взаимовлияния репрессий и протеста единичны. Насколько нам известно, на основе дифференциальных уравнений этот конкретный процесс моделируется только в [7]; но эта модель страдает крайними упрощениями.

Таким образом, в литературе, по существу, отсутствуют серьезные попытки построить математическую модель взаимной динамики репрессий и протеста, позволяющую включать в анализ широкий набор содержательных факторов.

В данной работе будет показано построение динамической математической модели, ориентированной на заполнение обозначенных выше лакун. Далее будут продемонстрированы результаты численного эксперимента, полученные с помощью построенной модели. Рассматривая динамическую обратную связь между протестом и репрессиями, мы покажем, что «несимметричное» применение репрессий против протестующих не только

увеличивает их число в среднем, но и порождает большую неопределенность относительно последствий применения репрессий в каждом конкретном случае.

2. Построение модели

Модель представляет собой динамическую систему, при проведении вычислительного эксперимента используются элементы дизайна, характерного для мультиагентного (multi agent, agent-based) моделирования.

Рассматриваемый процесс – это многодневная протестная акция, подобная, например, Евромайдану в Киеве с 21 ноября 2013 года по 2 февраля 2014 года, (Вторая) Жасминовая революция в Тунисе 24 декабря 2010 года — 14 января 2011 года и т.д. Основная переменная модели – это численность индивидов, $P(t)$ (для определенности, измеряемая в тысячах человек), принимающих участие в протесте; здесь t – это дискретная переменная, имеющая смысл времени в днях. Через $s(t) = [0, 1]$ обозначим «суровость» репрессий (большим значениям s соответствуют более суровые репрессивные меры).

Относительно вероятности q конкретного участника протестной акции пострадать от репрессий примем, что чем больше количество протестующих, тем меньше эта вероятность. При проведении численных экспериментов будем конкретизировать данное положение зависимостью вида: $q(P) = e^{-P}$. Так, при малом числе участников (например, 50 человек) вероятность «попасть под репрессии» очень высока: $q(0.05) = e^{-0.05} = 0.95$, при численности в 6 тыс. чел. вероятность равна $q(6) = e^{-6} = 0.0025$.

Нетто-риск конкретного индивида (net risk, по терминологии [5]) учитывает как суровость репрессий, так и вероятность подвергнуться репрессиям; для численного исследования модели положим для этой переменной: $\omega(s, q) = 1 - \exp(-100sq)$. Данная спецификация предполагает, что (а) «мягкие» репрессии могут послужить сильным мотивом к участию в протесте, если

вероятность пострадать от них очень высока, (б) даже небольшая вероятность попасть под репрессии является сильным мотивом к неучастию, если репрессии достаточно суровы. Например, нетто-риск равен 0.95 при $s = 0.1$ и $q = 0.3$.

Перейдем к описанию психологических antecedентов принятия решения индивидом, именно, рассмотрим гнев, веру в способность добиться поставленной цели данным способом и данной политической группой, идентификацию участника с протестным движением [1].

Обозначим через a гнев (anger), вызванный двумя типами причин. Первый тип – это непосредственно те причины, что привели к протесту (фальсификация выборов, отказ от евроинтеграции, долгосрочные причины любого характера – исторические расколы, неудовлетворительное экономическое положение т.д.); соответствующую компоненту гнева будем считать постоянной на протяжении данного многодневного протеста: $a_0 = const$. Второй тип – связан с репрессиями (либо другими действиями властей) в ходе протеста; соответствующая компонента гнева является, вообще говоря, переменной во времени величиной. Заметим, что здесь мы считаем важными сам факт и суровость репрессий, а не вероятность пострадать от них. Для определенности положим $a_1 = s$, а общий гнев будем считать сумме казанных двух компонент с равными весами: $a = (a_0 + s) / 2$, $0 \leq a \leq 1$.

Вера индивида в способность добиться поставленной цели данным способом и данной политической группой (group efficacy belief) зависит от текущей численности протестующих; обозначим ее через b и примем:

$$(1) \quad b(P) = \exp(\mu(P - P_0)) / [1 + \exp(\mu(P - P_0))]]$$

Параметр P_0 имеет следующий смысл: при $P = P_0$ индивиды оценивают шансы на «победу революции» как 50%. Для численных экспериментов примем $P_0 = 100$, $\mu = 0.01$. При таких значениях имеем, что при 50 тыс. участников, их вера в успех протеста равна примерно 39%, при 400 тыс – 95%.

Уровень идентификация участника с протестным движением (identification with the movement) обозначим через d ; в теории эта величина зависит от s , но мы пока положим ее постоянной в течение самого восстания. Примем, $d = 0.5$

Для мотива индивида к участию положим:

$$(2) \quad M_{ac}(t+1) = 0.5a(t)b(t)(1+d(t)),$$

так что $0 \leq M_{ac} \leq 1$. Имеем тогда

$$(3) \quad M_{ac}(t+1) = 0.375(a_0 + s(t)) \frac{\exp(0.01P(t)-1)}{1 + \exp(0.01P(t)-1)}$$

Мотив к неучастию положим равным нетто-рisku (таким образом, риск принимается здесь единственным фактором, мотивирующим к неучастию):

$$(4) \quad M_{ia}(t+1) = \omega(s(t), q(P(t)))$$

Общий мотив представляет собой разность мотива к участию и мотива к неучастию:

$$(5) \quad \psi(t) = M_{ac}(t) - M_{ia}(t)$$

В соответствии с нейрологической моделью принятия решений [8], латентная позиция $\lambda(t)$ индивида по вопросу об участии в протесте складывается из двух компонент: установки на участие φ и динамической компоненты $\psi(t)$:

$$\lambda(t) = \varphi + \psi(t)$$

Латентная позиция проявляется в манифестируемой позиции p , принимающей два значения: если $\lambda(t) \leq 0$, то $p = 0$ (данный индивид не участвует в протесте); если $\lambda(t) > 0$, то $p = 1$ (участвует). Таким образом, общее количество протестующих имеет вид

$$(6) \quad P(t) = \int_{-\psi(t)}^{\infty} n(\varphi) d\varphi$$

Для определения начального условия положим, что в начальный момент времени $t = 0$ еще нет ни участников, ни репрессий, т.е. $P(0) = s(0) = 0..$

Суровость репрессий $s(t)$ положим возрастающей функцией численности участников протеста в предыдущий день. Для целей вычислительного эксперимента примем конкретизацию

$$(7) \quad s(t) = \left[1 + \exp(-kP(t-1) + b) \right]^{-1}$$

В данной работе особе значение имеет параметр k , характеризующий меру «асимметричности» репрессивного ответа властей на протесты. Малые значения k означают, что нужно довольно большое количество протестующих, чтобы начались репрессии. Другими словами, если в двух ситуациях сравнительно небольшое различие в количестве протестующих, то и различие в суровости репрессий малое. При больших k власть использует репрессии даже при малом числе протестующих (другими словами: при больших k , если в двух ситуациях сравнительно небольшое различие в количестве протестующих, то различие в суровости репрессий может быть значительным).

3. Численный эксперимент

Будем рассматривать популяцию из 100 «индивидов» (можно представить, что каждый из них репрезентирует тысячу «настоящих» индивидов), в той или иной мере склонных к участию в многодневном протесте, и гетерогенных по установке $\varphi = [0, -1]$. Модель инициализируется случайными значениями установки, распределенными по равномерному закону. Таким образом, здесь мы используем простейшую версию метода Монте-Карло.

Ключевым экспериментальным параметром является параметр «асимметричности репрессивного ответа» k . Его значение меняется по правилу $k = [0, 0,1 \dots 1]$. Довольно «грубый» шаг в одну десятую используется на этапе предварительного тестирования для понимания общих, качественных характеристик поведения модели. Для каждого значения k рассчитывается 1000

симуляций модели. Длина каждой симуляции – 100 моментов времени (равновесные количество протестующих и уровень репрессий устанавливается в пределах 20 моментов времени).

Итак, последовательность событий (sequence of events) в модели выглядит следующим образом. Для каждого индивида фиксируется случайное значение установки φ . В начальный момент времени протестующих нет, насилия против них, очевидно, тоже нет ($P(0) = s(0) = 0$). «Каждое утро» рассчитывается общий для системы баланс мотивов $\psi(t)$, индивиды складывают с ним свое значение установки и принимают решение о «сегодняшнем» участии или неучастии в протесте. Те из них, для кого значение критерия оказалось больше нуля, принимают участие в протесте – демонстрируют манифестируемую позицию $p = 1$. Эти позиции складываются и в сумме дают общее число протестующих $P(t)$, доступное для наблюдения всем индивидам (они учитывают это значение в своих расчетах следующим утром). Власти, в свою очередь, осуществляют против протестующих репрессии определенной интенсивности в соответствии с формулой (7). Так длится до $t = 100$. По итогам каждой реализации эксперимента фиксируются максимум и среднее значение как для числа протестующих, так для уровня репрессий.

Прежде всего, рассмотрим, как меняется собственно уровень репрессий в зависимости от параметра k , т.е. от «чувствительности» власти к протесту. Для наглядности покажем средние максимумов репрессий S , зафиксированных в каждой из 1000 реализаций эксперимента для $k = 0.1, 0.2, \dots, 1$. При $k \approx [0, 0.2]$ мы наблюдаем очень медленный рост (рис. 1), который сменяется резким подъемом на отрезке $k \approx [0.2, 0.4]$, на котором суровость репрессий увеличивается почти на порядок до примерно 0.8, и далее медленно растет почти до максимума.

Обратная связь – влияние «асимметричности репрессивного ответа» на протестную динамику выражается, с одной стороны, в изменении среднего числа протестующих с другой – в изменении распределений этой величины. Так, с усилением «чувствительности» власти к протесту мы фиксируем не снижение, как можно было бы наивно предположить, а рост протестной активности

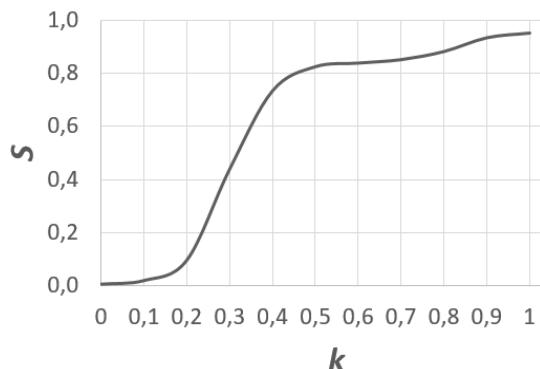


Рис. 1 Зависимость уровня репрессий от k

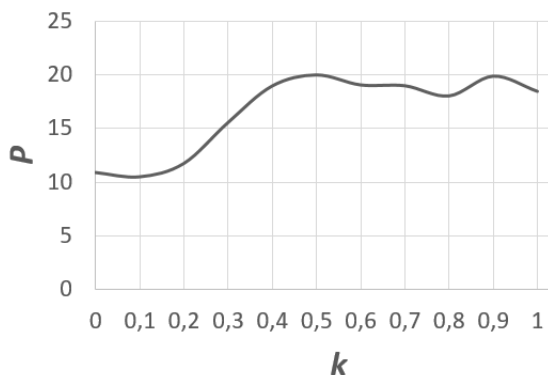


Рис. 2 Зависимость среднего числа протестующих от k

(рис. 2, таблица 1) на том же самом отрезке $k \approx [0,2, 0,4]$. Здесь среднее число протестующих увеличивается примерно в два раза, а затем стабилизируется.

Однако еще более интересным является изменение в распределении средней численности протестующих по мере роста асимметрии репрессивного ответа власти. При отсутствии репрессий ($k = 0$) и, в чуть меньшей степени, при «пропорциональности» репрессий протесту ($k = 0,1, 0,2$) среднее число протестующих имеет распределение, очень близкое к нормальному, со средним

в диапазоне от 10 до 12. На отрезке $k \approx [0.2, 0.4]$, соответствующем резкому росту «асимметричности» репрессивного ответа, происходит очень заметное расслоение распределения (рис. 3).

Таблица 1. Результаты численного эксперимента

k	$P(\text{сред-нее})$	$P(\text{max})$	$S(\text{сред-нее})$	$S(\text{max})$
0	10,91	10,96	0,01	0,01
0,1	10,50	10,56	0,02	0,02
0,2	11,75	11,93	0,09	0,10
0,3	15,57	16,15	0,41	0,44
0,4	18,99	20,01	0,69	0,73
0,5	20,02	21,16	0,78	0,82
0,6	19,09	20,73	0,77	0,84
0,7	19,01	20,82	0,75	0,85
0,8	18,06	20,16	0,72	0,88
0,9	19,90	21,73	0,77	0,93
1	18,49	20,44	0,75	0,95

Фактически, при постепенном увеличении параметра k имеет место следующая ситуация (см рис. 3, на котором по оси ординат отложено количество реализаций эксперимента, имеющих данный исход). Для сравнительно малых k реализуется сценарий умеренного протеста. При увеличении k становятся возможными три сценария: подавленный протест, умеренный протест и интенсивный протест. При этом масса компоненты, соответствующей умеренному протесту, зримо снижается даже при переходе от $k = 0.3$ к $k = 0.4$. При более высоких k эта компонента исчезает полностью, и распределение становится строго двугорбым: подавленный протест и интенсивный протест.

Этот результат свидетельствует о следующем.

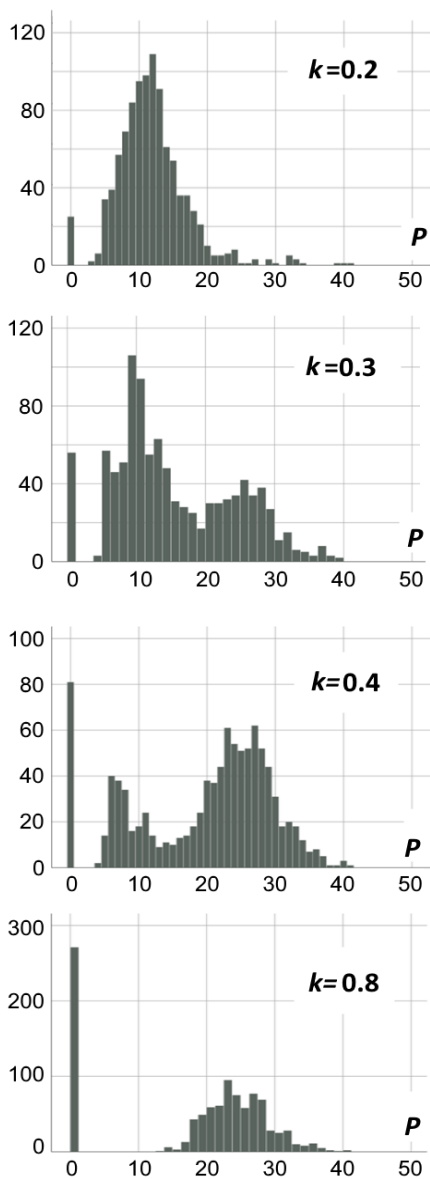


Рис. 3 Распределение численности протестующих.

Если власть применяет репрессии осторожным образом (малые k), то их последствия являются более-менее точно прогнозируемыми. Неопределенность относительно распределения установки, которая и является источником случайной вариации в эксперименте, не является препятствием прогнозированию, так как приводит к сравнительно небольшой неопределенности относительно результата протеста.

Если же власть «нервно» реагирует на протест (высокие значения k), то результат становится непредсказуемым. Именно, протест будет либо подавлен, либо станет очень сильным. Эти два содержательно противоположных сценария возникают в довольно близких ситуациях, имеющих лишь небольшие различия в распределении установки. При этом измерить распределение установки с высокой точностью в реальной жизни вряд ли возможно.

Исследование поддержано РФФИ, проект 18-011-01134 «Динамика развития политической нестабильности: построение теоретической модели и ее эмпирическое тестирование».

Литература

1. AYANIAN A., TAUSCH N. *How risk perception shapes collective action intentions in repressive contexts: A study of Egyptian activists during the 2013 post-coup uprising* // British Journal of Social Psychology. Vol. 55(4). 2016. P. 700 – 721.
2. BUENO DE MESQUITA B., DOWNS G., SMITH A., CHERIF F. *Thinking inside the box: a closer look at democracy and human rights* // International Studies Quarterly. Vol. 49(3). 2005. P. 439 – 457
3. CAREY S. *The dynamic relationship between protest and repression* // Political Research Quarterly. Vol. 59(1). 2006. P. 1 – 11.
4. DAVENPORT C. *State repression and political order* // Annual Review of Political Science. Vol. 10. 2007. P. 1–23
5. EPSTEIN J. *Modeling civil violence: An agent-based computational approach* // PNAS. Vol. 99. 2002. P. 7243 – 7250.

6. HULTQUIST P. *Is collective repression an effective counterinsurgency technique? Unpacking the cyclical relationship between repression and civil conflict* // Conflict Management and Peace Science. Vol. 34(5). 2017. P. 507 – 525.
7. LANG J., DE STERCK H. *The Arab Spring: A simple compartmental model for the dynamics of a revolution* // Mathematical Social Sciences. **Vol. 69**. 2014. P. 12 – 21.
8. PETROV A., PRONCHEVA O. *Modeling Propaganda Battle: Decision-Making, Homophily, and Echo Chambers* // Artificial Intelligence and Natural Language. Communications in Computer and Information Science, vol 930. 2018. P. 197-209.
9. REGAN P, HENDERSON E. *Democracy, threats and political repression in developing countries: Are democracies internally less violent?* // Third World Quarterly. Vol. 23(1). 2002. P. 119 – 136.
10. SIEGEL D. *When does repression work? Collective action and social networks* // Journal of Politics. Vol. 73(4). 2011. P. 993 – 1010.

ОБ ОДНОМ ПОДХОДЕ К ВЫЯВЛЕНИЮ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПРЕДПОЧТЕНИЙ ПОЛИТИЧЕСКИ ВОВЛЕЧЕННЫХ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ ОНЛАЙНОВОЙ СОЦИАЛЬНОЙ СЕТИ

Бойко Л. М., Губанов Д. А.

(Институт проблем управления РАН, Москва)

boiko.lilia@gmail.com, dmitry.a.g@gmail.com

Рассматривается и решается задача идентификации информационных предпочтений информационных источников пользователей онлайн-социальной сети на примере ВКонтакте.

Ключевые слова: анализ социальных сетей, определение категорий информационных предпочтений пользователей, ДЛС-модель.

1. Введение

В данной работе проведен анализ информационных предпочтений пользователей, проявляющих свои идейно-политические интересы. Эта задача представляется довольно важной, поскольку информационные предпочтения пользователя во многом отражают его убеждения, а следовательно, и его поведение, позволяя тем самым в дальнейшем планировать и осуществлять управляющие информационные воздействия [2].

Задача идентификации информационных предпочтений может быть решена различными способами, в частности, при помощи анализа публикуемого пользователями контента в сети. Как показывают наши исследования [3], довольно небольшой процент пользователей, активно публикует политически релевантный контент, поэтому в данной работе предлагается иной способ

– идентификация предпочтений на основе подписок на информационные источники в социальной сети.

2. Подход к идентификации информационных предпочтений политически вовлеченных пользователей онлайн-социальной сети

Введем несколько необходимых для работы определений.

Во-первых, *политически вовлеченными* считаются пользователи онлайн-социальной сети, которые подписаны хотя бы на один из выделенных экспертом учетных записей (*маркерных аккаунтов*), принадлежащих тем или иным политикам. Политические взгляды этих политиков таковы, что могут быть отнесены однозначно к одному из трех классов модели Державник-Либерал-Социалист [1]. В рамках такой модели считается, что граждане РФ, проявляющие свои идейно-политические предпочтения в онлайн-социальных сетях, придерживаются этих позиций в той или иной степени.

Во-вторых, *информационными источниками* пользователей считаются публичные страницы или страницы блогеров, на которых они подписаны.

Наконец, *информационными предпочтениями* пользователей считаются интерпретируемые экспертом кластеры (классы) информационных источников.

Поставим теперь задачу идентификации информационных предпочтений политически вовлеченных пользователей онлайн-социальной сети.

Пусть задан набор источников информации $x_1, \dots, x_n$ и некоторая неотрицательная и симметричная мера сходства s_{ij} между источниками информации. Тогда содержательно задача идентификации информационных предпочтений состоит в следующем: разбить источники информации на несколько групп таким образом, чтобы источники из одной группы были похожими, а из разных групп – непохожими друг на друга. Если нет дополнительной информации помимо сходства источников, то хорошим способом представления данных является неориентированный граф

сходства $G = (V, E)$ со множеством вершин $V = \{v_1, \dots, v_n\}$. Вершинами этого графа являются информационные источники: каждой вершине v_i соответствует информационный источник x_i . Ребра графа соединяют такие вершины, для которых сходство s_{ij} между источниками x_i и x_j положительно или превышает определенный порог (при этом вес ребра w_{ij} равен s_{ij}).

Тогда можно переформулировать задачу идентификации предпочтений: найти такое разбиение графа сходства, для которого вес ребер между вершинами разных групп был небольшим, а вес ребер между вершинами одной группы – большим. Кроме того, желательно, чтобы размеры групп были разумно большими. Тогда формально эту задачу можно записать в виде минимизации следующей функции [7]:

$$NCut(A_1, \dots, A_k) = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^k \frac{W(A_i, A_i \setminus A)}{vol(A_i)}$$

где $A_1, \dots, A_k$ искомое разбиение вершин для заданного числа кластеров k , $vol(A_i) = \sum_{j \in A_i} d_j$ (d_j – степень j -ой вершины),

$$W(A, B) = \sum_{i \in A, j \in B} w_{ij}, A, B \subset V.$$

К сожалению, такая задача минимизации является NP-трудной, поэтому для ее решения часто используется аппроксимирующий алгоритм спектральной кластеризации [5, 6].

Для решения задачи кластеризации необходимо предпринять дополнительный ряд шагов. Во-первых, необходимо выбрать меру сходства, которых насчитывается не один десяток [4]. Во-вторых, необходимо доопределить способ конструирования графа сходства [5], выбрав между графом ϵ -окрестности (две вершины соединяются, если сходство между ними больше заданного ϵ), графом k ближайших соседей (вершина соединяется с k ближайшими соседями) или полным графом (в таком графе функция близости сама должна моделировать отношение локального соседства).

3. Выборка данных

Экспертно были выделены 26 маркерных аккаунтов в онлайн-новой социальной сети ВКонтакте (9 державников, 9 либералов и 8 социалистов). Далее были выделены политически вовлеченные пользователи (233 тысячи), подписанные хотя бы на один из этих маркерных аккаунтов. Информационные источники таких пользователей (общим числом 2.6 млн.) и определяют в конечном итоге их информационные предпочтения.

4. Идентификация информационных предпочтений

Для выбора меры сходства и типа графа сходства далее используется следующее соображение. Мера сходства и тип графа сходства должны приводить к таким кластерам маркерных аккаунтов, которые максимально совпадали бы с эталонным разбиением – классами, заданными экспертом (державники, либералы и социалисты).

Проведем оценку качества кластеризации маркерных аккаунтов при различных комбинациях параметров (см. табл. 1).

Таблица 1. Комбинации параметров

Тип графа	Мера сходства	Число соседей k	ε -окрестность
полный граф	функция гауссова не-сходства $s_{ij} = \exp(- x_i - x_j ^2/(2\sigma^2))$	—	—
граф ε -окрестности	Dice, Jaccard, Kulsinski, Rogers-Tanimoto, Russell-Rao, Sokal-Michener, Sokal-Sneath, Yule [5]	—	0.1, 0.2, ..., 1.0
граф k ближайших соседей		1, 2, ..., 20	—
граф k ближайших взаимных соседей		1, 2, ..., 20	—

Наилучшие результаты получаются для графа k ближайших взаимных соседей ($k = 14$) и меры сходства Yule. Значение качества кластеризации (используется нормированная взаимная информация, NMI) при этом равно 0.73 (чем больше, тем лучше; максимум, равный единице, достигается, если эталонное разбиение полностью совпадает с полученной кластеризацией). Оказалось, что либеральные информационные источники выявляются четко, а между социалистами и державниками возникает частичное смешение.

Важно отметить, что популярный метод кластеризации k -means, примененный к маркерным аккаунтам, дает значение NMI близкое к 0.12.

Примечание. Мера сходства Yule [5] равна отношению $(ad - bc)/(ad + bc)$, где a – число совпадающих компонент двух векторов с значением 1, и d – число совпадающих компонент с значением 0, числа b и c определяют несовпадающие компоненты (комбинации (1, 0) и (0, 1) соответственно).

Имея «оптимальные» значения параметров, можно перейти к задаче кластеризации наиболее значимых информационных источников (расширенного перечня, включающего маркерные аккаунты) политически вовлеченных пользователей. Наиболее значимыми информационными источниками считаются те, которые имеют не менее 3000 подписчиков из числа политически вовлеченных пользователей.

Для оценки оптимального количества кластеров среди ряда вариантов ($k \in \{20, 40, 60, 80, 100\}$) использована мера силуэт (silhouette), оптимальным оказалось число кластеров $k = 40$ и 60 . Содержательный анализ кластеров показал, что для $k = 60$ наблюдается более высокая однородность внутри кластеров.

Далее все кластеры были просмотрены и содержательно проинтерпретированы. Выявлены однородные кластеры, связанные с бизнесом, здоровьем, искусством, развлечениями, политикой, СМИ, религией, домоводством, строительством и ремонтом, психологией и эзотерикой, спортом, автомобилями, интересными фактами и т. д. Процент ошибочно причисленных кластерам источников составил 12%.

Таблица 2. Примеры информационных предпочтений.

	Предпочтение	Примеры источников	Число источников
1	Славянский и русский мир	"Славянское Движение", "СЛАВЯНСКИЙ ПУТЬ РУСЬ • ТРАДИЦИИ • ИСТОРИЯ", "Вечная Слава"	38 (1.6%)
2	Ситуация на Украине	"РУССКАЯ ВЕСНА (rusvesna.su)", "Партизаны Новороссии/ДНР/ЛНР", "Сопротивление Новороссии"	41 (1.8%)
3	Религия (православие)	"Мудрые советы святых православных старцев", "Цитаты Отцов Церкви", "Верю, надеюсь, люблю †"	71 (3.0%)
4	Психология и эзотерика	"Путь Души - Саморазвитие / Психология", "Психология отношений", "Астрология Эзотерика"	175 (7.5%)
5	Домоводство, кулинария, красота	"Рецепты - Просто Повар", "Райская кухня", "Малогабаритка Идеи для маленьких квартир"	220 (9.4%)

Работа выполнена при частичной поддержке РФФИ (проект 18-29-22042мк).

Литература

1. БЫЗОВ Л. Г. Динамика идейно-политических предпочтений за 25 лет. Три этапа трансформации общественного сознания // Россия XXI. 2019. №1. С. 6–29.

2. ГУБАНОВ Д.А., НОВИКОВ Д.А., ЧХАРТИШВИЛИ А.Г. *Социальные сети: модели информационного влияния, управления и противоборства*. 3-е изд., перераб. и дополн. М.: МЦНМО, 2018. – 224 с.
3. ГУБАНОВ Д.А., ЧХАРТИШВИЛИ А.Г. *Влиятельность пользователей и метапользователей социальной сети // Проблемы управления*. 2016. № 6. С. 12-17.
4. CHOI S. S., CHA S. H., TAPPERT C. C. *A survey of binary similarity and distance measures // Journal of Systemics, Cybernetics and Informatics*. 2010. Т. 8. №. 1. С. 43-48.
5. FOUSS F., SAERENS M., SHIMBO M. *Algorithms and models for network data and link analysis*. Cambridge University Press, 2016.
6. NG A. Y., JORDAN M. I., WEISS Y. *On spectral clustering: Analysis and an algorithm // Advances in neural information processing systems*. – 2002. – С. 849-856.
7. SHI J., MALIK J. *Normalized cuts and image segmentation // Departmental Papers (CIS)*. – 2000. – С. 107.

О МОДЕЛИРОВАНИИ ДИНАМИКИ И ОЦЕНКЕ ПОЛЯРИЗАЦИИ МНЕНИЙ В СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЯХ

Губанов Д. А., Петров И. В., Чхартишвили А. Г.

(Институт проблем управления РАН, Москва)

dmitry.a.g@gmail.com, zyxzy@protonmail.ch, sandro_ch@mail.ru

Рассмотрена модель динамики мнений в социальных сетях, которая позволяет моделировать и оценивать наиболее значимые социально-психологические феномены динамики мнений (консенсус мнений, сохранение различий во мнениях и поляризацию мнений). Предложены подходы к измерению поляризации мнений и представлены результаты численного моделирования.

Ключевые слова: социальная сеть, формирование мнений, распространение активности, поляризация мнений, индекс поляризации мнений.

1. Введение

Информационное взаимодействие между участниками социальных сетей в ряде случаев приводит к постепенному уменьшению различий в их мнениях, к достижению консенсуса. Этот феномен из области социальной психологии известен давно и на настоящий момент существует большое количество математических моделей динамики мнений (см. напр. [1, 2, 4]), которые его моделируют. Однако помимо консенсуса также известны приобретающие все большую значимость такие социально-психологические эффекты как, например, кластеризация мнений и поляризация мнений [12]. Актуальной задачей является разработка новых математических моделей, учитывающих эти феномены [3, 5-7].

В данном докладе рассматривается феномен поляризации мнений. Поляризация мнений понимается как усиление

разногласий в социальной сети, как расхождение мнений по разным полюсам участников обсуждения некоторого вопроса в социальной сети.

В разделе 1 кратко рассмотрена введенная ранее модель динамики мнений в социальной сети [14], которая при определенных условиях приводит к сохранению различий в мнениях агентов и поляризации мнений агентов. В разделе 2 предложены подходы к измерению поляризации мнений, а также приведены результаты численного моделирования.

2. Модель динамики мнений

Под социальной сетью понимается структура, состоящая из множества агентов (субъектов – индивидуальных или коллективных, например, индивидов, семей, групп) и определенного на нем множества связей (например, знакомства, дружбы, коммуникаций). Формально социальная сеть представляет собой граф $G = (N, E)$, в котором $N = \{1, 2, \dots, n\}$ – множество вершин (агентов), а E – множество ребер (отношений).

Рассмотрим в такой социальной сети динамику двух информационных процессов. Первый процесс – процесс распространения активности агентов и совершения ими действий (например, в виде публикации сообщений), а второй процесс (связанный с первым) – процесс формирования мнений агентов и выражения мнений в действиях.

2.1. ПРОЦЕСС РАСПРОСТРАНЕНИЯ АКТИВНОСТИ АГЕНТОВ СЕТИ

Будем считать, что каждый из агентов обладает некоторым присущим ему уровнем готовности к действию. Например, i -ый агент обладает уровнем готовности к действию $p_i^{(0)} \in [0, 1]$, в соответствии с которым совершает действие $y_i^{(0)} \in \{0, 1\}$, при этом вероятность совершения действия $P(y_i^{(0)} = 1) = p_i^{(0)}$. Однако в последующие моменты времени $t = 1, 2, \dots$ уровень готовности

агента к действию зависит также от действий, совершенных его окружением в сети:

$$(1) \quad p_i^{(t)} = \alpha p_i^{(0)} + (1 - \alpha) \sum_{j \in N} a_{ij} y_j^{(t-1)},$$

где коэффициент $\alpha \leq 1$ может интерпретироваться как индивидуальная особенность – некоторые склонны писать чаще, некоторые реже, вне зависимости от поведения окружения, A – стохастическая матрица влияния. Соответственно, агент выполнит действие с вероятностью

$$(2) \quad P(y_i^{(t)} = 1) = p_i^{(t)}.$$

2.2. ПРОЦЕСС ФОРМИРОВАНИЯ МНЕНИЙ АГЕНТОВ СЕТИ

Агенты в сети имеют определенные мнения. Будем считать, что возможны m классов “крайних” позиций, и мнение i -ого агента в каждый t -ый момент времени представляет собой m -компонентный стохастический вектор $x_i^{(t)}$ ($\sum_{l=1}^m x_{il}^{(t)} = 1$). Агент выражает свое мнение в действиях (сообщениях), причем высказанное им в сообщении мнение $s_i^{(t)}$ является одним из m «крайних» вариантов. Высказывание мнения происходит с вероятностями, совпадающими с компонентами вектора $x_i^{(t)}$:

$$(3) \quad P(s_i^{(t)} = I_{*l} | y_i^{(t)} = 1) = x_{il}^{(t)}.$$

Динамика мнений i -ого агента задается следующим образом:

$$(4) \quad x_i^{(t)} = \beta x_i^{(0)} + (1 - \beta) \left(b_{ii}^{(t-1)} x_i^{(t-1)} + \sum_{j \in N_i} b_{ij}^{(t-1)} s_j^{(t-1)} \right),$$

где коэффициент $\beta \leq 1$ отражает приверженность своему начальному мнению, $B^{(t)}$ – матрица доверия агента сообщениям соседей, N_i – множество соседей i -ого узла в сети, оказывающих на него ненулевое влияние согласно матрице A . Иными словами, мнение агента в каждый момент времени зависит как от его начального мнения, так и мнений его окружения в предыдущий момент времени.

Матрица доверия является переменной и отражает зависимость степени доверия агента сообщениям других агентов от их содержания:

$$(5) \quad b_{ij}^{(t)} = \begin{cases} \phi(d_{ij}^{(t)}), & j \in N_i \wedge y_j^{(t)} = 1 \\ 1, & j = i \\ 0, & \text{иначе} \end{cases},$$

где $d_{ij}^{(t)} = 1 - \sum_{l=1}^m \min(x_{il}^{(t)}, s_{jl}^{(t)})$ – мера несходства мнений агентов i и j , а ϕ – некоторая функция на полуинтервале $[0, +\infty)$.

3. Многомерные индексы поляризации сети

Для измерения уровня поляризации используются меры неравенства и разрабатываются меры поляризации сети (см. напр., [6, 8]). В данном разделе рассмотрим два различных подхода к построению индекса поляризации. Первый подход к построению индекса поляризации был предложен в работе [13] – с точностью до константы он представляет собой среднее расстояние мнений агентов до их среднего значения. Второй подход основан на следующей идее: не ограничивая общности, будем считать, что мнения упорядочены по неубыванию (т. е. $x_1 \leq \dots \leq x_n$), и рассмотрим всевозможные разбиения индивидов на два множества $N_0(k) = \{1, \dots, k\}$ и $N_1(k) = \{k+1, \dots, n\}$. Индексом поляризации будем считать, с точностью до нормирующего множителя, максимальную (по всевозможным k) сумму разностей мнений индивидов, принадлежащих разным частям разбиения.

Рассмотрим многомерный случай индекса поляризации сети, когда мнение x_i каждого агента представляет собой не число на отрезке $[0,1]$, а стохастический вектор из m компонент: $x_i = (x_{i1}, \dots, x_{im})$. Естественным обобщением индекса из [13] является среднее расстояние до точки, представляющей собой покомпонентное среднее значение мнений агентов:

$$(6) \quad \Pi = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d(x_i, \mu) = \frac{1}{2n} \sum_{i=1}^n \sum_{q=1}^m |x_{iq} - \mu_q|,$$

где $\mu = (\mu_1, \dots, \mu_m)$, $\mu_q = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_{iq}$, $q \in M = \{1, \dots, m\}$.

Многомерный индекс поляризации, определяемый выражением (6), будем называть симметричным индексом поляризации.

Теперь рассмотрим второй подход. Он основан на делении множества агентов на два множества – тяготеющих к полюсу 0 и тяготеющих к полюсу 1. В многомерном случае эти два полюса можно выделять различными способами, каждый из которых соответствует разбиению множества $M = \{1, \dots, m\}$ на два непустых подмножества. Зафиксировав разбиение $M = M_0 \cup M_1$, $M_0 \cap M_1 = \emptyset$, поставим i -му агенту с вектором мнений $x_i = (x_{i1}, \dots, x_{im})$ его *агрегированное мнение*, характеризующее расположение агента между двумя полюсами M_0 и M_1 – число $y_i = \sum_{j \in M_1} x_{ij}$. Заметим, что при этом $1 - y_i = \sum_{j \in M_0} x_{ij}$, т. е. ситуация

свелась к одномерному случаю с двумя полюсами мнений. Индексом поляризации является следующее выражение, зависящее от разбиения $M = M_0 \cup M_1$:

$$(7) \quad \pi(M_0, M_1) = \left(\frac{4}{n^2}\right) \max_{k \in N\{n\}} \sum_{i \in N_1(k), j \in N_0(k)} (y_i - y_j),$$

где, не ограничивая общности, будем считать, что агрегированные мнения упорядочены по неубыванию (т. е. $y_1 \leq \dots \leq y_n$), а максимум ищется, как и в (2), по всевозможным разбиениям агентов на два множества $N_0(k) = \{1, \dots, k\}$ и $N_1(k) = \{k + 1, \dots, n\}$.

Многомерный индекс поляризации, определяемый выражением (7), будем называть *асимметричным* индексом поляризации. В качестве иллюстрации рассмотрим одномерный случай (рис. 1). Легко видеть, что минимальное значение, равное нулю, индекс (7) принимает в случае, когда все мнения совпадают (см. графики с маркерами в виде квадратов). Нетрудно также показать, что максимальное значение индекса (7) равно 1 и достигается в случае, когда ровно половина мнений равна 0, а вторая половина равна 1 (см. графики с маркерами в виде треугольников). Промежуточное значение индекса можно получить, например, в

случае равномерного распределения мнений в отрезке от 0 до 1 (см. графики с маркерами в виде кружков).

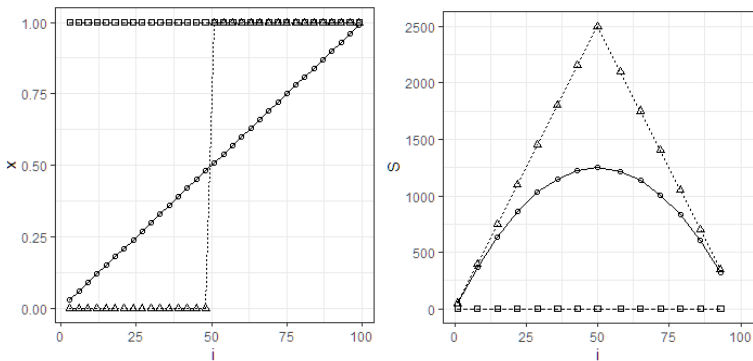


Рис. 1. Значения векторов x_i (слева) и значение суммы, максимизируемой в выражении (7) (справа)

Другой пример изображен на рис. 2.

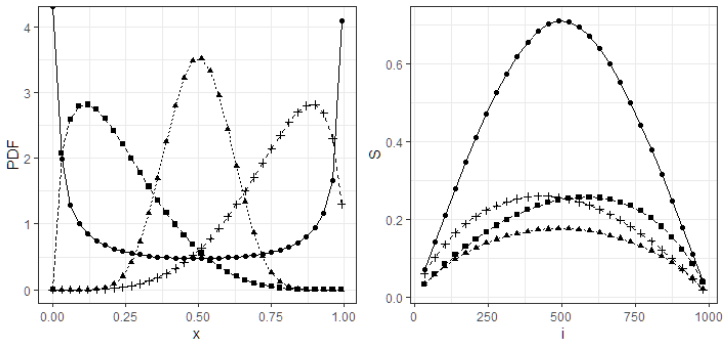


Рис. 2. Распределение векторов x_i (слева) и значение суммы, максимизируемой в выражении (7) (справа)

Пусть распределение мнений задается плотностью вероятности имеющий вид бета-распределения: на рис. 2 слева изображены четыре случая (их графики имеют маркеры в виде крестика,

треугольника, квадрата и кружка соответственно), а справа – значение величины поляризации в зависимости от индекса k .

В данном примере минимальное значение индекса поляризации получается в случае симметричного однопикового распределения, максимальное – в случае равной концентрации агентов в максимально удаленных точках.

Воспользовавшись результатами работы [14], продемонстрируем некоторые качественные особенности предложенных индексов поляризации. В [14] показано, что если функция доверия ϕ имеет вид $\max\{0, 1 - \frac{d}{\gamma}\}$, а ее параметр γ принимает различные значения для каждого из m типов сообщений (т. е. γ , также как и x , является m -мерным вектором), то, варьируя соотношение между компонентами γ , можно получить любое заранее заданное распределение типов агентов в некоторый момент T . На рис. 3 и 4 показаны два случая итогового распределения векторов мнений агентов для различных γ .

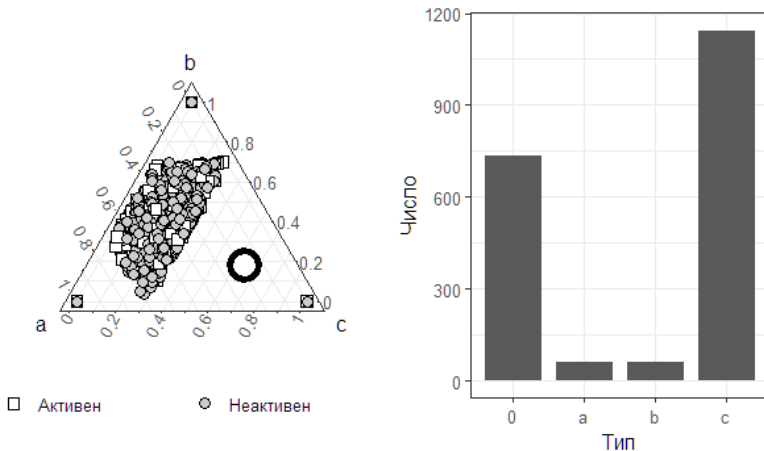


Рис. 3. Распределение мнений агентов при $m = 3$ и $\gamma_1 = (0.3, 0.3, 0.7)$; значение индексов: 0.42 и (0.42, 0.45, 0.82)

В случае $\gamma_1 = (0.3, 0.3, 0.7)$ (см. рис. 3) симметричный индекс поляризации равен 0.42, в то время как асимметричный

принимает значение 0.42, 0.45 и 0.82 в зависимости от разбиения множества компонент мнений на два непустых подмножества.

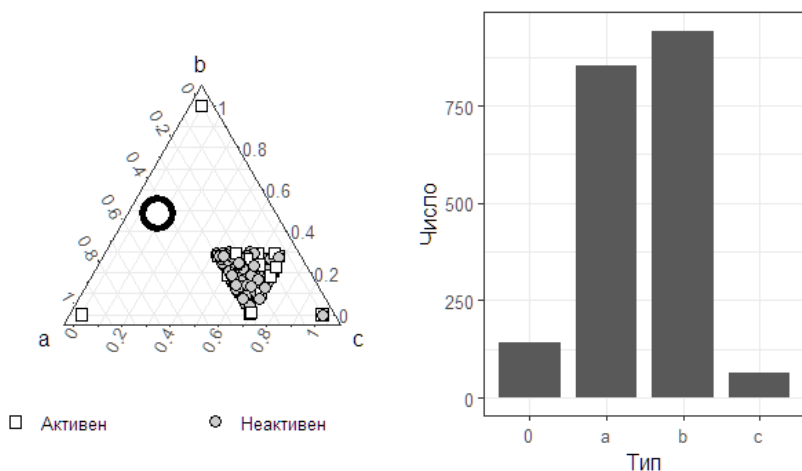


Рис. 4. Распределение мнений агентов при $t = 3$ и $\gamma_1 = (0.7, 0.7, 0.3)$; значение индексов: 0.54 и (0.91, 0.97, 0.29)

В случае $\gamma_1 = (0.7, 0.7, 0.3)$ (см. рис. 4) симметричный индекс поляризации равен 0.54, в то время как асимметричный принимает значение 0.91, 0.97 и 0.29 в зависимости от разбиения множества компонент мнений на два непустых подмножества.

Видно, что для этих двух существенно различных случаев итоговых распределений мнений (рис. 3 и рис. 4) симметричный индекс поляризации принимает примерно одинаковые значения, в то время как предложенный в данной работе асимметричный индекс отражает различие ситуаций и позволяет находить направления поляризации.

Работа выполнена при частичной поддержке РФФИ (проект 18-29-22042мк).

Литература

1. Chkhartishvili A. G., Gubanov D. A., Novikov D. A. *Social Networks: Models of information influence, control and confrontation*. Cham, Switzerland: Springer International Publishing, 2019.
2. De Groot M. H., *Reaching a Consensus* / Journal of American Statistical Association, № 69, pp. 118-121, 1974.
3. Deffuant G., Neau D., Amblard F., Weisbuch G. *Mixing beliefs among interacting agents* / Advances in Complex Systems. 2000. Vol. 03. P. 87–98.
4. Kozitsin I. V., Belolipetskii A. A. *Opinion convergence in the Krasnoshchekov model* / The Journal of Mathematical Sociology, vol. 43, no. 2, pp. 104-121, 2019.
5. Parsegov S. E., Proskurnikov A. V., Tempo R., Friedkin N. E. *Novel multidimensional models of opinion dynamics in social networks* / IEEE Trans. Autom. Control, vol. 62, no. 5, pp. 2270–2285, 2017.
6. Friedkin N. E., Proskurnikov A. V., Tempo R., Parsegov S. E. *Network science on belief system dynamics under logic constraints* / Science, vol. 354, no. 6310, pp. 321–326, 2016.
7. Altafini C. *Consensus problems on networks with antagonistic interactions* / IEEE Trans. Autom. Control, vol. 58, no. 4, pp. 935–946, 2013.
8. Esteban J.-M., Ray D. *On the measurement of polarization* / Econom. J. Econom. Soc., pp. 819–851, 1994.
9. Petrov A., Proncheva O. *Modeling Propaganda Battle: Decision-Making, Homophily, and Echo Chambers* / presented at the Conference on Artificial Intelligence and Natural Language, 2018, pp. 197–209.
10. Chkhartishvili A. G., Gubanov D. A. *A conceptual approach to online social networks analysis* / Automation and Remote Control, vol. 76, no. 8, pp. 1455–1462, 2015.
11. Chkhartishvili A. G., Gubanov D. A. *Influence Levels of Users and Meta-Users of a Social Network* / Automation and Remote Control, vol. 79, no. 3, pp. 545–553, 2018.
12. Myers D. G. *Social Psychology*. McGraw-Hill, 1999.

13. Алескеров Ф. Т., Голубенко М. А. Об оценке симметричности политических взглядов и поляризованности общества. Препринт WP7/2003/04 – М.: ГУ ВШЭ, 2003. – 24 с.
14. Губанов Д. А., Петров И. В. О модели поляризации мнений в социальных сетях / Материалы 12-й Международной конференции «Управление развитием крупномасштабных систем» (MLSD'2019, Москва). М.: ИПУ РАН, 2019. С. 1200-1202.

ОБ ОДНОЙ МОДЕЛИ ИДЕЙНО-ПОЛИТИЧЕСКИХ ПРЕДПОЧТЕНИЙ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ ОНЛАЙНОВОЙ СОЦИАЛЬНОЙ СЕТИ

Козицин И.В., Чхартишвили А.Г.

(Институт проблем управления РАН, Москва)

dmitry.a.g@gmail.com, kozitsin.ivan@mail.ru, sandro_ch@mail.ru

В работе предлагается модель, рассматривающая идейно-политические предпочтения граждан РФ в базисе Державник-Либерал-Социалист (ДЛС-модель). В рамках этой модели, на основании информации из профиля пользователя социальной сети ВКонтакте, генерируется вектор из трех чисел, выражающих приверженность пользователя каждой из компонент базиса. Применяя такой подход, политические деятели могут принимать решение о выборе такой стратегии поведения, которая позволит получить наибольшее число сторонников среди интересующей ее выборки пользователей ВКонтакте.

Ключевые слова: ДЛС-модель, определение идейно-политических предпочтений пользователей онлайн-социальных сетей, анализ социальных сетей.

1. Введение

Задача определения политических предпочтений пользователей онлайн-социальных сетей имеет огромную важность в теориях информационного управления и информационной войны [7, 9, 11, 12, 2]. Знание того, какую позицию занимает тот или иной пользователь, какие идейно-политические ценности имеют для него большое значение, а какие несущественны, позволяет политикам, анализирующим подобную информацию, корректировать свои действия в зависимости от конкретных целей.

К настоящему моменту предложено множество методов для решения данной задачи [4, 8, 10, 13, 3]. В рамках данной работы мы предлагаем подход, позволяющий не только оценивать политические предпочтения пользователей онлайн-социальной сети ВКонтакте, но и использовать полученную оценку для выбора политическим деятелем той стратегии поведения, которая позволит получить наибольшую поддержку в рамках рассматриваемого множества пользователей сети ВКонтакте. Ключевую роль здесь играет базис, в котором рассматриваются идейно-политические взгляды пользователей.

Отметим, что в данной работе мы не рассматриваем вопрос предпочтений пользователей в аспекте выбора между различными политическими деятелями. Предмет нашего рассмотрения – идейно-политические предпочтения индивидов [1].

2. Пространство идейно-политических предпочтений

Ключевым постулатом ДЛС-модели является утверждение, что идейно-политические взгляды каждого российского гражданина (не обязательно пользователя сети ВКонтакте) могут быть разложены в следующий спектр: Державник-Либерал-Социалист [1].

Первая компонента этого спектра описывает, насколько индивид привержен идее о едином, сильном и независимом государстве. Вторая компонента выражает желание индивида об уважении со стороны государства его (индивида) личных прав и свобод (в первую очередь политических и экономических). Компонента “Социалист” отвечает за стремление индивида к социально-экономической справедливости.

В результате идейно-политические предпочтения индивида i представляется стохастическим вектором $\mathbf{p}_i = (p_i^1 \ p_i^2 \ p_i^3)^T$ (далее – ДЛС-вектор). Его компоненты p_i^1 , p_i^2 и p_i^3 неотрицательны и в сумме дают единицу:

$$p_i^1 + p_i^2 + p_i^3 = 1.$$

Отметим, что мы исключаем из рассмотрения пользователей, которые не проявляют свои политические предпочтения.

3. ДЛС-модель

Для определения политических взглядов пользователей сети ВКонтакте используется методология машинного обучения с учителем. Применяется подход, в целом идентичный тому, что был применен в работе [3], однако дизайн построения и интерпретация обучающей выборки имеют ряд важных отличий.

3.1. ОБУЧАЮЩАЯ ВЫБОРКА

Ключевую роль в формировании обучающей выборки играют *маркерные аккаунты* – аккаунты, идейно-политическое наполнение которых относится однозначно ровно к одному из трех направлений. Для определенности предполагается, что эти аккаунты характеризуются единичными базисными ДЛС-векторами $\mathbf{e}^1 = (1 \ 0 \ 0)^T$, $\mathbf{e}^2 = (0 \ 1 \ 0)^T$ и $\mathbf{e}^3 = (0 \ 0 \ 1)^T$. Маркерные аккаунты выбираются экспертным образом.

В таблице 1 приведен список некоторых маркерных аккаунтов, который используется для конструирования обучающей выборки.

Таблица 1. Примеры маркерных аккаунтов

Аккаунт	Принадлежность	URL аккаунта
Александр Дугин	Державник	https://vk.com/agdugin
Никита Михалков	Державник	https://vk.com/nm
Борис Вишневский	Либерал	https://vk.com/id2480895 , https://vk.com/borisvishnevskiy
Григорий Явлинский	Либерал	https://vk.com/id146037120 , https://vk.com/public30071970 , https://vk.com/yavlinsky_yabloko

Сергей Шаргунов	Социалист	https://vk.com/id5355252 , https://vk.com/shargunoff
Максим Шевченко	Социалист	https://vk.com/public28029604

Далее фиксируются друзья (в случае, если маркерный аккаунт относится к типу “пользователь”) и подписчики маркерных аккаунтов. Пользователи, связанные одновременно с несколькими маркерными аккаунтами, характеризуются *различными* базисными ДЛС-векторами, в дальнейшем не рассматриваются. Информация по кросс-идеологическим пересечениям в обучающей выборке приведена на рис. 1 (слева).

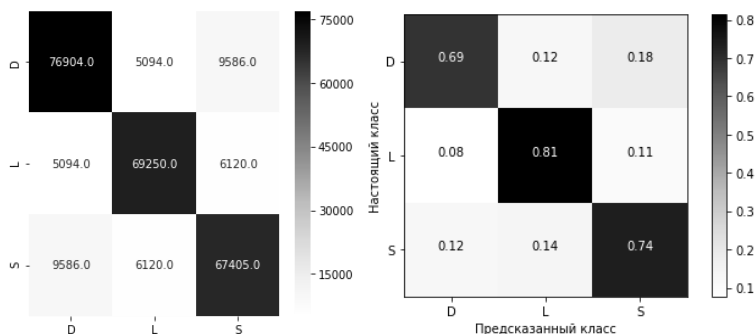


Рис. 1. (Слева). Тепловая карта кросс-идеологических пересечений. (Справа) Матрица ошибок при тестировании. Верность составляет 0.75.

Подписчики и друзья маркерных аккаунтов также считаются приверженцами соответствующей идеологии (чтобы соответствовать терминологии машинного обучения, далее, говоря о пользователях, не являющихся владельцами маркерных аккаунтов, будем использовать термин “класс”), однако данные пользователи могут придерживаться “смешанных” предпочтений. С точки зрения ДЛС-модели это означает следующее. Пусть пользователь i характеризуется ДЛС-вектором $\mathbf{p}_i = (p_i^1 \ p_i^2 \ p_i^3)^T$.

Без ограничений общности, если он отнесен к классу “Социалист” (то есть, подписан или является другом маркерного аккаунта с ДЛС-вектором, равным $\mathbf{e}^3$), то выполнены равенства $p_i^3 > p_i^1$ и $p_i^3 > p_i^2$. Отметим, что компоненты вектора $\mathbf{p}_i$ считаются неизвестными на момент формирования обучающей выборки, все что известно про пользователей – это их классы. В результате, обучающая выборка состоит из пользователей трех классов, их численность составляет 94972, 62739 и 82077 соответственно.

3.2. ПРОСТРАНСТВО ПРИЗНАКОВ

В качестве признаков используются подписки пользователей на: (1) публичные страницы, (2) аккаунты групп, (3) аккаунты событий и (4) аккаунты “блогеров” (пользователей, у кого более 1000 подписчиков). Согласно теории селективной экспозиции, указанная информация должна отражать политические взгляды пользователей [5, 6].

Кроме того, учитываются манифестированные пользователем политические взгляды: платформа ВКонтакте предлагает пользователю (при наличии у него соответствующего желания) указать одну из девяти альтернатив: коммунистические, социалистические, умеренные, либеральные, консервативные, монархические, ультраконсервативные, индифферентные, либертарианские.

Пространство признаков формируется с помощью one-hot кодировки, в рамках которой номинальный признак с n возможными значениями кодируется единичным вектором $(0 \dots 1 \dots 0)^T$ размерности n с единицей, соответствующей значению рассматриваемого признака у данного пользователя.

3.3. ДИЗАЙН ЭКСПЕРИМЕНТОВ

Для решения поставленной задачи используется статистическая модель логит-регрессия, которая применяется к проблеме трехклассовой классификации по схеме one-versus-rest. Для понижения размерности применяется TruncatedSVD с методом

решения ARPACK. Метод оверсэмплинга позволяет преодолеть проблему несбалансированности обучающей выборки.

Для проведения экспериментов используется подход, основанный на введении фиктивных аккаунтов, у которых удалены подписки на маркерные аккаунты (подробнее – см. [3]). За счет этого мы искусственно ставим классификатор в более тяжелые условия, проверяя его работу на трудно классифицируемых объектах.

Найденные гиперпараметры совпадают с указанными в [3].

3.4. КАЧЕСТВО КЛАССИФИКАЦИИ

На рис. 1 (справа) представлена матрица ошибок, демонстрирующая успешность классификатора в рамках классификации на тестовой выборке.

3.5. ПОСТРОЕНИЕ ДЛС-ВЕКТОРА

В результате классификации обученный классификатор генерирует вектор, удовлетворяющий тем же условиям, что и ДЛС-вектор. Сгенерированный вектор используется для оценки ДЛС-вектора.

4. Оптимальная идейно-политическая позиция

Дистанцию между идейно-политическими взглядами пользователей (или, иными словами, расстояние между ДЛС-точками в трехмерном евклидовом пространстве, координаты которых неотрицательны и в сумме равны 1) $\mathbf{p}_i = (p_i^1 \ p_i^2 \ p_i^3)$ и

$\mathbf{p}_j = (p_j^1 \ p_j^2 \ p_j^3)$ будем определять следующим образом:

$$d(\mathbf{p}_i, \mathbf{p}_j) = 1 - \sum_{k=1}^3 \min(p_i^k, p_j^k).$$

Сумма в правой части означает суммарное сходство предпочтений по каждому из идейно-политических направлений. Таким образом, функция $d(\cdot, \cdot)$, принимающая значения от 0 до 1 (притом нетрудно доказать, что она является метрикой), характеризует

различие идейно-политических взглядов. Оптимальная позиция политического деятеля – это ДЛС-точка, минимизирующая суммарное расстояние до всех пользователей, т.е. решение следующей оптимизационной задачи:

$$\sum_{i=1}^n d(\mathbf{p}_i, \mathbf{a}) \xrightarrow{\mathbf{a}} \min,$$

где n – количество пользователей.

5. Заключение

В работе представлена ДЛС-модель, рассматривающая идейно-политические предпочтения граждан РФ в базисе Державник-Либерал-Социалист. В рамках этой модели построен подход для определения идейно-политических предпочтений пользователей ВКонтакте. Предложена концепция рекомендательной системы для политика, позволяющая ему выбрать ту идейно-политическую позицию, которая обеспечит наибольшее число сторонников среди рассматриваемой выборки пользователей ВКонтакте.

Работа выполнена при частичной поддержке РФФИ (проект 18-29-22042мк).

Литература

1. БЫЗОВ Л. Г. *Динамика идейно-политических предпочтений за 25 лет. Три этапа трансформации общественного сознания* // Россия XXI. 2019. № 3. С. 6-25.
2. ГУБАНОВ Д. А., НОВИКОВ Д. А., ЧХАРТИШВИЛИ А. Г. *Социальные сети: модели информационного влияния, управления и противоборства*. 2010. – 228 с.
3. КОЗИЦИН И. В. и др. *Предсказательная модель для оценивания политических предпочтений пользователей ВКонтакте* / Социофизика и социоинженерия. 2018. С. 311-312.
4. BARBERA P. *Birds of the same feather tweet together: Bayesian ideal point estimation using Twitter data* // Political Analysis. 2015. Vol. 23. №. 1. P. 76-91.

5. FREY D. *Recent research on selective exposure to information* // Advances in experimental social psychology. Academic Press, 1986. Vol. 19. P. 41-80.
6. GARIMELLA K. et al. *Political discourse on social media: Echo chambers, gatekeepers, and the price of bipartisanship* / Proceedings of the 2018 World Wide Web Conference. International World Wide Web Conferences Steering Committee, 2018. P. 913-922.
7. GAYO-AVELLO D. *A meta-analysis of state-of-the-art electoral prediction from Twitter data* // Social Science Computer Review. 2013. Vol. 31. № 6. P. 649-679.
8. MAKAZHANOV A., RAFIEI D., WAQAR M. *Predicting political preference of Twitter users* // Social Network Analysis and Mining. 2014. Vol. 4. № 1. P. 193.
9. MIKHAILOV A. P., PETROV A. P., PRONCHEVA O. G. *Modeling the effect of political polarization on the outcome of propaganda battle* // Computational mathematics and information technologies. 2017. № 1. P. 65-81.
10. PENNACHIOTTI M., POPESCU A. M. *Democrats, republicans and starbucks aficionados: user classification in twitter* / Proceedings of the 17th ACM SIGKDD international conference on Knowledge discovery and data mining. ACM, 2011. P. 430-438.
11. PETROV A. P., LEBEDEV S. A. *Online Political Flashmob: the Case of 632305222316434* // Computational Mathematics and Information Technologies. 2019. № 1.
12. PETROV A., PRONCHEVA O. *Modeling Propaganda Battle: Decision-Making, Homophily, and Echo Chambers* / Conference on Artificial Intelligence and Natural Language. Springer, Cham, 2018. P. 197-209.
13. PREOTIUC-PIETRO D. et al. *Beyond binary labels: political ideology prediction of twitter users* / Proceedings of the 55th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics (Volume 1: Long Papers). 2017. P. 729-740.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СТРАТЕГИЙ ПОДАВЛЕНИЯ НЕКОМПЕТЕНТНОСТИ В МОДЕЛИ «ВЛАСТЬ – ОБЩЕСТВО»

Михайлов А.П.¹, Петров А.П.¹, Прончева О.Г.²

*(¹Институт прикладной математики
им. М.В. Келдыша РАН, Москва*

*²Московский физико-технический институт (НИУ),
Долгопрудный)*
armikhailov@yandex.ru, petrov.alexander.p@yandex.ru,
olga.proncheva@gmail.com

Рассматривается модель «Власть – Общество» с некомпетентной иерархией. Сравниваются четыре стратегии подавления некомпетентности: именно, преимущественное подавление некомпетентности среди младших инстанций иерархии, среди старших инстанций, среди средних и крайних. Во всех случаях предполагается, что распределение власти является партиципаторным. Показано, что наиболее эффективным является подавление некомпетентности среди старших инстанций.

Ключевые слова: модель «Власть – Общество», некомпетентность, дифференциальные уравнения.

1. Система «Власть – Общество» с совершенной иерархией

Общество в той или иной форме влияет на функционирование властной иерархии. Важной частью процесса является выработка обществом политических позиций, представлений, точек зрения по общественно важным вопросам. В современном мире формирование точек зрения происходит в значительной мере в социальных сетях – таких, как ВКонтакте, Твиттер или Фейсбук,

что обуславливает высокую актуальность такого направления, как моделирование политических взглядов пользователей социальных медиа [1, 2,3]. В частности, в сетях нередко обсуждаются и формируются позиции по вопросу о том, каким объемом власти должны обладать инстанции властной иерархии.

Модель "Власть-общество" (подробнее см. [4-8]) описывает систему, состоящую из властной иерархии и взаимодействующего с ней гражданского общества, которое реагирует на текущее распределение власти между инстанциями. Рассмотрим сначала модель с совершенной иерархией. Другими словами, в ней отсутствуют такие несовершенства, как коррупция, некомпетентность, клановость.

Передача распоряжений между инстанциями и реакция общества формулируют в иерархии текущее распределение власти - искомой функции $p(x, t)$, где x - иерархическая координата ($x=0$ и $x=l$ - координата высшей и низшей инстанции соответственно, $l>0$ - "длина" иерархии), t - время.

Модель с совершенной иерархией в её непрерывном варианте представляет собой интегро-дифференциальное уравнение

$$(1) \quad n(x) \frac{\partial p}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\kappa \left(x, t, p, \frac{\partial p}{\partial x} \right) n(x) \frac{\partial p}{\partial x} \right) + n(x) F(p, t, x) + \\ + \int_0^l \chi(x, x', t, p(x, t), p(x', t)) n(x, x') (p(x', t) - p(x, t)) dx',$$

решением которого при известных входных данных является искомая функция $p(x, t)$. Здесь $n(x)$ - число чиновников на иерархическом уровне с координатой x , $\kappa(x, t, p, \partial p / \partial x)$ - "степень безответственности" властных институтов, характеризующая их склонность перепоручать исполнение приказов своим подчинённым, $F(p, t, x)$ - сила реакции общества на текущий уровень власти, l - "длина" иерархии, интегральный член описывает механизм передачи приказов "через голову".

На концах иерархии ($x=0$, $x=l$) задаются краевые условия

$$(2) \quad \left(\kappa \frac{\partial p}{\partial x} \right)_{x=0} = 0, \quad \left(\kappa \frac{\partial p}{\partial x} \right)_{x=l} = \frac{\kappa(l)p(l)}{l}.$$

Также задаётся начальное распределение власти:

$$(3) \quad p(x, 0) \geq 0, \quad 0 \leq x \leq l.$$

Рассмотрим следующее упрощение модели. Будем считать, что иерархия является цепочечной (на каждом иерархическом уровне находится ровно один чиновник), отсутствует передача команд "через голову" (т.е. интегральный член в уравнении (1) отсутствует), коэффициент "безответственности" зависит только от уровня: $\kappa(x, t, p, \partial p / \partial x) = \kappa(x)$.

Конкретизируя модель, далее ограничимся случаем, когда реакция общества является кубической функцией распределения власти и явно не зависит от времени:

$$F(x, p, t) = k(p(x, t) - \varphi_1(x))(p(x, t) - \varphi_2(x))(p(x, t) - \varphi_3(x)).$$

Таким образом, имеются два устойчивых распределений власти [9], каждое из которых является желательным с точки зрения общества, т.е. (в некотором смысле) оптимальным; они обозначены через $\varphi_1(x)$ и $\varphi_3(x)$. Далее будем называть $\varphi_1(x)$ партиципаторным распределением власти, а $\varphi_3(x)$ – распределением сильной руки. Таким образом, общество имеет альтернативу в лице двух различных демократических взглядов на структуру власти.

2. Учет некомпетентности иерархии

Рассмотрим теперь несовершенную иерархию. К корыстным несовершенствам можно отнести клановость и коррупция (о моделях коррупции и способах её ограничения см. [8, 10-12] и цитируемую там зарубежную и отечественную литературу), к бескорыстным – в частности, некомпетентность, которую мы определяем как *"непреднамеренное и бескорыстное принятие и реализация властными структурами ошибочных решений"*.

Выделяются следующие виды некомпетентности.

1. *Некомпетентность бездействия* (уровень которой обозначим через b_-). Отсутствие в деятельности инстанций актов, которые компетентный институт власти обязательно осуществил бы в соответствии со своими служебными обязанностями.

2. *Некомпетентность сверхдействия* (b_+) - наличие в деятельности инстанций актов, которые компетентный институт власти никогда бы не осуществил.

Логика построения и исследования модели «Власть Общество» с некомпетентной иерархией близка к логике построения модели коррумпированных иерархий [8, 10-12]. Модель имеет вид [15]:

$$(4) \quad \frac{\partial p}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(k_f \frac{\partial p}{\partial x} \right) + F(x, t, p), \quad 0 < x < 1, \quad t > t_0, \text{ где}$$

$$(5) \quad \kappa_f = (1 + b_+ - b_-) \kappa(x)$$

$$(6) \quad F(p, x) = -k_1(x)(p - \varphi_1(x))(p - \varphi_2(x))(p - \varphi_3(x)),$$

$$(7) \quad \left. \frac{\partial p}{\partial x} \right|_{x=0} = \left. \frac{\partial p}{\partial x} \right|_{x=1} = 0.$$

Относительный ущерб от действий иерархии равен величине:

$$(8) \quad D(t) = \frac{\int_0^1 (b_- + b_+) \kappa(x) \frac{\partial p}{\partial x} dx}{\int_0^1 (1 - b_-) \kappa(x) \frac{\partial p}{\partial x} dx}.$$

И, наконец, локальная стоимость ограничений:

$$(9) \quad V = \frac{\int_0^1 p(x, t) \left[(b_- + b_+) \kappa(x) \frac{\partial p}{\partial x} \right]^{-1} dx}{\int_0^1 \left[(1 - b_-) \kappa(x) \frac{\partial p}{\partial x} \right]^{-1} dx \int_0^1 p^{1,2,3}(x) dx}.$$

Описание и вывод формул для последних параметров приведено в [13].

Введём также понятие эффективности стратегии:

$$(9) \quad E = \left| \frac{\Delta D}{\Delta V} \right| = \left| \frac{D_{after} - D_{before}}{V_{after} - V_{before}} \right|$$

где ΔV - стоимость изменения степени некомпетентности, ΔD - уменьшение наносимого коррупцией ущерба, обусловленное проведенными мероприятиями.

3. Описание численных экспериментов

Рассмотрим различные типы стратегий подавления некомпетентности, представленные на Рис. 1.

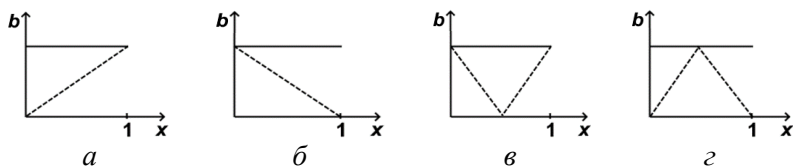


Рис. 1. Стратегии подавления некомпетентности: преимущественное подавление среди старших инстанций (а), младших (б), средних (в), крайних (г). Некомпетентность «до применения мер» обозначена сплошной линией, «после применения» - пунктиром.

В реакции общества функции φ_1 , φ_2 , φ_3 подберем так, образом, чтобы было три положения равновесия: партиципаторное, сильной руки и контрастное. Для этого возьмем $\varphi_1(x) = 2 - x$; $\varphi_2(x) = 4 - x$; $\varphi_3(x) = 7 - 3x$.

Численные эксперименты проводились отдельно для каждого из описанных выше видов некомпетентности. Именно, при рассмотрении некомпетентности сверхдействия предполагалось, что параметры b_+ и b_- равны 1 и 0 соответственно, при исследовании некомпетентности бездействия $b_+ = 0$, $b_- = 0,9$.

Математическое описание стратегий подавления имеет следующий вид:

$$a) \quad b_{\pm after} = b_{\pm before} \cdot x;$$

$$\text{б) } b_{\pm\text{after}} = b_{\pm\text{before}} (1 - x);$$

$$\text{в) } b_{\pm\text{after}} = 2b_{\pm\text{before}} |x - 0.5|;$$

$$\text{г) } b_{\pm\text{after}} = b_{\pm\text{before}} (1 - 2|x - 0.5|).$$

Остальные параметры имеют следующие значения:
 $\kappa(x) = 0,0025$, $k_1(x) = 1$.

4. Результаты численных экспериментов

Рассмотрим случай установления партиципаторного распределения власти. Для этого в качестве начального условия возьмём $p(x, 0) = 1 - x$. Результаты расчетов представлены в табл. 1, 2. В обоих случаях в качестве распределения власти принималось $p_1(x)$

Таблица 1. Некомпетентность b_+ .

Стратегия: подавление	D_{before}	D_{after}	V_{before}	V_{after}	E
младших	1	0.515	0.506	0.736	2.104
старших	1	0.482	0.506	0.661	3.339
средних	1	0.484	0.506	0.688	2.841
крайних	1	0.51	0.506	0.708	2.415

Таблица 2. Некомпетентность b_- .

Стратегия: подавление	D_{before}	D_{after}	V_{before}	V_{after}	E
младших	9	0.867	0.052	0.304	32.292
старших	9	0.787	0.052	0.263	38.924
средних	9	0.797	0.052	0.278	36.331

крайних	9	0.859	0.052	0.291	34.093

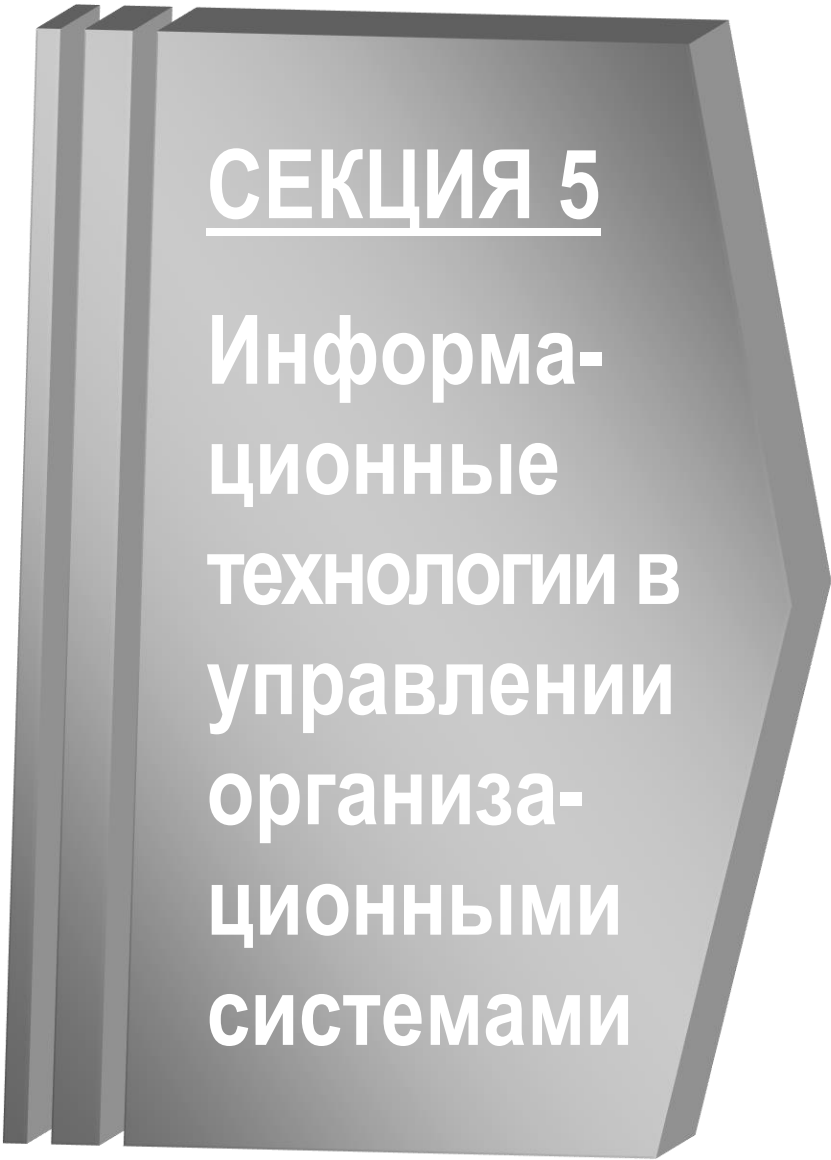
Таким образом, в случае как в случае некомпетентности сверхдействия, так и в случае некомпетентности бездействия, наиболее эффективной оказывается стратегия подавления некомпетентности старших инстанций.

Настоящая работа выполнена при поддержке РФФИ (проект 19-01-00089).

Литература

1. И.В. КОЗИЦИН, А.Г. ЧХАРТИШВИЛИ, А.М. МАРЧЕНКО, Д.О. НОРКИН, С.Д. ОСИПОВ, И.А. УТЕШЕВ, В.Л. ГОЙКО, Р.В. ПАЛКИН, М.Г. МЯГКОВ. *Моделирование политических взглядов российских пользователей социальной сети ВКонтакте* // Математическое моделирование, Т. 31. 2019. №8. С. 3–20.
2. CHKHARTISHVILI, A., KOZITSIN, I. *Binary Separation Index for Echo Chamber Effect Measuring* // 2018 Eleventh International Conference "Management of large-scale system development"(MLSD) 2018. pp. 1-4. IEEE.
3. BOLDYREVA, A., SOBOLEVSKIY, O., ALEXANDROV, M., DANILOVA, V. *Creating collections of descriptors of events and processes based on Internet queries* / Proc. of 14-th Mexican Intern. Conf. on Artif. Intell. (MICAI-2016), Springer Cham, LNAI, 2016. V. 10061 (chapter 26). P. 303-314.
4. MIKHAILOV A.P. *Mathematical Modeling of Power Distribution in State Hierarchical Structures Interacting with Civil Society* / Proceedings of 14th IMACS World Congress, Atlanta, USA, 1994. V.II. P. 831-834.
5. МИХАЙЛОВ А.П., САМАРСКИЙ А.А. *Математическое моделирование (Идеи, Методы, Примеры)*. Физ-матлит Москва, 1997. — 320 с.
6. MIKHAILOV A. P., SAMARSKII A. A. *Principles of Mathematical Modeling, Ideas, Methods, Examples*. Taylor and Francis, 2002. — 350 p.

7. МИХАЙЛОВ А. П. *Математическое моделирование динамики распределения власти в иерархических структурах* // Математическое моделирование. Т.6. 1994. №6. С. 108-138.
8. МИХАЙЛОВ А.П. *Моделирование системы "Власть-Общество"*. М.: Физматлит, 2006. — 144 с.
9. ДМИТРИЕВ М.Г., ЖУКОВА Г.С., ПЕТРОВ А.П. *Асимптотический анализ модели "Власть-Общество" для случая двух устойчивых распределений власти* // Математическое моделирование. Т.16. 2004. № 5. С. 23-34.
10. МИХАЙЛОВ А.П., ЛАНКИН Д.Ф. *Моделирование оптимальных стратегий ограничения коррупции* // Математическое моделирование. Т.18. 2006. № 12. С. 115-124.
11. МИХАЙЛОВ А.П. *Модель коррумпированных властных иерархий* // Математическое моделирование. Т.11. 1999. № 1. С. 3-19.
12. МИХАЙЛОВ А. П., ГОРБАТИКОВ Е. А. *Анализ антикоррупционных стратегий в модифицированной модели "власть-общество"* // Математическое моделирование. Т. 28. 2016. № 5. С. 47–68.
13. МИХАЙЛОВ А.П. *Модель некомпетентной властной иерархии* // Препринты ИПМ. 2017. №117. —11 с.



СЕКЦИЯ 5

Информа-
ционные
технологии в
управлении
организа-
ционными
системами

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ УПРАВЛЕНИЯ ОРГАНАМИ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО СЛЕДСТВИЯ

Валов С.В.

*(НИИ Московской академии Следственного
комитета Российской Федерации, Москва)*

valov-s@rambler.ru

Аннотация: содержательное наполнение понятия сущности управления органами предварительного следствия влияет на теоретические модели информационных технологий в данной сфере социальной практики. Представлены виды моделей информационных технологий. Проанализирован опыт внедрения информационных технологий в управленческую деятельность руководителей органов предварительного следствия. Определены основные факторы, которые должны быть учтены при дальнейшей разработке и внедрении информационных технологий управления органами предварительного следствия.

Ключевые слова: органы предварительного следствия, управление, управленческая деятельность, руководитель, информация, информационные технологии.

1. Введение

Информация является предметом и продуктом управленческой деятельности, одним из средств оказания воздействия на сознание и волю объектов управления в социальных активных системах. Различные подходы к определению сущности управления органами предварительного следствия порождают многообразие теоретических моделей информационных технологий управления данными государственными органами. Единство решаемых органами предварительного следствия задач, правовой формы осуществления предметной деятельности, возможность

формализации и алгоритмизации некоторого класса задач, решаемых руководителями в ходе управленческой деятельности, дают основания для формирования согласованных подходов к разработке решений, ориентированных на практиков.

2. Управление органами предварительного следствия

В теории управления органами предварительного следствия выполняемая ими в повседневных условиях деятельность рассматривается в качестве комплексного образования, основным содержанием которого выступает предварительное следствие как государственная функция. В этом состоит основное отличие данной системы знаний от теории уголовного процесса и криминалистики.

В теории уголовного процесса предварительное следствие – это одна из правовых форм предварительного расследования, производимого в связи с наступлением определённых юридических фактов и в установленном процессуальном порядке уполномоченным должностным лицом государственного органа или группой таких лиц.

В криминалистике предварительное следствие рассматривается как ретроспективная поисково-познавательная деятельность лиц, непосредственно осуществляющих в установленном законом порядке и формах доказывание по уголовному делу, по выявлению материальных и идеальных следов преступлений.

Функция предварительного следствия – это совокупность следственных и иных процессуальных действий и мер процессуального принуждения, разрешённых уголовно-процессуальным законом, определяющим условия, порядок и последовательность их применения, а также организационно-распорядительных, организационно-технических и иных действий, операций и мероприятий, выполнение которых с использованием ресурсов, методов и приёмов в отношении определённого социального объекта (установленной совокупности преступлений) обеспечивает уполномоченными государством субъектами достижение социально-

значимого результата - удовлетворения потребности в создании необходимых условий для реализации права личности на доступ к правосудию, судебной защиты публичных интересов и снятия в каждом случае неопределённости о действительности события преступления, его составе, выяснения формы и степени вины его исполнителя (участников), получения других сведений, способствующих правильному разрешению судом уголовных дел.

На определенном этапе своего развития государство в рамках избранной им модели уголовного судопроизводства создает для выполнения функции предварительного следствия в системе уголовной юстиции специальные органы, должностные лица которых в каждом случае обнаружения признаков преступления обязаны принять предусмотренные уголовно-процессуальным законодательством меры по установлению события преступления, изобличению лица или лиц, виновных в совершении преступления.

Органы предварительного следствия (далее – ОПС) вне зависимости от их ведомственной подчиненности относятся к активным социальным системам, поскольку каждый их основной субъект, непосредственно выполняющий предметную функцию, обладает процессуальной самостоятельностью, закрепленной в уголовно-процессуальном праве (п. 3 ч. 2 ст. 38 УПК РФ).

Необходимость достижения единообразного применения материального и процессуального права, упорядочения целенаправленной деятельности, одновременно выполняемой на всей территории Российской Федерации несколькими десятками тысяч должностных лиц, имеющими право на собственное усмотрение и свободу воли при принятии важных процессуальных решений, требуют формирования инфраструктуры реализации функции предварительного следствия, объединяющей в себе вещные (материальные), процессуальные (деятельностные), духовные (идейные) и людские ресурсы¹.

¹ Штатная численность следственных органов Следственного комитета 23592 единицы; органов предварительного следствия в системе МВД России – 48156 единиц (по состоянию на 16 мая 2017 года).

Возникает объективная необходимость решения задач а) обеспечения единства и стабильности данной инфраструктуры, б) сохранения её качественной определённости при переводе из одного состояния в другое в ответ на изменения условий её функционирования, в) достижения социально значимого результата, в равной степени удовлетворяющего потребности неопределённого круга лиц в доступе к правосудию для восстановления нарушенных прав и свобод человека и гражданина, защиты общественных и государственных интересов.

Решение указанной задачи невозможно без управления, направленного на согласование и упорядочение целенаправленной коллективной деятельности субъектов функции предварительного следствия, для которой характерны пространственно-временное и функциональное разделение, специализация и кооперация в выполнении общественно полезного труда.

Концептуальное ядро теории управления ОПС нельзя признать сформированным, поскольку отсутствует единство мнений относительно сущности основного исследуемого явления. Одни утверждают, что управление – это деятельность наделенных соответствующими полномочиями должностных лиц и их объединений, другие рассматривают в качестве сущности данного явления деятельность и возникающие в связи с ее осуществлением отношения между субъектом и объектами управления. Полагаем, что перевод социальной системы из одного состояния в другое, повышение эффективности ее функционирования и сохранение организационной устойчивости под влиянием внешних возмущений невозможны без воздействия субъекта на объект. Воздействие – это результирующая деятельности, взаимодействия, отношений [1; С. 24].

Управляющие воздействия формируются, оформляются и реализуются в ходе управленческой деятельности – совокупности мыслительных операций и физических действий должностных лиц и их коллективных образований (штатных или внештатных органов), наделенных властными полномочиями по упорядочению действий подчиненных им сотрудников (федеральных

государственных гражданских служащих, работников), подразделений и органов.

3. Модели ИТ управления ОПС

Принципиальные отличия в познании сущности управления (воздействие или управленческая деятельность) оказывают влияние на теоретическое построение модели «информационные технологии управления ОПС». В зависимости от отправной точки имеются две модели: «информационные технологии управленческой деятельности» и «информационные технологии формирования, оформления и реализации управляющих воздействий на сознание и волю объектов управления».

Информация составляет содержание циркулирующих в системе управления по каналам прямой и обратной связи сообщений, оформленных при помощи естественных или искусственных языков. Информация является предметом и продуктом управленческой деятельности, средством оказания воздействия на сознание и волю объектов управления, которым управленческим решением предписывается определенная для данных условий модель функционирования. Данный тезис отражает содержательно-смысловую и функционально-прагматическую трансформацию информации в процессе управления.

Особенность правового режима информации, образующейся в ходе деятельности ОПС, состоит в том, что она отнесена к сведениям конфиденциального характера¹. В ее состав входят персональные данные участников уголовного судопроизводства.

Отличие управленческой информации от иной другой, образующейся и используемой в ОПС, состоит в том, что она направлена на удовлетворение информационных потребностей только субъектов управления. С одной стороны, она предназначена для снятия неопределенности субъектов управления относительно

¹ Ст. 161 УПК РФ; п. 2 Перечня сведений конфиденциального характера: утв. Указом Президента РФ от 06.03.1997 № 188 // СЗ РФ. 1997. № 10, ст. 1127; 2005. № 39, ст. 3925.

состояния, динамики развития, результатов процессуальной и служебной деятельности сотрудников, подразделений, входящих в состав конкретного ОПС, а также окружающей среды их функционирования во всем ее видовом многообразии. С другой стороны, используется для оказания воздействия на сознание и волю объектов управления при доведении до них модели их поведения в определенных условиях.

Учитывая преимущественно правовые формы повседневной деятельности ОПС, следует исходить из нормативного определения информационных технологий (далее – ИТ)¹. В состав модели должны входить процессы, методы поиска, сбора, хранения, обработки, предоставления, распространения управленческой информации вне зависимости от формы ее представления и способы осуществления таких процессов и методов. При этом из модели исключаются аморальные и противоправные процессы, методы и способы.

Анализ доступных научных источников, нормативных правовых актов и технической документации к программному обеспечению показывает, что преимущественно разрабатываются ИТ управленческой деятельности, в ходе которой используются сведения (сообщения, данные), представленные в цифровой форме. ИТ управляющих воздействий получили преимущественное распространение в исследованиях [3, глава 5] закономерностей межличностного общения руководителей и подчиненных (юридическая психология управления).

Исходя из характера решаемых задач в процессе управления следует выделить ИТ:

- формирования управляющего воздействия;
- оформления управляющего воздействия;
- реализации управляющего воздействия.

¹ *Федеральный закон от 27.07.2006 № 149-ФЗ «Об информации, информационных технологиях и о защите информации». П. 2 ст. 2 // СЗ РФ. 2006, № 31. Ч. 1, ст. 3448.*

Функциональный анализ управленческой деятельности позволяет выделить ИТ:

- познавательно-программирующих функций управления (информационной, аналитической, прогнозирования, планирования);
- организационно-регулирующих функций управления (организации, корригирования, контроля, помощи, учета, отчетности и оценки).

Предложенная классификация не является исчерпывающей. При расширении эмпирической базы и выявлении иных существенных отличий в характеристиках изученных ИТ она должна быть расширена и уточнена.

Учитывая взаимосвязь выделенных элементов управленческой деятельности, предлагаемые руководителям органов предварительного следствия программные продукты объединяли в себе ИТ, предназначенные для адресного или комплексного решения задач. Направленность на решение определенных задач обуславливала появление в продукте целевых модулей и баз данных, обрабатываемых соответствующими средствами и методами. При этом прослеживается устойчивая взаимосвязь между базирующимися на полномочиях информационными потребностями руководителей и возможностями, предоставляемыми программными продуктами.

Так, в одном из первых (1996-1999 гг.) внедренных в управленческую деятельность руководителей ОПС в системе МВД России программных продуктов «РАКУРС», в состав которого входил АРМ Руководителя, предусматривалось решение задач «Контроль» (Журнал следственного отдела), «Статотчеты, аналитическая работа», «Планирование работы». Задачи решались в пределах локальной сети одного ОПС и органа внутренних дел.

В АРМ Руководителя, разработанном ОВИОНТ-Информ по контракту для МВД России в ходе создания Единой информационно-телекоммуникационной системы органов внутренних дел и входящем в состав АИС ОПС (2006-2010), заложены алгоритмы решения задач «Ведение учета уголовных дел», «Контроль сроков», «Учеты», «Штаты».

Принципиальным отличием данного этапа внедрения ИТ является воспроизведение в виртуальной защищенной среде отраслевой обособленности ОПС, их иерархического многоуровневого территориально-распределенного построения, применение комбинированного подхода к решению общесистемных (система электронного документооборота, система видеоконференцсвязи, система научно-технической информации, система правового обеспечения, система технической защиты) и отраслевых задач (централизованный банк данных электронных копий материалов уголовных дел – ЦБД «Невод», специализированная территориально-распределенная автоматизированная система, объединяющая АРМ руководителей, следователей и прочие компоненты инфраструктуры).

Вместе с тем, ни одно из предложенных решений не нашло повсеместного распространения, несмотря на комплекс реализованных организационных, правовых, технических мер. В свою очередь отраслевые типовые решения были подчинены общесистемным, утратили приоритетный характер, а уже готовые программные продукты не были доведены до конечных пользователей.

4. Опыт и выводы

Внедряемые ИТ в управленческую деятельность руководителей ОПС находятся под влиянием множества внешних факторов, которые не были в полной мере учтены при разработке инфраструктуры как всей системы, так и отдельных программных продуктов.

Следователи используют в своей деятельности различные нормативные правовые акты, в которые вносятся изменения. Уголовное судопроизводство находится в состоянии перманентного реформирования. Стандарты ведения учетов, предоставления учетно-регистрационных документов и статистической отчетности о следственной работе устанавливаются Генеральной прокуратурой РФ. Уровень технической оснащенности ОПС значительно ниже технических средств, которые используют руководители в своей повседневной жизни.

Налицо противоречие между достаточно стабильным составом и структурой управленческой деятельности руководителей ОПС и динамично развивающимся правовым регулированием в сфере производства предварительного следствия, общедоступным программным обеспечением, уровнем подготовки специалистов.

Ни «РАКУРС» (на базе Flint (1996) и Access (2000)), ни АРМ Руководителя (образца 2006 и 2011 гг.) не были внедрены повсеместно. АИС ОПС использовалась преимущественно для прямой и обратной связи (направления указаний, запросов и получения ответов). ЦБД «Невод» поддерживался адресантами в актуальном состоянии посредством ежемесячной отчетности.

Ведомственная разобщенность ОПС обусловила изолированный поиск решения однотипных задач, финансирования разработки сходных по своему функционалу программных продуктов. В 2015 г. по заказу СК России ЗАО «Ай-Тек» разработана автоматизированная система уголовно-правовой статистики, предусматривающая решение задач учета материалов проверки, уголовных дел, ведения учетов и составления отчетов.

Потребность обработки возрастающего объема информации, подготовки ответов на неформализованные запросы от субъектов управления на региональном и федеральном уровне при отсутствии удобных для пользователя инструментов вынуждала руководителей районного уровня искать приемлемые им решения посредством адаптации доступного программного обеспечения. Энтузиасты использовали возможности Excel и Access для создания собственных, автономных БД расследованных уголовных дел. Привлекали знакомых для разработки приложений на Java [2, С. 56-77; 105-119]. Ниша востребованного программного обеспечения стала заполняться коммерческими предложениями (например, от TS-Group) или решениями от энтузиастов (проект АРМ «Следствие», vk.com).

Из имеющегося опыта извлекаются следующие выводы:

1) разработка, внедрение и поддержка использования программного обеспечения должна осуществляться по контрактам жизненного цикла;

2) новые контракты (в случае ликвидации юридического лица – разработчика) должны содержать условие поддержки

созданных БД или адаптации их к новой версии программного обеспечения;

3) входящие в состав АРМ компоненты, использующие внешние ИБД или находящиеся в зависимости от иных субъектов, следует формировать обособленно с интеграцией в общую оболочку (интерфейс работы пользователя). Данное правило касается информационно-справочных правовых систем, криминалистических, розыскных учетов, баз методических материалов, форм учетно-регистрационных документов;

4) разрабатываемые решения должны быть едиными для всех ОПС вне зависимости от их ведомственной принадлежности, специфика деятельности которых может быть учтена на уровне формируемых словарей (наименования органов, персональные данные следователей и руководителей ОПС, форматы учетных данных номеров уголовных дел);

5) форматы ведения отдельных БД должны быть едиными для органов, включенных в состав субъектов уголовного судопроизводства, для беспрепятственного обмена информацией как в направлении, определенном УПК (следователь – прокурор – суд), так и в обратном, не исключая возможности исполнения разовых неформализованных запросов;

6) внедрение должно начинаться одновременно в базовых ОПС и высших учебных заведениях.

При дальнейшем внедрении ИТ управления ОПС целесообразно обратить внимание на следующие факторы:

1) обязательное требование перехода органов государственной власти на отечественное программное обеспечение;

2) осуществление финансового контроля за разработкой однотипного программного обеспечения и формирование базы данных таких продуктов, созданных на средства федерального бюджета;

3) функционирование ГАС «Правосудие», формирующей у граждан образ открытой судебной системы, работающей в диалоговом режиме с неопределенным кругом субъектов (поисковые запросы через установленные или специально разработанные формы) и с участниками конкретных судебных процессов;

4) разработка единых стандартов использования искусственного интеллекта в судебных системах (например, Европейская этическая хартия об использовании искусственного интеллекта в судебных системах [4];

5) уровень подготовки должностных лиц, их готовность к использованию ИТ в служебной деятельности и предоставляемые им ИТ возможности как членам гражданского общества в их повседневной жизни.

Разработка и внедрение в повседневную управленческую деятельность руководителей ОПС таких ИТ, которые в полной мере отвечают их информационным потребностям, нацелены на решение стоящих перед ними задач, способны гибко перестраивать свои составляющие под изменяющуюся внешнюю обстановку и воздействия вышестоящих субъектов управления, позволят повысить эффективность формирования, оформления и реализации актуальных управляющих воздействий, нацеленных на совершенствование правоприменительной практики в сфере уголовного судопроизводства.

Литература

1. АТАМАНЧУК Г.В. *Теория государственного управления*. М.: Омега-Л, 2004. – 584 с.
2. *Информационно-аналитическое обеспечение управленческой деятельности начальников органов предварительного следствия территориальных органов МВД России на районном уровне* / С.В. Валов и др. М.: Академия управления МВД России, 2017. – 144 с.
3. *Прикладная юридическая психология* / Под ред. А.М. Столяренко. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001. – 640 с.
4. The CEPEJ European Ethical Charter on the use of artificial intelligence (AI) in judicial systems and their environment // режим доступа: <https://rm.coe.int/ethical-charter-en-for-publication-4-december-2018/16808f699c> <дата обращения 9 сентября 2019 года>

ПРОМЫШЛЕННЫЕ ПРИМЕНЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ РЕСУРСАМИ НА ОСНОВЕ МУЛЬТИАГЕНТНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Грачев С.П.

*(Самарский государственный технический университет,
Самара), sg@kg.ru*

Лада А.Н.

*(ООО «НПК «Интеллектуальные транспортные
системы», Самара)*

imayorov@smartsolutions-123.ru

Ларюхин В.Б.

*(Самарский государственный технический университет,
Самара), vl@kg.ru*

Лакхин О.И.

(ООО «НПК «Разумные решения», Самара)

lakhin@smartsolutions-123.ru

Симонова Е.В.

*(Самарский национальный исследовательский
университет имени академика С.П. Королева)*

simonova@smartsolutions-123.ru

Скобелев П.О.

*(Институт проблем управления сложными системами
РАН, Самара, Группа компаний «Генезис знаний»)*

petr.skobelev@gmail.com

В статье анализируется проблема сложности управления ресурсами современных предприятий. Изучаются подходы теории активных систем и дается обзор существующих методов и инструментов планирования ресурсов предприятия, приведены основные требования к адаптивному управлению ресурсами в реальном времени. Обсуждается концепция автономных систем

искусственного интеллекта (ИИ) для адаптивного управления ресурсами на основе мультиагентной технологии. Представлена мультиагентная модель сети потребностей и возможностей на основе виртуального рынка и метод решения конфликтов и поиска консенсуса для адаптивного управления ресурсами. Рассмотрены функциональность и архитектура интеллектуальных систем адаптивного управления ресурсами, подход к измерению степени адаптивности и уровня автономности этих систем. Обсуждается создание автономных ИИ-решений для промышленных приложений. Показана возможность повышения эффективности использования ресурсов предприятия за счет разработанных методов и средств. Намечены перспективы будущих разработок для решения сложных задач управления ресурсами.

Ключевые слова: сложность, теория активных систем, искусственный интеллект, сети потребностей-возможностей, автономные системы, адаптивность, управление ресурсами, мультиагентные технологии, самоорганизация, экономика реального времени.

1. Введение

Растущая сложность современной экономики во многом связывается с возросшей неопределенностью и динамикой спроса и предложения, когда разрушительные события становятся скорее нормой, чем исключением [1].

Тем не менее, до настоящего времени типичной реакцией на непредсказуемые события в бизнесе являются следующие: привлечение дополнительных ресурсов, увеличение резервных запасов или увеличение времени на реакцию. Результатом такой реакции является снижение качества обслуживания, рост простоев в использовании ресурсов, потерянные заказы или увеличение затрат клиента, и, наконец, резкое снижение эффективности и конкурентоспособности бизнеса [2]. Эта задача требует нового типа

промышленных решений для управления ресурсами, которые должны поддерживать высокий уровень оперативности, гибкости и эффективности [3].

В настоящее время становится возможным решить эту проблему с помощью интеллектуальных систем (систем искусственного интеллекта (ИИ)), работающих непрерывно и способных самостоятельно принимать и согласовывать решения, обеспечивая распределение ресурсов, планирование, оптимизацию, координацию и контроль результатов в режиме реального времени, что в последнее время стало особенно актуальным для развития ИИ беспилотных автомобилей [4].

Однако, представляется не очень верным развивать одиночный мощный «интеллект» автомобиля, вокруг которого сохраняется совершенно «глупая» среда. Гораздо более продуктивным видится создание распределенной ИИ среды, где есть место интеллекту дороги, которая знает не только о том, кто едет по этой конкретной сейчас, но и кто «записался» на следующие 15 минут, час или даже сутки, что позволяет «дороге» рекомендовать автомобилям предпочтительные окна и графики движения. Такого рода идеи и подходы ведут к новым постановкам задач создания распределенного ИИ на основе новых моделей, методов и средств коллективного принятия решений в условиях множества участников с различными интересами, предполагающими их конкуренцию и кооперацию.

В этом плане такие постановки развивают традиционные классические и эмпирические методы планирования и оптимизации в теории исследования операций, где принятие решений осуществляется в консонансе ценностей, а также теорию игр, где решения принимаются в условиях конфронтации. В последние же годы начало развиваться новое направление, связанное с принятием решений в условиях компромисса ценностей.

Одним из подходов в этой области можно считать теорию активных систем в части исследования взаимодействия нескольких участников в ходе распределения ресурсов при программно-целевом планировании, согласованном планировании, стимулирования и т.д. [5].

Заметим, однако, что в самой постановке задач управления обычно рассматривается управляющий орган, который должен выбрать такое управление, которое бы максимизировало значение его эффективности при условии, что известна реакция системы на управляющее воздействие. Особенность именно активных систем при этом в том, что учитывается свобода выбора управляемых субъектов.

В настоящем подходе к управлению ресурсами делается следующий шаг к распределенности в принятии коллективных согласованных решений, который состоит в том, чтобы дать участникам взаимодействия договариваться между собой при отсутствии явно выраженного центра – выявляя конфликты и находя компромиссы путем переговоров с уступками.

В статье представлены практические результаты решения сложных задач адаптивного управления ресурсами в промышленности, логистике и транспорте с использованием такого рода подхода на основе мультиагентных технологий.

В главах 1-2 статьи дан анализ сложности современного управления ресурсами и ограничений существующих моделей, методов и инструментов для поддержки растущей сложности и адаптивности бизнеса. В главе 3 рассматривается концепция ИИ системы для адаптивного управления ресурсами с использованием сетей потребностей и возможностей (ПВ-сетей) на основе виртуального рынка агентов и метод решения конфликтов с помощью многоитерационных аукционов. Функциональность и архитектура решений автономного ИИ для адаптивного управления ресурсами представлены в главе 4. Примеры разработанных решений ИИ для управления грузовыми автомобилями и заводами, мобильными бригадами, цепочками поставок, железной дорогой представлены в главе 5, демонстрируя рост эффективности предприятия до 15-40%. Опыт применения разработанных систем представлен в главе 6. В заключении обобщены преимущества разработанных решений и намечен план будущих разработок.

2. Сложность современного управления ресурсами

В [6] рассматриваются задачи управления ресурсами предприятий, успешно решенные в предшествующие годы.

Ключевыми факторами сложности, типичными для этих задач, являются: большое количество ежедневных заказов, многоцелевое управление ресурсами (максимизация качества обслуживания, минимизация затрат и времени доставки, максимизация прибыли), конфликты и согласование интересов, индивидуальный подход к заказам и ресурсам, взаимозависимости между процессами и задачами, специфика выполнения заказов, например, разделяемые заказы, повторно используемые ресурсы, восстановление ресурсов, общие затраты и т. д.

Один из важнейших факторов сложности управления ресурсами заключается в том, что на практике люди разрабатывают расписания, которые не являются однородными – части расписания могут различаться в зависимости от применяемых критериев, предпочтений и ограничений. Это отражает тот факт, что «хорошее расписание» обычно является сбалансированным среди многих участников с конфликтующими интересами. Однако достигнутый баланс интересов всегда зависит от ситуации – согласованное «оптимальное» решение становится управляемым событиями и может радикально измениться при наступлении очередного нового события.

Гармонизация интересов пользователей в режиме реального времени требует интерактивного общения с лицами, принимающими решения, которые могут не только вводить новые события, но и изменять свои предпочтения и ограничения в любой момент, утверждать или отклонять решения и вносить встречные предложения.

В этой связи мы рассматриваем адаптивность как одну из наиболее важных задач для таких приложений во всех областях, которая может быть определена как способность маневрировать ресурсами и достигать поставленных целей в условиях неопределенности из-за постоянного возникновения событий изменений ситуации в заранее непредвиденные моменты времени.

3. Обзор методов и средств управления ресурсами

Хорошо известны традиционные методы и инструменты планирования и оптимизации ресурсов, основанные на линейном, динамическом программировании или программировании в ограничениях [7-8]. Однако большинство этих методов и инструментов разработаны для пакетного процесса, где все заказы и ресурсы известны заранее и не изменяются в режиме реального времени. В результате в области планирования ресурсов предприятий (ERP) классические пакетные планировщики, предлагаемые SAP, Oracle, Manugistic, i2, ILOG, J-Log и другими компаниями, по-прежнему доминируют на рынке, но на практике в этих пакетах, как правило, из-за роста размерности реализуются в основном учетные функции, а распределение ресурсов, планирование, оптимизация и коммуникация имеют вырожденное или ограниченное использование. Чтобы уменьшить сложность комбинаторного поиска, используют новые методы с применением эвристических и метаэвристических правил, позволяющих принимать приемлемые решения в более разумное время за счет сокращения параметров поиска [9-10]:

- жадные алгоритмы локального поиска на основе эвристических правил предметной области;
- методы искусственного интеллекта, использование нейронных сетей и нечеткой логики;
- метаэвристика: генетические алгоритмы, поиск по табу;
- моделирование, включая имитацию отжига и т. д.;
- стохастические методы, такие как метод Монте-Карло;
- алгоритмы оптимизации колоний муравьев и роя частиц;
- сочетание параллельных эвристических алгоритмов оптимизации и др.

Однако, эти методы также используют пакетную обработку, хотя и пытаются учитывать индивидуальные критерии, предпочтения и ограничения, и не обеспечивают адаптацию расписаний в режиме реального времени на основе обработки событий.

Анализ вышеуказанных решений позволяет выявить следующие проблемы:

- отсутствие моделей, методов и инструментов для адаптивного управления ресурсами;
- при изменении спецификаций задач требуется привлекать программистов;
- системы поддерживают централизованное управление на основе управляющих команд сверху-вниз;
- иерархическая жесткость систем не позволяет быстро реагировать на события;
- внутренняя пассивность и функционирование в пакетном режиме только по запросу пользователя;
- сосредоточение на данных, а не на корпоративных предметных знаниях;
- стандартизация, игнорирующая индивидуальные предпочтения лиц, принимающих решения.

Обсуждаемая сложность и высокая динамика производства приводят к тому, что традиционные, централизованные, иерархически организованные, последовательные методы и алгоритмы комбинаторного поиска или эвристики не могут эффективно решить проблему адаптивного управления ресурсами с приемлемым качеством и в течение требуемого времени.

4. Новые модели и методы адаптивного управления ресурсами: от оптимизации – к консенсусу

В последнее десятилетие были разработаны новые модели и методы распределенного решения задач планирования и оптимизации ресурсов на основе мультиагентной технологии.

Одним из наиболее многообещающих подходов является Виртуальный Рынок (ВР) [11-12], который получил теоретическую основу с 2010 года.

Идея виртуального рынка основана на постоянном сопоставлении спроса и предложения, поддерживаемом протоколами контрактной сети: в таких мультиагентных решениях каждый агент начинает с некоторого начального набора задач, а затем вступает в процесс согласования. Агенты ведут переговоры, неоднократно заключая контракты между собой, обмениваясь задачами, а также

деньгами. Для задачи о назначениях было доказано, что поиск глобального оптимума допускает процедуру, подобную аукциону, с жесткими ограничениями.

Идея использования моделей и методов ВР, основанных на самоорганизации агентов, для решения любой сложной задачи выглядит очень привлекательной для разработчиков программного обеспечения. Решение сложной проблемы с использованием моделей и методов ВР, основанных на самоорганизации агентов, формируется как «конкурентное равновесие» (консенсус агентов), которое не может быть улучшено в процессе вычислений. Многие полезные свойства таких алгоритмов уже изучены: они интуитивно понятны, могут учитывать индивидуальные критерии, предпочтения и ограничения всех участников, достоверно корректны, естественно распараллеливаются, подходят для развертывания в распределенных системах, имеют тенденцию быть устойчивыми к изменениям спецификации задачи и т.д.

В наших разработках мы использовали аналогичный подход к разработке программного обеспечения, начиная с 1999 года, обнаружив привлекательные свойства таких алгоритмов в первом мультиагентном прототипе системы для завода Volkswagen. В последующий период разработанная мультиагентная технология была усовершенствована в соответствии с концепцией холонических систем, в которой представлены агенты продуктов, ресурсов, заказов и штабной (PROSA) [13]. В нашей технологии был сделан следующий шаг в детализации агентов и представлены роли, бизнес-процессы и задачи агентов, которые формируют сети потребностей-возможностей (ПВ-сети), представляющие самоорганизующиеся расписания с проактивностью и выплатой взаимных компенсаций при разборе конфликтов. Для агентов ПВ-сетей предложен метод адаптивного принятия решений на виртуальном рынке, основанный на функциях удовлетворенности и бонусов-штрафов для обеспечения эластичности в принятии решений в процессах разрешения конфликтов и формирования консенсуса [14-16].

В процессе самоорганизации агенты заказов и ресурсов сначала выбирают лучшие бесконфликтные и дешевые варианты, а

затем разрешают конфликты до тех пор, пока система не будет сбалансирована, и ни один из вариантов не сможет улучшить общую прибыль системы.

Этот процесс отражает практику опытных менеджеров и диспетчеров, которые обычно формируют сложные расписания, разрешая конфликты и находя баланс конфликтующих интересов всех сторон, участвующих в принятии решений.

Формализованная постановка задачи и описание метода приведены в [17].

5. Функциональность и архитектура решения

Функциональность разработанных ИИ-систем для адаптивного управления ресурсами направлена на поддержку полного цикла управления ресурсами:

- сбор новых событий с помощью датчиков, внешних систем и мобильных устройств;
- распределение заказов по ресурсам путем сопоставления подходящего ресурса;
- планирование заказов / ресурсов – вычисление наилучшей возможной последовательности и определение времени начала и окончания задачи (операции) для выполнения заказов;
- оптимизация заказов / ресурсов (если есть время) – постоянный процесс улучшения KPI всех агентов, участвующих в управлении ресурсами;
- прогнозирование новых событий (новых заказов или отказов), которые будут обрабатываться как виртуальные события для предварительного динамического резервирования критических ресурсов;
- онлайн-общение с пользователями: утверждение системных рекомендаций, изменение предпочтений или предоставление встречных предложений, исправление фактов и т. д.;
- мониторинг и контроль выполнения плана – сравнение запланированных и фактических результатов, выявление

пробелов и запуск события перепланирования для высшего руководства;

- перепланирование в случае растущего разрыва между планом и реальностью, например, если пользователь игнорирует рекомендации и выходит из границ времени;
- обучение из опыта – кластеризация событий, сравнение планового и фактического времени выполнения задач, например, для анализа производительности труда работников;
- моделирование в режиме реального времени «что, если» – параллельно с основной траекторией выполнения плана в режиме реального времени могут выполняться несколько линий моделирования для изучения будущего;
- эволюционная перестройка бизнес-сети – генерация предположений о том, как улучшить качество и эффективность операций (лучшее место для хранения и т. д.).

Рассматриваемый подход может быть обобщен в виде концепта автономной ИИ системы для кибер-физического управления ресурсами [18-19], объединяющей физические и кибер-компоненты (рис.1), где выделяются:

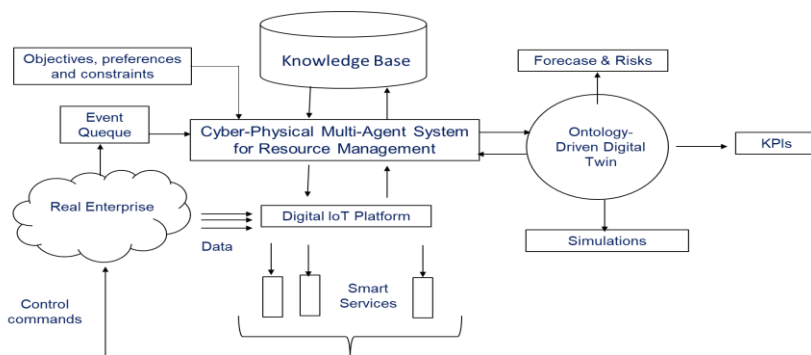


Рис. 1. Концепт автономной кибер-физической системы адаптивного управления ресурсами

- цифровой двойник предприятия на основе онтологии управления ресурсами для приобретения, сохранения и

изменения знаний предметной области для управления ресурсами и его исследования при разных условиях;

- база знаний предприятия – разработана как семантическая википедия предприятия, основанная на онтологии предметной области, которая включает информацию об экземплярах для конкретного предприятия (так называемая онтологическая модель предприятия);
- очередь событий – работает как буфер и накапливает события, приходящие из реального мира, регулирует алгоритмы обработки событий и хранит информацию о результатах обработки событий;
- мультиагентный движок на основе онтологий – универсальный планировщик, настраиваемый с помощью базы знаний предприятия;
- виртуальный рынок (мир) агентов – состоит из экземпляров классов агентов, которые должны быть обработаны и функционируют как конечные автоматы;
- состояния (сцены) виртуального рынка – представляют предыдущее состояние (ситуацию) и предлагаемые изменения в расписании в определенный момент;
- датчики, исполнители, мобильные устройства и другие компоненты приложения – позволяют собирать события и реализовывать решения в реальном мире.

Онтология предназначена для учета бизнес-требований, настройки решения для новой специфики предметной области и предприятия и перепрограммирования решения «на лету».

Цифровой двойник, образуемый онтологической моделью предприятия, и экземплярами агентов, рассматривается как действующая модель («ко-пилот») реального предприятия (например, парк грузовых автомобилей движется по реальным дорогам и параллельно в виртуальном мире на сервере), который постоянно обновляется по событиям и используется для выработки решений и рекомендаций для пользователей.

Принятые решения в виде команд, рекомендаций или указаний передаются на мобильные телефоны пользователей или

оборудование в реальном мире, но при изменении ситуации в любой момент могут быть пересмотрены.

6. Промышленные приложения

В период с 2000 по 2008 год было разработано около 15 промышленных прототипов и полномасштабных мультиагентных систем для адаптивного управления ресурсами. Наиболее интересные системы, которые можно охарактеризовать растущей степенью автономности, представлены в таблице 1.

Большая часть указанных решений были использованы сначала в качестве инструментов моделирования, а далее получили полномасштабное внедрение в виде «боевого» оперативного управления и работают до сих пор.

Таблица 1. Первое поколение промышленных МАС решений

Клиент	Проект	Результаты и преимущества для клиента
Tankers International	Составление графика морских танкеров для одного из крупнейших флотов нефтяных танкеров с очень большой грузоперевозкой (VLCC), состоящих из более чем 40 судов и представляющих около 10% мировой вместимости морских танкеров.	• Сокращение простоя на 3 дня на танкер-год. • С учетом стоимости холостых перегонов на танкер и в день, для 40 танкеров экономия обеспечила возврат инвестиций (ROI) менее чем за шесть месяцев. • Сокращение задержек при поставках нефти и штрафов за задержку. • Знания предметной области по танкерам впервые были собраны и формализованы в машиночитаемом формате. • Диспетчерам были предоставлены варианты планирования и стоимость доставки во время телефонного разговора с клиентом. • Планировщику обычно требуется от нескольких секунд до нескольких минут для завершения анализа.
Addison Lee	Планирование такси на 2000 оборудованных GPS такси	• Общее количество обработанных заказов увеличилось на 7% за первый месяц при том же количестве ресурсов.

	в Лондоне и 13 тыс. заказов ежедневно	• 98,5% всех заказов были распределены автоматически без помощи диспетчера. • Количество потерянных заказов уменьшилось до 3,5 (до 2%). Кол-во холостых ходов сократилось на 22,5%. • Каждое такси выполнило два дополнительных заказа в неделю, что увеличило доходность каждого такси на 5-7%. • Увеличение прибыльности: + 4,8%. • Время сбора заказов: на 40% быстрее. • Время на подготовку диспетчера сокращено в 4 раза .
Avis (UK)	Планирование аренды автомобиля для одной из дочерних компаний в Великобритании (250 автомобилей / 30 водителей)	• Решение обрабатывает 15-20 резервирований на станцию с 80-120 событиями в час, включая новые заказы, события с гаджетов водителей и от веб-пользователей. • 90% всех выполненных решений было принято за 20-30 минут до формирования графика исполнения; • Сокращение просроченных поставок – 10%.
GIST	Консолидация грузов для грузовых автомобилей с использованием кросс-доков и транзитных перевозок	• До: 2 оператора работали в течение одного дня, чтобы составить расписание для 200 грузов / После: 8 минут на 200 заказов. • До: день планирования 1 для дня 3 / После: день планирования 1 для дня 2 и даже день 1 для дня 1. • До: нет поддержки консолидаций в режиме реального времени / После: планирование с обратными рейсами и консолидациями. • До: планирование вручную 4000 заказов с использованием кросс-доков и смены водителя / После: 4 часа для планирования 4000 заказов с использованием кросс-доков и возможность динамического добавления новых заказов (несколько сек для одного заказа). • До: Знаниями было сложно поделиться, они были «распространены» среди экспертов / После: коллекция лучшей практики.

		Гибкий выбор лучшего маршрута с точки зрения консолидации или других критериев.
City Sprint	Курьеры / Сервис медицинских лабораторий	- Сокращение задержек при заказе, холостых ходов и расхода топлива. - Оптимизация парка транспортных средств.
Channel Four	Размещение баннеров на сайтах	- Снижение сложности перераспределения баннеров – 15%. - Повышение эффективности рекламы– 5-10%.

На следующем этапе в 2010-2018 гг. подход к промышленным приложениям был пересмотрен, и новое поколение решений было разработано специально для каждого типа оптимизационной задачи (Таблица 2).

Новая идея проектирования решений состояла в том, чтобы сформировать ряд готовых к использованию продуктов, которые можно далее предлагать как услуги с минимальными доработками и инвестициями.

Таблица 2. Второе поколение промышленных приложений на основе продуктов/сервисов

Продукт	Клиент	Результаты и преимущества
Smart Aerospace	Ракетно-космическая корпорация «Энергия»	- Работает система для 8 диспетчеров и 120 других пользователей для подачи топлива, воды, продуктов питания и т. д. - Ускорение планирования полетов в 4-5 раз. - Моделирование наихудших сценариев для оценки риска. - Система критически важна для успеха миссии.
Smart Trucks	Prologics, Lorry, Monopoly, Trasko, Trans-Terminal	- Увеличение количества заказов – до 3-5%; - Сокращение просроченных поставок – до 5%; - Повышение эффективности использования ресурсов – 5-10%.

Smart Factory	Тяжмаш, Axion-Holding, Airbus, АвиаАгрегатт, Иркут, Кузнецов	Axion-Holding: • Увеличение производительности цеха – 5-10%. • Экономия на одном цехе по производству инструментов – 7 человеко-месяцев в месяц.
Smart Field Services	Самарская газовая компания, Волгоградский водоканал, Амурские сети и др.	Самарская газовая компания: • Сокращение времени реакции – до 5-7 раз. • Повышение эффективности обслуживания – до 40% (12 заказов в день вместо 7 в прошлом). • Уменьшение ошибок диспетчеров.
Smart Internet Deliveries of Food	Instamart (Москва)	• Сокращение времени сборки заказа на 15%. • Сокращение задержек при доставке на 22%. • Удовлетворенность клиента повышается: когда у одного курьера возникает проблема, ее можно решить с помощью других курьеров.
Smart Supply Networks	Lego (Chicago outlets), Coca-Cola (Germany), Сибирский угольный разрез, “Газпромнефть”	Lego (US): • Увеличение доходности – до 18%.. Coca-Cola, Germany: • Увеличение количества заказов, доставленных в срок – до 7%. • Экономия на транспорте – до 20%.
Smart Projects	РКК “Энергия”, Министерство экономики самарского региона	• Полная прозрачность проектов: от годовых планов доставки – до ежедневных планов отделов и сотрудников. • Сокращение расходов – 5-10% • Увеличение количества проектов, реализованных в рамках бюджета и в срок – на 15%. • Повышение мотивации сотрудников.
Smart Railways	РЖД (регионы Москва, Санкт-Петербург и Сибирь-Байкал)	• Сокращение задержек поездов – до 15-25%. • Более быстрая реакция на события – в 2-3 раза. • Увеличение скорости движения поездов по Байкальскому полигону – до 3-5%.

Развитие автономности этих систем может позволить оценивать жизненный цикл принятия решений каждого события или решения, принимаемого пользователем, с полной прозрачностью для предприятия (рис. 2):

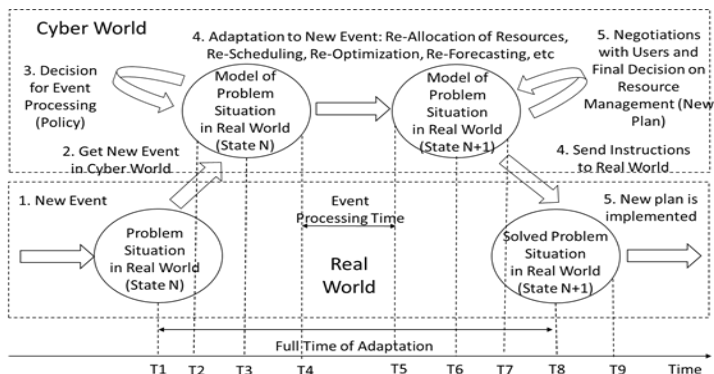


Рис. 2. Жизненный цикл событий

- Момент T1: новое событие появляется в реальном мире или в сторонних системах;
- Момент T2: новое событие указывается пользователем вручную или автоматически;
- Момент T3: на основе данной политики новое событие будет автоматически обработано или будет ожидать специального одобрения со стороны уполномоченного лица, принимающего решение;
- Момент T4: событие запускает перераспределение ресурсов, перепланирование и повторную оптимизацию;
- Момент T5: новое решение формируется и представляется пользователям для одобрения (или встречного предложения и переговоров: пользователь также может игнорировать предложение, в зависимости от политики для событий), но некоторые решения могут автоматически идти в реальную жизнь;

- Момент Т6: учитывается обратная связь с пользователем, и новое адаптивное перепланирование начинается с новых вариантов принятия решения;
- Момент Т7: утвержденное решение будет отправлено в реальный мир: менеджерам, инженерам, техническим специалистам, рабочим или водителям для реализации;
- Момент Т8: решение и новый пересмотренный план выполнены – продукты доставлены заказчику и т. д.;
- Момент Т9: сеанс связи с лицами, принимающими решения, завершен.

Количество событий или решений, связанных со временем перехода от одного состояния равновесия к другому, дает возможность измерить уровень адаптивности решения, а также помогает оценить эффект адаптивного управления ресурсами в сравнении с пакетным подходом, например, для предприятий, где план имеет ежемесячную детализацию.

В практике рассматриваемые системы начинают попадать в 10-15% принятых решений, но затем путем доработки логики постепенно улучшаются до 50% и более, когда система ИИ уже принимает больше решений, чем опытные пользователи.

7. Извлеченные уроки и основные преимущества

1. Разработка рассматриваемых систем требует высококвалифицированных экспертов и программистов, занимает много времени, требует продолжительного тестирования и т.д.

2. Разработка самоорганизующихся решений для бизнес-пользователей является сложной задачей: иногда трудно оценить, насколько мы далеки от «оптимального» решения; результаты зависят от истории возникновения событий; эффект бабочки: небольшие изменения приводят к неожиданно большой реакции; реакция системы может замедлиться в случае перехода между состояниями равновесия; в случае перезапуска системы результат планирования может быть другим; трудно «откатить» системные решения; взаимодействие с пользователями в режиме реального времени становится сложным; система может стать слишком

«нервной» во время перепланирования; решение трудно объяснить пользователю (потеря причинности).

3. Управление корпоративными ресурсами является критически важным для бизнеса, и поэтому эта область все еще очень консервативна в принятии новых решений ИИ.

4. Большая часть корпоративных знаний для принятия решений обычно скрыта и для выявления требует прямой связи с диспетчерами, инженерами, рабочими, водителями и т. д.

5. Значительная часть усилий связана с разработкой сетевых пользовательских интерфейсов, которые должны быть настраиваемыми и недорогими.

6. Дальнейшее развитие – разработка цифровых платформ SaaS для экосистемы услуг и дополнительных решений, которые могут быть интегрированы с существующими системами.

На практике эти трудности поддаются решению, но требуют специальных инструментов для первоначального анализа данных клиента или интеграции с устаревшими системами.

Обсуждаемые трудности компенсируются следующими преимуществами предлагаемого ИИ решения:

- повышает эффективность использования ресурсов за счет перехода к принятию решений в режиме реального времени;
- решает сложные задачи планирования, заменяя комбинаторный поиск анализом конфликтов и поиском компромиссов;
- обеспечивает адаптивное перепланирование с быстрой реакцией на события;
- обеспечивает индивидуальный подход к каждому заказу, задаче, продукту и ресурсу;
- поддерживает активное взаимодействие с пользователями для скоординированной командной работы;
- снижает затраты на разработку за счет повторного использования кода в новых приложениях;
- позволяет моделировать сценарий «если-то» и прогноз для улучшения решений;

- создает новую цифровую платформу для поддержки роста бизнеса.

Результаты разработок могут быть применены для решения широкого спектра сложных задач управления ресурсами в Industry 4.0 и Society 5.0, ориентированных на эффективное использование ресурсов.

8. Выводы

Новый класс интеллектуальных систем для управления ресурсами предприятия открывает новые возможности для повышения качества и эффективности бизнеса. Разработанные промышленные приложения доказывают, что мультиагентная технология обеспечивает возможность решения широкого круга задач управления ресурсами в условиях высокой неопределенности, сложности и динамики. Адаптивность управления ресурсами помогает повысить гибкость и эффективность бизнеса, сократить время и улучшить качество обслуживания новых заказов, а также повысить загрузку ресурсов.

В качестве следующего шага предполагается создание цифровой платформы и эко-системы умных сервисов для решения экстремально сложных задач управления ресурсами крупных промышленных предприятий, железных дорог и т.д. Будущие работы, как предполагается, будут сочетать планирование с распознаванием образов и обучения из опыта.

Исследования выполнены и профинансированы в рамках Программы фундаментальных исследований РАН по приоритетным направлениям, определяемым президиумом РАН №7 «Новые разработки в перспективных направлениях энергетики, механики и робототехники».

Литература

1. *Capitalizing on Complexity? Insights from the Global Chief Executive Officer Study* // IBM. USA. 2010. Available from:

- <<http://www-01.ibm.com/industries/.government/ieg/pdf/>>. [8 February 2018]
2. SKOBELEV P., TRENTESAUX, D. *Disruptions Are the Norm: Cyber-Physical Multi-Agent Systems for Autonomous Real-Time Resource Management* // In: Service Orientation in Holonic and Multi-Agent Manufacturing. Springer. Cham. 2017. P. 287–294.
 3. GARTNER. *Top Strategic Predictions for 2016 and Beyond: The Future Is a Digital Thing*. 2016. Available from: <<https://www.gartner.com/doc/3142020?refval=&pcp=mpe>>].
 4. *Artificial Intelligence and Robotics* // Imperial College. UK-RAS White Paper. 2017. 48 p.
 5. БУРКОВ В.Н., НОВИКОВ Д.А. *Теория активных систем: Состояние и перспективы*. М.: Синтез. 1999.
 6. RZEWSKI G., SKOBELEV P. *Managing complexity*. WIT Press. London-Boston. 2014.
 7. LEUNG J. *Handbook of Scheduling: Algorithms, Models and Performance Analysis*. Chapman & Hall. CRC Computer and Information Science Series. 2004.
 8. VOB S. *Meta-heuristics: The State of the Art. Local Search for Planning and Scheduling*. Nareyek, A. (eds.). Springer-Verlag. Germany. 2001. P.1 – 23.
 9. BINITHA S., SIVA SATHYA S. *A Survey of Bio inspired Optimization Algorithms* // International Journal of Soft Computing and Engineering. Vol.2. 2012. Is. 2.
 10. ROSSI F., VAN BEEK P., WALSH T. *Handbook of Constraint Programming*. Elsevier Science. 2006.
 11. EASLEY D., KLEINBERG J. *Networks, Crowds, and Markets: Reasoning about a Highly Connected World*. Cambridge University Press. 2010. Available from: <http://www.cs.cornell.edu/home/kleinber/networks-book/>. [30 January, 2018]
 12. SHOHAM Y., LEYTON-BROWN K. *Multi-agent systems: Algorithmic, Game Theoretic and Logical Foundations*. Cambridge University Press. 2009.
 13. BRUSSEL H.V., WYNS J., VALCKENAERS P. *Reference Architecture for Holonic Manufacturing Systems: PROSA* // Computer in Industry. Vol. 37. 1998. No. 3. P. 255 –274.

14. SKOBELEV P. *Open multi-agent systems for decision-making support* // Avtometriya, Journal of Siberian Branch of Russian Academy of Science, 2002. No. 6. P. 45 – 61.
15. SKOBELEV P., VITTIKH V. *Models of Self-organization for Demand-Resource Networks* // Automation and Control, J. of Rus. Academy of Science. 2003. No.1. P. 177 – 185.
16. VITTIKH V., SKOBELEV P. *The compensation method of agents interactions for real time resource allocation* // Avtometriya, Journal of Siberian Branch of Russian Academy of Science. 2009. No 2. P. 78 – 87.
17. SKOBELEV P. *Multi-Agent Systems for Real Time Adaptive Resource Management. In: Industrial Agents: Emerging Applications of Software Agents in Industry*. Paulo Leitão, Stamatis Karnouskos (Eds.). Elsevier. 2015. P. 207 – 230.
18. LEITAO P., COLOMBO A., KARNOUSKOS S. *Industrial automation based on cyber-physical systems technologies: Prototype implementations and challenges* // Computers in Industry. Vol. 81. 2016. P. 11 – 25.
19. ГОРОДЕЦКИЙ В.И., ЛАРЮХИН В.Б., СКОБЕЛЕВ П.О. *Концептуальная модель цифровой платформы для киберфизического управления современными предприятиями. Часть I. Цифровая платформа и цифровая экосистема* // Мехатроника, автоматизация, управление. – 2019. Т. 20, № 6. – С. 323-332.

ОРГАНИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ГОСУДАРСТВЕННЫМ БЮДЖЕТОМ В ПОНЯТИЯХ ТЕОРИИ УПРАВЛЕНИЯ ОРГАНИЗАЦИОННЫМИ СИСТЕМАМИ

Ерженин Р.В.

(ООО «НПЦ ГОСУЧЕТ», Москва)

rerzhenin@gmail.com

Развитие информационных технологий с каждым годом все активней подталкивает правительство России к решению актуальных для экономики страны проблем, связанных с неэффективностью деятельности управленцев. Наиболее приближенной к решению оптимизационных и других научно-практических задач в управлении сложными организационно-техническими системами является теория управления организационными системами (ТУОС). Используя основные понятия ТУОС, в статье предложены описания механизмов управления и механизмов функционирования для одной из системообразующих сфер деятельности в государстве – управлении государственным бюджетом. Предложенный конструктор ТУОС позволяет решать такие актуальные задачи в сфере управления бюджетом, как поиск эффективной модели управления проектированием сложной системы управления, выбор оптимальной организационной иерархии для ведения бухгалтерского учета и других важных задач.

Ключевые слова: оптимизация, эффективность, новое государственное управление, информационные технологии, управленческая деятельность.

1. Введение

Любое современное государственное управление представляет собой сложную организационную структуру, эффективность функционирования которой во многом определяется качеством принятия решений на всех уровнях управления. Сложность выбора оптимальных организационных форм управления связана в том числе и с развитием информационных технологий, которые все активней стимулируют органы публичной власти к глубокой структурной трансформации.

Подобные инновации в организации государственного управления, по существу, и предопределяют необходимость развития новых научно-практических направлений, связанных с развитием феномена нового (электронного, цифрового) государственного управления.

Существуют различные научные направления (менеджмент, теория организации, теория систем, системный анализ и т.п.) в той или иной мере занимающиеся изучением общественных форм управления, а различие между ними заключается в целях и методах исследования.

Теория управления организационными системами (ТУОС) [5,12,14] предлагает различные средства повышения эффективности управления социально-экономическими и организационными системами, и в связи с чем наиболее приближена к решению оптимизационных и других практических задач, которые сегодня стоят перед государственным аппаратом управления. Ведь *объектом исследований* ТУОС являются организационные системы, *предметом исследований* – механизмы управления, а основным *методом исследования* – математическое моделирование [14], что особенно актуально для прогнозирования развития сложных систем управления, таких, например, как организационно-техническая система управления государственным бюджетом.

2. Механизмы управления и механизмы функционирования в управлении государственным бюджетом

Понимание самой природы функций государственного управления исходит из сущности управления в государстве. Поскольку управление довольно часто рассматривается через *деятельность*, то в научной и учебной литературе можно встретить трактовку функций управления как определенных видов труда, трудовой деятельности отрасли работы в сфере управления, элементов управленческого процесса, стадий управленческого цикла и т.д. [3]. Подобная деятельность относится к напряженной организационно-координирующей работе с интеллектуальным содержанием, поскольку всегда направлена на выработку, принятие и практическую реализацию управленческих решений. Это разноплановая деятельность всегда выступает коллективистской, отличается строгой юридической заданностью, организационной четкостью на всех уровнях управления и дисциплинарной выразительностью [1].

Каждая *функция* государственного управления раскрывается и характеризуется через сложные взаимосвязи элементов исполнительного аппарата, как целостного субъекта управления. Поэтому каждый вид функциональной управленческой деятельности в государстве представлен в виде сложной организационной структуры, в которой люди объединены для совместной реализации поставленных перед ними различных целей и действующих в рамках регламентированных процедур и правил.

В зависимости от направленности управляющего воздействия в системе государственного управления выделяются различные организационные системы со своими функциями управления, которые олицетворяют особую деятельность исполнительного аппарата. Подобные специфические функции управления реализуются, как правило, в отдельных сферах, отраслях или на определенных участках государственного управления: финансы, имущество, кадры, налогообложение, информатизация и т.п.

Так, к примеру, к основным функциям, характеризующим специфическую деятельность по управлению государственным бюджетом, относят:

- функции принятия решений – функции преобразования содержания информации о бюджете и об активах государства $\{f_c\}$;
- рутинные функции обработки информации, связанной с перераспределением бюджетов, с движением бюджетных средств и с изменением активов государства $\{f_p\}$;
- функции обмена управленческой информацией $\{f_d\}$.

Такой подход к определению главных функций управления государственным бюджетом позволяет отнести этот управленческую деятельность к типу систем с управлением. Подобная целенаправленная (кибернетическая) система включают три базовые подсистемы (рисунок 1):

- государственный бюджет, как форму образования и расходования денежного фонда (объект управления);
- управляющую систему;
- систему связи.

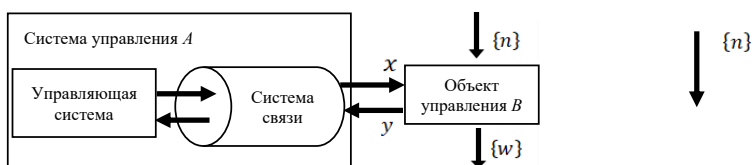


Рис. 1. Система с управлением [2].

Управляющая система, совместно с системой связи в формулировке ТУОС образует сложный **механизм управления государственным бюджетом (МУГБ)**. Основным элементом МУГБ является лицо принимающее решение (ЛПР) или *активный элемент*. Под ЛПР подразумеваются индивиды, на которых законодательством РФ возложены полномочия по выбору управляющих воздействий, направленные на управление «внешним» *объектом управления* и, одновременно, на управление *управляющими компонентами* «внутренней» системы управления (управляющей системы), т.е.

теми активными элементами, которые обеспечивают согласование и координацию деятельности других активных элементов в сложной иерархии управления государственным бюджетом.

Таким образом, в МУГБ можно выделить два основных направления управляющих воздействий: 1) выработка «внешних» управляющих воздействий, направленных на управляемый объект и 2) выработка «внутренних» управляющих воздействий, направленных на управляющие компоненты управляющей системы. В первом случае объектом управления выступает государственный бюджет, как денежный фонд, а во втором единым объектом управления является сложная организационная структура управляющей системы.

Из этого следует, что в механизмах управления государственным бюджетом, как в единой процедуре принятия управленческих решений, выделяется «внутренняя» и «внешняя» сторона. Кроме этого, таким же способом разделены и механизмы функционирования, которые, в целом, заданы общей для них инфраструктурой финансово-бюджетных институтов¹.

Следует отметить, что механизмам функционирования и механизмам управления государственным бюджетом традиционно характерна процессная (циклическая и рутинная) деятельность, связанная непосредственно с прохождением этапов бюджетного процесса.

К задачам, выполняемым «внешними» механизмами управления, относят функциональные задачи, решаемые на этапах бюджетного процесса: прогнозирование доходов; планирование расходов; исполнение бюджета по доходам и расходам; бюджетный контроль; бюджетный учет и отчетность; мониторинг и финансово-экономический анализ.

Соответственно, к задачам, выполняемым «внутренними» механизмами управления, относят общие задачи, свойственные для традиционной управленческой деятельности: прогнозира-

¹ Институты – это «правила игры», или, выражаясь более формально, созданные человеком ограничительные рамки, которые организуют взаимоотношения между людьми [8].

ние и планирование деятельности; организацию работы; мотивацию; координацию и регулирование; контроль, учет и анализ результатов деятельности.

Можно сделать заключение о том, что не только механизмы управления, как совокупность процедур принятия управленческих решений, но и набор механизмов функционирования определяют, как именно осуществляется управленческая деятельность в отдельной сфере управления, и как управляющий орган и управляемые субъекты управляющей системы принимают решения при выполнении как специфических, так и общих функций управления.

3. Организационные проекты в управлении государственным бюджетом

Одной из приоритетных задач государственной программы «Информационное общество (2011-2020 годы)»¹ является повышение качества государственного (муниципального) управления и оперативности взаимодействия органов власти за счет создания и внедрения современных информационно-коммуникационных технологий (ИКТ).

Подобная верхне-уровневая задача распространяется на всю иерархию управления, где и формируются различные цели, направленные на повышение качества функционирования механизмов управления за счет применения ИКТ. При стремлении достичь подобных целей, органами управлениями разрабатываются отдельные мероприятия, в рамках которых реализуются различные по своему масштабу организационные и ИТ-проекты.

Таким образом, в любой сфере управления, в том числе в рассматриваемой в данном исследовании сфере управления бюджетом (федеральным, региональным или муниципальным), свойственна не только *процессная деятельность*, но и, по факту, также и *проектная деятельность*, связанная с перестройкой самих механизмов управления и принципиальными изменениями в них.

¹ Принята распоряжением Правительства России №1815-р от 20 октября 2010 года.

В целом, учитывая постоянное усовершенствование ИКТ и связанных с ними методов обработки информации, всю управленческую деятельность в сфере государственного управления следует рассматривать **как процесс постоянной реализации организационных и ИТ-проектов**, направленных на совершенствование механизмов управления и механизмов функционирования, или, **как процесс саморазвития и самоорганизации сложной организационно-технической системы управления** [4].

Одним из наиболее известных ИТ-проектов в сфере управления государственным бюджетом является крупномасштабный проект по созданию и внедрению государственной интегрированной информационной системы управления общественными финансами ГИИС «Электронный бюджет». Между тем, анализ, проведенный в работе [9] указывает на то, что данный проект относится к типу «провальный». К основной причине неудачной реализации дорогостоящего ИТ-проекта авторы исследования относят некачественное управление проектированием сложной информационной системы, где не была проведена оценка всех рисков проекта и не до конца оценена важность этапа *внешнего проектирования* (макропроектирования) системы управления финансами.

Следует отметить, что именно на **стадии макропроектирования** разрабатывается обобщенная модель процесса функционирования механизмов управления, позволяющая архитектору системы получить ответы на вопросы об эффективности различных стратегий управления объектом управления при его взаимодействии с внешней средой.

Стадия внешнего проектирования разбивается на анализ и синтез. При анализе изучают объект управления, строят модель воздействий внешней среды, определяют критерии оценки эффективности, имеющиеся ресурсы, необходимые ограничения. Конечная цель стадии анализа — построение модели объекта управления для оценки его характеристик. При синтезе на этапе внешнего проектирования решаются задачи выбора стратегии управления на основе модели объекта моделирования [15].

Задачи решаемые на стадии макропроектирования системы управления соответствуют основным этапам технологии

постановки и решения задач в теории управления организационными системами, т.е. таких задач, которые связаны с описанием адекватных моделей функционального управления. Сформулировав и решив задачу управления в соответствии с приведенной ниже общей технологией (рисунок 2), результат этого решения можно интерпретировать как механизм управления (процедуру принятия управленческих решений) – зависимость оптимального управления от параметров модели (состояния объекта управления, внешней среды и т.д.) [12].



Рис. 2. Технология постановки и решения задачи управления организационной системой [12].

Кроме этого, не менее важные задачи, которые способна решать теория управления организационными системами, связаны с нарушением координации при формализации требований к сложной системе управления, т.е. с такими задачами, которые позволяют решить проблему оптимального управления активными элементами, участвующими в *проектировании сложных* организационно-техническими системами управления.

Наиболее активный процесс саморазвития и самоорганизации, который развивается под натиском развития технологий, можно наблюдать в отдельной организационной подсистеме системы управления финансами, которая связана с организацией ведения бухгалтерского (бюджетного) учета.

Функция ведения бухгалтерского (бюджетного) учета и другие сопровождающие ее функции (расчет заработной платы, кадры, планирование и т.п.) являются наиболее ресурсоемкими, строго-регламентированными процедурами, конечной целью которых является не только информирование, но и контроль за деятельностью учреждений, за имуществом государства и за его финансами. Строгость в организации процедур ведения учета, его обширность распространения по субъектам управления, а также вмененная этим субъектам обязанность составлять и предоставлять регламентированную отчетность в вышестоящий орган, которая в дальнейшем консолидируется и в агрегированном виде передается вверх по уровням иерархии управления, позволяет представить эту деятельность в виде сложной организационной системы.

С момента появления первых вычислительных машин можно выделить три крупных этапа, когда осуществлялись масштабные организационные мульти-проекты, в рамках которых происходили изменения в формах организации ведения бухгалтерского учета, связанные с развитием ИКТ:

- период механизации, автоматизации и централизации бухгалтерского учета (начало 50-х – середина 80-х);
- период децентрализации и персонализированной автоматизации – (середина 80-х, - н.в.);

- очередной период перехода к комплексной автоматизации и «облачной» централизации учета (2012г. - н.в.).

К настоящему времени сформировались различные концепции организации сбора и обработки информации о финансово-хозяйственной деятельности учреждений сектора государственного управления, однако единства в выборе наиболее эффективной модели организации учета пока не достигнуто. Очевидно, что для поиска оптимальной иерархии организации ведения бухгалтерского (бюджетного) учета необходимо определить место этой задачи во всем комплексе задач, которые решают механизмы управления государственным бюджетом. Кроме этого, необходимо также, во-первых, определить подходы к классификации и определению множества интеллектуальных агентов (человеко-машинных систем) нижнего уровня. Во-вторых, определить множество допустимых иерархий, из которых необходимо выбрать одну-оптимальную. В-третьих, необходимо задать критерий эффективности, позволяющий сравнивать различные организационные иерархии в динамике их изменения.

Таким образом, для решения актуальной прикладной задачи поиска эффективной организационной иерархии ведения бухгалтерского (бюджетного) учета в секторе государственного управления могут использоваться и те направления ТУОС, которые связаны с построением оптимальных иерархических организационных структур, изложены в работах [7, 13] и ряда других.

В целом же, для управления развитием нового управления в сфере финансов, как в сложной системе с активными системами, целесообразно развивать принцип открытого управления [6], когда государству необходимо решать задачу оптимизации на множестве так называемых совершенно согласованных планов, т.е. планов, оптимальных и выгодных для ее активных элементов.

4. Заключение

Количество обещанных выгод от внедрения ИКТ в деятельность органов управления и подведомственных им учреждений, финансируемых за счет бюджета, растет из года в год уже на

протяжении почти двух десятилетий. В то же самое время, за красивыми маркетинговыми предложениями кроется стремление различных вендоров внедрять все новые и более сложные технологии в процессы управления, порой до конца не проверенные, без использования методов моделирования и без прохождения всех этапов проектирования. При этом расчеты востребованности обещаний и окупаемости затрат, оценки возникающих рисков и особенно — разработка средств управления рисками явно недостаточны, а часто отсутствуют [11].

В таких условиях на всех уровнях государственного управления стало «модно» циклически рассматривать, а затем и утверждать новые концепции, стратегии и планы их реализации, а не заниматься реальной трансформацией управления. Заметна также опасная тенденция подмены стратегических решений тактическими, и все чаще — частными техническими рекомендациями и решениями [11]. В этом отношении справедливо заключение, сделанное в [10] о том, что «исполнительски-чиновнический подход принципиально основан на приоритете искусственности методологии внедрения решений, порождающей соответствующую идеологию социорежиссуры». Следовательно, существующие методы управления организационными проектами пока не используют реальный ИТ-потенциал для повышения эффективности управленческой деятельности и не могут пока обозначить даже слабую перспективу ее конструктивного саморазвития.

В этом отношении можно заключить, что модель организации *внутренней* (по отношению к изменяемой системе) проектной деятельности не эффективна и, как нам кажется, без перспективна. Поэтому для государства важно определять *внешнего* (по отношению к каждой изменяемой функциональной системе) субъекта, финансово и организационно независимого от изменяемой системы и чья основная роль будет связана с прогнозированием, проектированием и мониторингом ее деятельности.

Литература

1. АННЕНКОВ В.И. *Государственная служба: организация управленческой деятельности: учебное пособие (бакалавриат)* / В.И. Анненков, Н.Н. Барчан, А.В. Моисеев, Б.И. Киселёв. 2-е изд., стер. М.: КноРус, 2016. – 253 с.
2. АНФИЛАТОВ В.С., ЕМЕЛЬЯНОВ А.А., КУКУШКИН А.А. *Системный анализ в управлении*. М.: Финансы и статистика, 2002. – 368 с.
3. АТАМАНЧУК Г. В. *Теория государственного управления: Курс лекций*/ Г.В. Атаманчук. - 3-е изд., доп. М.: Изд-во ОМЕГА-Л, 2005. – 584 с.
4. БАЛАШОВ В.Г., ЗАЛОЖНЕВ А.Ю., НОВИКОВ Д.А. *Механизмы управления организационными проектами*. М.: ИПУ РАН, 2003. – 84 с.
5. БУРКОВ В.Н., КОРГИН Н.А., НОВИКОВ Д.А. *Введение в теорию управления организационными системами: учебник*. М.: Кн. Дом «Либроком»/URSS, 2009.
6. БУРКОВ В.Н., ЛЕРНЕР А.Я. *Принцип открытого управления активными системами*. М.: ИПУ РАН, 1971.
7. ГУБКО М.В. *Математические модели оптимизации иерархических структур*. М.: Ленанд, 2006. – 264 с.
8. ДУГЛАС НОРТ. *Институты, институциональные изменения и функционирование экономики* / пер. с англ. АН. Нестеренко; предисл. и науч. ред. Б.З. Мильнера. М.: Фонд экономической книги «Начала», 1997. –180 с.
9. ЕРЖЕНИН Р.В. *Оценка результатов реализации проекта по созданию ГИИС «Электронный бюджет»*. Инновации и инвестиции. 2019. №6. С. 107-113.
10. ЗАХАРЧУК О.Г. *Конструктивное развитие функциональной структуры подсистемы управления российским государством*. Сайт Захарчука О. Г. Режим доступа: http://www.dialog21.ru/zakharchuk/zakharchuk_konstruk_tupravlenie.htm (дата обращения: 11.09.2019).
11. ЗИНДЕР Е.З. *Управление балансом стратегического и тактического в реализации цифровых предприятий и*

электронных правительств. Информационное общество. 2017. № 2. С. 9-22.

12. *Механизмы управления: Учебное пособие* / Под ред. Д. А. Новикова. М.: УРСС (Editorial URSS), 2011. (Умное управление).
13. МИШИН С.П. Оптимальные иерархии управления в экономических системах. М.: ПМСОФТ, 2004. – 190 с.
14. НОВИКОВ Д. А. *Теория управления организационными системами*. 3-е изд., испр. и дополн. М.: Издательство физико-математической литературы, 2012. – 604 с.
15. СОВЕТОВ Б. Я. *Моделирование систем: учеб. для вузов*. 3-е изд. / Б. Я. Советов, С. А. Яковлев. М.: Высш.шк., 2001. – 343 с.

РАЗРАБОТКА И РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТОДИКИ УПРАВЛЕНИЯ РЕСУРСАМИ В КОМПАНИИ СЕРВИСНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

**Львович И.Я., Львович Я.Е., Преображенский А.П.,
Преображенский Ю.П., Чопоров О.Н.**

*(Воронежский институт высоких технологий)
(Воронежский государственный технический университет)*
komkovvibt@yandex.ru, app@vibt.ru

В статье рассматриваются особенности управления компанией, связанной с сервисным обслуживанием. Приведена схема логики обработки входящих инцидентов между линиями поддержки. Дана логическая схема модуля предсказания для определения команды поддержки.

Ключевые слова: компания, управление ресурсами, сервисное обслуживание.

1. Введение

Сервис менеджмента является достаточно распространенным в крупных компаниях. Многие предприятия не стремятся открывать у себя IT отделы в силу экономических выгод или других особенностей, которые нам неизвестны.

Для этого предприятия заключают договор с обслуживающей компанией, которая предоставляет для заказчика оборудование в аренду, инфраструктуру и кадры, которые должны обслуживать все это и конечных пользователей заказчика в том числе.

В данной работе мы рассмотрим работу компании, которая занимается поддержкой бизнес-пользователей из многих других компаний. Несмотря на то, что договоренности для разных проектов будут значительно отличаться [1, 2], принципиальное

построение ИТ поддержки соблюдается согласно процессам сервис менеджмента в рамках методологии ITIL. Затем мы рассмотрим устройство и взаимодействие обслуживающего ИТ департамента для примера некоторого проекта.

2. Общая схема взаимодействия компонентов модели с учетом условий сервисного обслуживания

Согласно процессам сервис менеджмента, в данном проекте можно выделить следующих участников (рис. 1):

- Конечные пользователи со стороны заказчика
- Первая линии поддержки, предоставленная третьей стороной
- Вторая и третья линии поддержки со стороны обслуживающего ИТ департамента.
- Команды поддержки третей стороны и вендоров

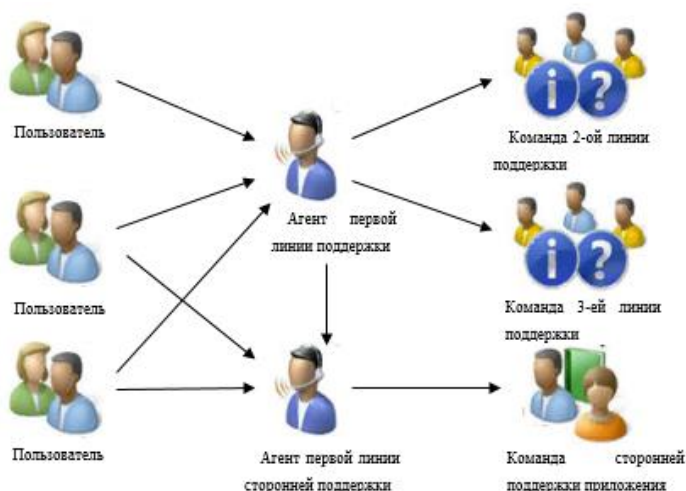


Рис. 1. Общая схема взаимодействия конечных пользователей заказчика с проектной и сторонними техническими поддержками

Конечные пользователи работают в штате Заказчика и выполняют ежедневные задачи бизнеса согласно своей роли. Чтобы была обеспечена непрерывность работы, необходим механизм решения возникающих проблем, которые имеют сущность Инцидент согласно терминам ITIL. Эти задачи покрывает процесс Инцидент менеджмента. Когда у пользователя возникает проблема, он должен быть уверен, что при оформлении запроса, он в кратчайшие сроки, или временные рамки, установленные в договоре по сервисному обслуживанию, получит необходимое решение проблемы, так как для бизнеса и производства каждая минута простоя наносит ощутимый убыток. Для осуществления правильного и быстрого реагирования на возникающую проблему, должны выполняться следующие условия:

- Пользователь должен иметь несколько видов связи с точкой контакта технической поддержки
- Необходимо высоко функциональное программное обеспечение, которое позволяет вести учет входящих инцидентов в системе, для качественной поддержки и решения возникающих проблем на стороне заказчика
- Дополнительные роли, отвечающие за координацию инцидентов с целью уменьшения времени выполнения, изучения и решения инцидентов. Ниже представлена схема с учетом вышеперечисленных условий.
- Таким образом, в компании соблюдаются минимальные требования по поддержке конечных пользователей. Компания, которая предоставляет сервисное обслуживание конечным пользователям заказчика, отвечает за вторую и третью линии поддержки.

Основные различия такого разделения заключается в том, что инцидент, который не был решен на первой линии поддержки, должен быть отправлен на вторую линию для изучения проблемы. Если же инцидент не может быть решен силами второй линии технической поддержки, то инцидент должен быть переправлен на третью линию поддержки для дальнейшего поиска решения [3, 4]. Такой подход позволяет отсеивать инциденты на соответствующих линиях поддержки, тем самым обеспечивая

возможность изучения проблемы по соответствующим уровням компетенций инженеров на линиях поддержки.

Стоит отметить, что количество линий поддержки может быть сколь угодно много, но обычно используется всего три линии поддержки, и если третья линия не может справиться с инцидентом, то могут быть инициализированы другие процессы, например, процесс Управления Проблемами, или инцидент может быть передан в техническую поддержку приложения или вендора (рис. 2).

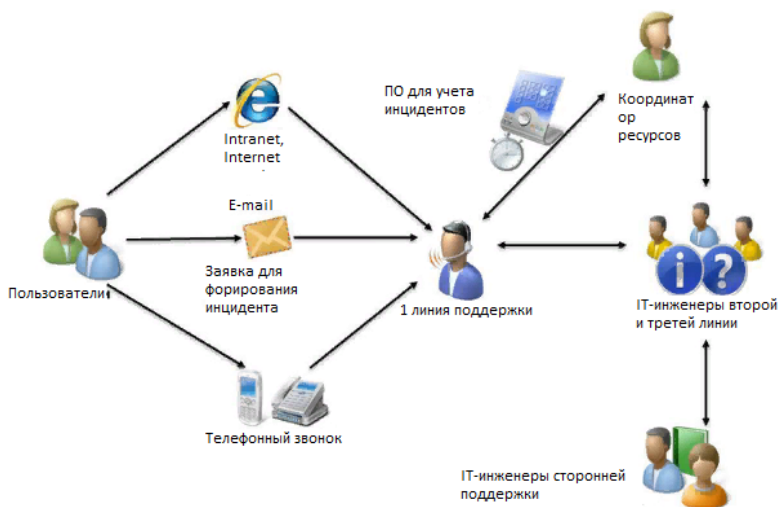


Рис. 2. Общая схема взаимодействия конечных пользователей заказчика с проектной и сторонними техническими поддержками учетом условий сервисного обслуживания

Для обработки и содержания серверов используются дата-центры с большим количеством физических серверных стоек.

Одним из видов деятельности Координатора инцидентов являются задачи распределения инцидентов между соответствующими командами поддержки.

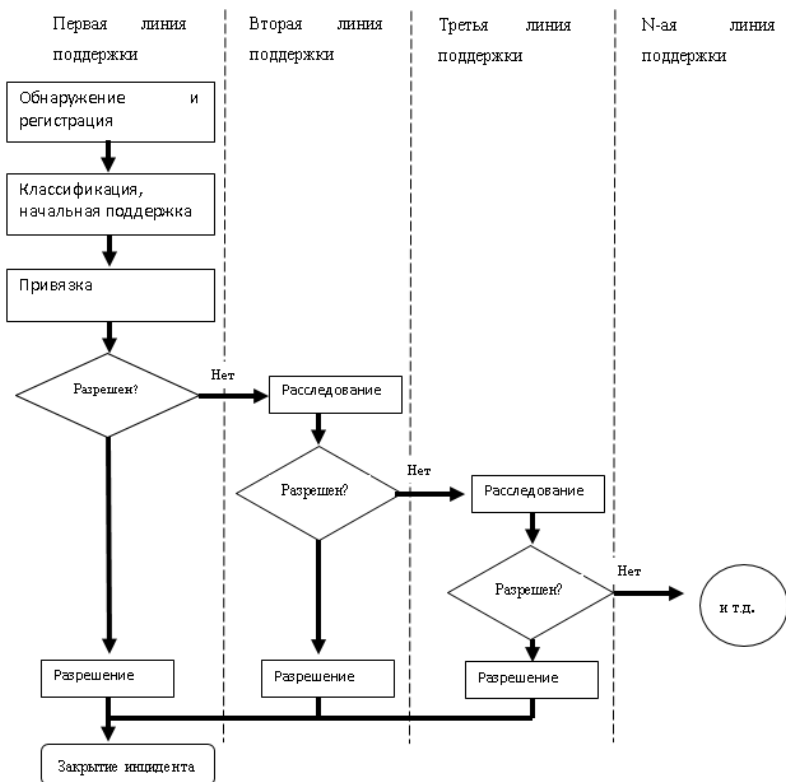


Рис. 3. Схема логики обработки входящих инцидентов между линиями поддержки

Известно, что к инженерам попадает два вида сущности инцидента:

- Пользовательские инциденты
- Мониторинговые инциденты

Система ITSM на исследуемом проекте имеет следующую особенность – когда агенты первой линии поддержки создают инцидент, они не назначают их на конкретную команду поддержки, так как могут не знать в чем основная причина инцидента и это частая ситуация, когда сотрудники первой линии технической

поддержки не обладают достаточными компетенциями для точного определения причины проблемы описанной в инциденте.

Для этого предлагается создать специальную общую очередь для инцидентов (рис. 4), относящихся к командам поддержки ИТ департамента, который содержит в себе участников второй линии поддержки.



Рис. 4. Схема логики обработки входящих инцидентов между линиями поддержки

Несмотря на то, что общая очередь инцидентов включает в себя всех участников со второй линии поддержки, для каждой команды существует своя очередь инцидентов и в нее входят участники второй и третьей линии по соответствующей поддержке приложения или части инфраструктуры.

Общая очередь используется для пользовательских инцидентов, которые заводятся агентами технической поддержки на первой линии и для мониторинговых инцидентов, которые были изначально настроены на отправку в общую очередь инцидентов в мониторинговой системе. Таким образом инженеры второй

линии должны постоянно следить за общей очередью на наличие появляющихся инцидентов.

Здесь есть большой риск нарушения сервисного времени выполнения инцидентов по причине несогласованности действий инженеров. Причинами могут служить как человеческий фактор, так и не добросовестность инженеров, что приводит к нарушению договора по выполнению и решению инцидента и последующими санкциями со стороны заказчика.

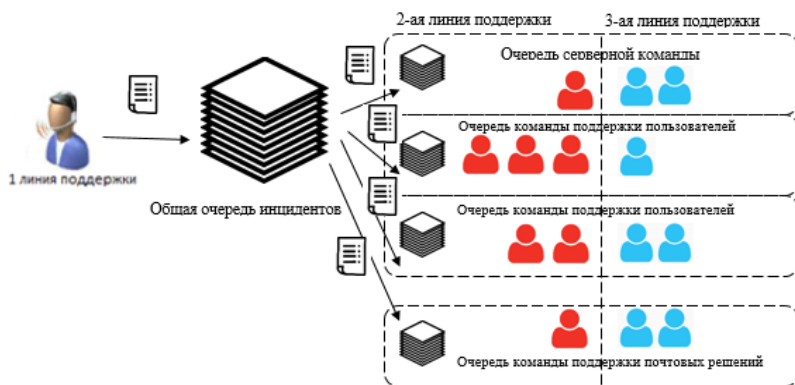


Рис. 5. Логическая схема разделения стеков команд поддержки в ITSM системе

Чтобы избежать подобных проблем, в процесс инцидент менеджмента вводится дополнительная роль Координатора инцидентов. Основной, интересующей в данном исследовании, задачей является высокоуровневая координация инцидентов, их распределение между командами и инженерами, с целью обеспечения максимального быстрого назначения инцидентов на инженеров [5, 6].

На вход обученной модели подается краткое и полное описание инцидента, которое после преобразования выдает результат в виде рейтинга вероятных команд поддержки по убыванию.

Пример предполагаемых команд поддержки:

1. Команда поддержки почтовых серверов – 94%
2. Команда поддержки конечных пользователей серверов – 5%
3. Команда поддержки IIS Web Services – 1%

Рис. 6. Пример выходного результата работы модели в рамках программного решения

Результаты работы программы выводятся в виде удобочитаемого текста, который на данном этапе выполняет информационную роль в помощь Координатору решения в принятии решения о назначении инцидента в стек команды. Выполнение программы с момента входа исходных данных до отображения результата занимает несколько секунд и покрывает первые 4 этапа процедуры Координатора инцидентов с приблизительной точностью около 90%, в то время как Координатор инцидентов тратит около 10 минут времени с высокой долей ошибки определения команды, ответственной за решение инцидента. Координатору остается только выбрать подходящего инженера.

3. Подготовка входных данных и их преобразование

После того, как получены данные в необработанном виде, наступает этап подготовки и описания модели. Можно выделить несколько этапов преобразования данных:

1. Преобразование описания инцидентов. Краткое описание и полное описание объединяется в одну строку для последующей трансформации. Впоследствии используется в качестве входных данных.
2. Проверка маркеров. Маркеры — это результат предсказания модели. На примере данных Таблицы 1 маркерами являются значения столбца Команда поддержки для текущей подзадачи.
3. Текстовый препроцессинг.
 - Векторизация текста. При создании модели использовался векторизатор, потому что он отлично справляется

с трансформацией текста в векторы на сравнительно небольшом количестве данных. Основной идеей векторизации является развертывание всего текста в матрицу, где столбец является элементом документов, а строка – самим документом. К примеру, у нас есть 4 документа:

- Почта не открывается на компьютере, 2. Почта открывается очень долго, 3. Компьютер завис и не отвечает, 4. Компьютер запускается очень долго.
- Каждый элемент документа – слово, которое называется юниграммой. На примере этих документов мы получаем колонки матрицы:

Таблица 1. Заголовки матрицы векторизатора, состоящая из элементов (юниграмм)

Почта	Не	Открывается	На	Компьюте	Завис	Отвеча	И	Запускается
				р		ет		

После этого происходит определение элементов, которое встречается в каждом документе. После того, как шаблон сгенерирован, заполнение матрицы происходит по следующему механизму: если элемент встречается в текущем документе, то ему присваивается 1, иначе присваивается 0.

В конечном итоге образуется многомерная матрица, где для каждого документа составляется вектор слов, которые встречаются в документе.

Стоит отметить, что именованная колонок матрицы следует именовать как характеристики документов.

Был рассмотрен простейший пример векторизации N-грамм. В исследовании используется преобразование текста в число (разреженная матрица) с TF-IDF n грамм, где минимальная частота для функции равна 3.

Таблица 2. Итоговая матрица векторизации

	Почта	не	Открывается	на	Компьютер	Завис	Отвечает	и	Запускается
Почта не открывается на компьютере	1	1	1	1	1	0	0	0	0
Почта открывается очень долго	1	0	1	0	0	0	0	0	0
Компьютер завис и не отвечает	0	1	0	0	1	1	1	1	0
Компьютер запускается очень долго	0	0	0	0	1	0	0	0	1

Использование tf-idf позволяет преобразовать используемые документы в следующую матрицу:

Таблица 3. Итоговая матрица векторизации на базе TF-IDF

	Почта	Не	Открывается	на	Компьютер	Завис	отвечает	и	Запускается
Почта не открывается на компьютере	0,32	0,32	0,61	0,61	0,48	0	0	0	0
Почта открывается очень долго	0,32	0	0,32	0	0	0	0	0	0
Компьютер завис и не отвечает	0	0,32	0	0	0,61	0,48	0,48	0,61	0,48
Компьютер запускается очень долго	0	0	0	0	0,32	0	0	0	0,48

4. Подготовка модели для обучения и тестирования

После того, как все этапы подготовки, преобразования и трансформации текста выполнены, наступает этап обучения модели. Как упомянуто ранее, в качестве модели выбран алгоритм логистической регрессии, который обучается на 70% данных и тестируется на оставшихся тридцати процентах. Так как преобразования текста, создание модели и ее обучение производится в программной среде языка Python, используется библиотека для научных вычислений `sklearn`, которая также содержит необходимый векторизатор `TF_IDF` для трансформации текста в вектора.

В основе обучения, как упоминалось ранее, лежит использование полиномиальной логистической регрессии, результатом которой является прогнозирование соответствующей команды поддержки по определенной проблеме. В ходе эксперимента выясняется, что нельзя брать как результат только одну команду поддержки, так как инцидент может иметь составную проблему, где требуется привлечение сразу несколько команд для решения [7]. С другой стороны, описание инцидента может быть составлено некорректно, и основная причина проблема пользователя может заключаться в области ответственности другой команды. Поэтому было принято решение выводить рейтинг самых вероятных команд для решения проблемы, описанной в инциденте [8].

Согласно определенным требованиям, можно получить ответ как должна обучаться модель [9].

Анализ и проведение экспериментов по повышению качества работы модели

После того, как была получена обученная модель, которая предсказывает команду поддержки, средствами языка Python ее можно сохранить в виде специального файла, который можно потом подключать как самостоятельный модуль (Рис.7.).

Экспериментальным путем, было выяснено, что для каждой команды поддержки будет создана своя обученная модель, которая будет подключаться в зависимости от предсказанной команды поддержки первой моделью. Каждая модель команды поддержки содержит в себе все те же преобразования, которые

использовались для первой модели. Единственное отличие заключается в том, что для каждой модели исходные данные будут преобразовываться и фильтроваться по соответствующей команде поддержки.



Рис. 7. Логическая схема модуля предсказания для определения команды поддержки

Табл. 4. Пример данных по решенным инцидентам для конкретной команды поддержки с инженерами

Краткое описание	Полное описание	Статус	Команда поддержки	Инженер
Почта. Не работает	На моем ноутбуке не работает почта <...>	Решен	Поддержка конечного пользователя	Инженер 1
Интернет отсутствует	Не получается открыть страницу в веб-браузере <...>	Решен	Поддержка конечного пользователя	Инженер 3
Приложение не открывается на ноутбуке	Не удастся открыть приложение	Решен	Поддержка конечного пользователя	Инженер 5

Таким образом, фильтруя данные только по конкретной команде поддержки, можно предотвратить зашумленность данных, которая может повлиять на получаемое предсказание.

Для каждой модели в данных используется маркер столбца инженеров, так как именно их планируется предсказывать по

результатам выполнения работы обученной модели. Как и в первой модели происходят последовательные этапы преобразования текста, в результате которого мы получаем матрицы неточностей по количеству инцидентов и с нормализованными значениями по предсказаниям инженеров.

Engineer1	0.59	0.00	0.09	0.09	0.17	0.06
No in the team	0.03	0.00	0.16	0.24	0.57	0.00
Engineer2	0.08	0.00	0.54	0.08	0.19	0.11
Engineer3	0.05	0.00	0.09	0.59	0.16	0.12
Engineer4	0.19	0.00	0.14	0.10	0.54	0.03
Engineer5	0.27	0.00	0.18	0.45	0.00	0.09
	Engineer1	No in the team	Engineer2	Engineer3	Engineer4	Engineer5

Рис. 12. Нормализованная матрица неточностей между инженерами команды поддержки в процентном соотношении.

Рассмотрим матрицу неточностей для одной команды поддержки, участниками которой являются 5 инженеров. Проанализировав рисунок 25, можно сделать вывод, что процент неточностей достаточно высок. Помимо инженеров здесь присутствуют значения Not in the Team, которые указывают на то, что некоторые инциденты могли закрываться без явного указания инженера или этот инженер, когда-то был участником команды поддержки. Так как данные берутся за несколько лет и кадровые перестановки являются неотъемлемой частью динамического бизнеса, нельзя очищать данные, которые могут содержать в себе важные связи, влияющие на обучение и точность предсказания.

Одной из важных характеристик матрицы неточностей с нормализованными значениями является тот факт, что сумма значений по горизонтали для инженера (фактические значения) равна 1 по каждой метке, но суммы по вертикали (предсказанные значения) обычно далеки от единицы. Это означает, что некоторые инженеры будут предсказываться чаще, чем другие, и это может создать общий дисбаланс для модели. Основываясь на этом, модель обучается, корректируя начальные веса, чтобы достичь суммы по вертикали, близкой к 1.0 (+/- 0.05). Таким образом, с точки зрения алгоритма, модель берет базовые веса и начинает их перераспределять, из цикла в цикл. Одним из условий является, что цикл имеет в среднем около 15 итераций, чтобы предотвратить бесконечное выполнение или излишнего переобучения модели.

Важными отличиями моделей предсказания подходящих инженеров от первой модели по определению команды являются:

- Для каждой модели будет строго предопределен словарь актуальных инженеров. Это позволит избежать ошибок в обучении и предсказании инженеров, которые уже не участвуют в деятельности команды поддержки.
- Задается словарь корректировочных весов для инженеров, которые участвовали в решении инцидентов, но теперь не участвуют в деятельности проектной команды (Not in the Team). Эти значения нельзя игнорировать, и они будут равномерно распределяться по весам

остальных, актуальных инженеров в процессе обучения и с помощью математических преобразований

```
modelDefineResolver=LogisticRegression(class_weight=dictweight,  
solver='saga',max_iter=10000, C=1, multi_class='multinomial').fit(X_train, res_train)
```

Рис. 13. Основная функция обучения модели по инженерам команды поддержки

Выше представлена общая функция обучения модели мультиномиальной логистической регрессии, которая имеет следующие параметры:

- `Class_weight = dictWeight` – подключения словаря весов для распределения весов неактуальных инженеров среди действующих инженеров команды поддержки
- `Solver='SAGA'` - нестандартный метод оптимизации алгоритма мультиномиальной логистической регрессии, повышающий скорость и точность обучения алгоритма
- `Max_iter=10000` – количество итераций прогонов при обучении алгоритма
- `C=1` – параметр регуляризации, который был подобран экспериментальным путем
- `Multi_class='multinomial'` – параметр отвечающий за выполнения не бинарной классификации, таким образом количество классов будет зависеть от количества инженеров команды поддержки.
- `Fit(X_train, res_train)` – обучение модели на тренировочных данных `X_train` и последующей тренировкой на тестовых данных `res_train`, которые до этого не участвовали в процессе обучения

После того, как каждая модель будет обучена для каждой команды поддержки по инженерам, полученные модели будут также сформированы в модульные файлы, которые будут подключаться на основе результатов модели определения команды поддержки. Структура обобщенной модели будет выглядеть следующим образом:



Рис. 14. Логическая схема улучшенной модели программного решения

Таким образом, улучшенная модель позволит определять инженеров соответствующей команды поддержки. При определении команды поддержки первой моделью (наиболее вероятную в списке предлагаемых), срабатывает механизм подключения соответствующей модели для предсказанной команды, и после ее выполнения программа выдаст базовое предсказание наиболее подходящих инженеров для решения инцидента.

В ходе эксперимента, автором исследования были обнаружены следующие недостатки:

- Несмотря на высокую точность первой модели по определению команды поддержки, самая вероятная команда может быть не правильно предсказана, что влечет за собой подключение неправильной модели по предсказанию инженеров.
- Базовое предсказание инженеров опирается только на статистические данные, на которых обучалась модель, не учитывая текущее состояние инженера и его доступность для решения инцидента.
- Автором исследования было предпринято решение по поиску оптимизации предсказанного значения, который будет максимально соответствовать действительности. Для этого были рассмотрены следующие направления по улучшению:
- Получение данных о состоянии инженера, посредством получения статуса в коммуникаторе Skype. Статусы: доступен, занят, не в сети имеют свои весовые характеристики, которые будут влиять на значение предсказания инженера. Эмпирическим путем была получена зависимость значения веса от времени отсутствия инженера на месте. Чем больше прошло времени согласно статусу ушел, тем меньше будет

результатирующий вес предсказания для выбора подходящего инженера.

- Получение данных о загрузке инженера. Данный коэффициент влияет на вес предсказания согласно проектной загрузке инженера в проектной работе. Для этого должно быть подсчитано количество инцидентов, назначенных на инженера, количество инцидентов в очереди команды.
- Полученное процентное соотношение также будет влиять на результирующий вес предсказания, чтобы избежать излишней нагрузки на одного инженера.

Автор исследования полагает, что принятые меры по оптимизации предсказанных результатов позволят получить наиболее точное предсказание в сравнении с базовым предсказанием. Ниже приведена таблица с учетом коэффициентов, которые влияют на вес итогового предсказания:

Табл. 5. Пример расчетов числовых характеристик для корректировки базового предсказания инженера команды поддержки

	Кол-во инцидентов	Коэффициент отклонения	Нормализованное значение коэффициента	Базовое предсказание	Предсказание*Загрузка	Нормализованный итоговый результат
Engineer1	8	-1.4	4.38	0.08	0.3504	5.908937605
Engineer2	2	4.6	10.38	0.03	0.3114	5.251264755
Engineer3	10	-3.4	2.38	0	0	0
Engineer4	10	-3.4	2.38	0.09	0.2142	3.612141653
Engineer5	10	-3.4	2.38	0.25	0.595	10.03372681
Engineer6	5	1.6	7.38	0.05	0.369	6.222596965
Engineer7	3	3.6	9.38	0.15	1.407	23.72681282

Как можно видеть из Таблицы 5, базовое предсказание указывало на Инженера 5 как на самого подходящего инженера для решения инцидента. С учетом применения корреляционных весов итоговый результат указывает на Инженера 7 как наиболее подходящего инженера для решения задачи в данный момент времени.

Таким образом было рассмотрено устройство модели принятия решения АИК с точки зрения построения принципов взаимодействия компонентов и ролей в инцидент менеджменте.

5. Вывод

В ходе выполнения работы было разработано программное решение по автоматизации деятельности одной из ролей в области управления ИТ-инфраструктурой. Были выдвинуты и изучены предложения по совершенствованию процессов принятия решений на основе методов машинного обучения, в частности метода логистической регрессии, проведены эксперименты и расчеты, показывающие качественное улучшение точности принятия решений.

Международные исследования в области ИТ обслуживания показывают, что с возрастанием объемов бизнеса и конечных пользователей, пропорционально возрастает и объем данных, которые должны обрабатываться большим количеством инженеров и координироваться компетентными людьми для предоставления качественного сервиса, поэтому в рамках диссертационного работы были изучены методы и алгоритмы машинного обучения, которые входят в основу программного решения по автоматизации деятельности Координатора инцидентов в рамках управления ИТ обслуживанием.

В данной работе спроектировано и создано программное решение на языке Python, которое содержит в себе интеллектуальную обученную модель принятия решения.

Были изучены и описаны процессы управления инцидент менеджмента на существующем проекте сервисного обслуживания. Рассмотрены этапы создания модели принятия решения,

обучаемые на входных данных, отличительные особенности обучения модели и ее параметризация, которая подбиралась опытным путем в рамках проведения экспериментов. Полученные экспериментальные данные показывают, что точность прогнозирования в принятии решения достигает 90%, при наименьших затратах времени.

При разработке программного решения по управлению ИТ-обслуживанием на основе методов машинного обучения были решены следующие задачи:

Углубленное изучение принципов ITIL как основополагающую методологию в сфере ИТ-обслуживания для поиска приоритетных проблем с целью их автоматизации

Проведен анализ роли координатора инцидентов в описательной модели сервисного ИТ обслуживания

Были сформулированы и проработаны предложения по совершенствованию управления ИТ-обслуживанием в контексте деятельности инцидент-координатора

Реализована модель принятия решения на основе методов логистической регрессии средствами среды разработки языка Python.

Литература

1. ЧЕРНИКОВ С.Ю., КОРОЛЬКОВ Р.В. *Использование системного анализа при управлении организациями* // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2014. № 2 (5). С. 16.
2. САМОЙЛОВА У.А. *О некоторых характеристиках управления предприятием* // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2014. № 12. С. 176-179.
3. ЗЯБЛОВ Е.Л., ПРЕОБРАЖЕНСКИЙ Ю.П. *Построение объектно-семантической модели системы управления* // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2008. № 3. С. 029-030.

4. ИСАКОВА М.В., ГОРБЕНКО О.Н. *Об особенностях систем управления персоналом* // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2014. № 12. С. 168-171.
5. КРАВЦОВ Д.О., ПРЕОБРАЖЕНСКИЙ Ю.П. *Методика оптимального управления социально-экономической системой на основе механизмов адаптации* // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2008. № 3. С. 133-134.
6. ПАВЛОВА М.Ю. *Об использовании научной составляющей при формировании профессиональных качеств инженера* // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2012. № 9. С. 144-145.
7. ПРЕОБРАЖЕНСКИЙ Ю.П. *Разработка методов формализации задач на основе семантической модели предметной области* // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2008. № 3. С. 075-077.
8. ЕРМОЛОВА В.В., ПРЕОБРАЖЕНСКИЙ Ю.П. *Методика построения семантической объектной модели* // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2012. № 9. С. 87-90.
9. ПРЕОБРАЖЕНСКИЙ Ю.П. *Оценка эффективности применения системы интеллектуальной поддержки принятия решений* // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2009. № 5. С. 116-119.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТНОШЕНИЙ В АВТОМАТАХ СПЕЦИАЛЬНОГО ВИДА ДЛЯ МОНИТОРИНГА ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ КОМПОНЕНТОВ БОЛЬШИХ СИСТЕМ

Максимовский А.Ю.

(Институт проблем управления РАН, Москва)

almxmwxu@mail.ru,

Доклад посвящен поиску путей развития предложенных в [8-9] методов и средств осуществления мониторинга информационной безопасности представимых в виде конечных автоматов компонентов сложных и активных систем, а также и сетей, посредством которых осуществляется взаимодействие этих компонентов. Данное проблематика является логичным дополнением подходов, предложенных в работах [4-7], применительно к системам, относящимся к критической информационной инфраструктуре Российской Федерации. Построен класс регистра сдвига, позволяющих повысить эффективность методов мониторинга, предложенных в [8], а также определены возможные направления дальнейших работ с использованием более общих по сравнению с известных алгебраических объектов

Ключевые слова: мониторинг информационной безопасности, конечный автомат, регистр сдвига, диаметр графа.

1. Введение

Одной из базовых проблем управления функционированием системами, относящимся к критической информационной инфраструктуре Российской Федерации (далее – КИИ РФ) является обеспечение их информационной безопасности (далее – ИБ) в

условиях активно предпринимаемых попыток воздействия на указанные системы с целью снижения эффективности их использования вплоть до полного или частичного вывода из строя. В такой ситуации наиболее эффективным инструментом обеспечения ИБ таких систем является мониторинг ИБ их компонентов и сетей, посредством которых осуществляется взаимодействие этих компонентов. Применительно к системам, относящимся к КИИ РФ, в работах [4-7] предложены подходы к построению параметрических моделей оценки уровня ИБ объектов КИИ и рискового потенциала. В качестве одного из критериев для мониторинга ИБ сетевых объектов, входящих в сложные системы, могут использоваться запреты их выходных последовательностей (см., [1-3,12]). В работах [8-9] предложены механизмы построения и использования экспериментов с автоматами, а также отношений специального вида для автоматных моделей компонентов сложных систем и ассоциированных с ними комбинаторных объектов (определяемых на графах или мультиграфах соответствующих автоматов -, в рассматриваемом случае, регистров сдвига или их обобщений), обладающих необходимыми свойствами для целей мониторинга ИБ сетевых объектов. В данном докладе обсуждаются пути развития результатов работ [8-9].

В работе [8] было предложено для проведения мониторинга безопасности сетевых объектов использовать свойство недоступности (l -недоступности) k -грамм выходных последовательностей сетевых объектов. Описан класс недвоичных регистров сдвига, для диаметров мультиграфов которых удалось получить нижние оценки эффективности и трудоемкости реализации методов мониторинга безопасности с использованием l -недоступности k -грамм выходных последовательностей.

2. Недвоичные регистры сдвига

В данном разделе мы опишем подход к построению класса недвоичных регистров сдвига, которые позволяют гарантировать верхние оценки диаметров мультиграфов, и тем самым найти законченное решение рассматриваемой задачи.

В [8] рассматривался следующий класс регистров сдвига, Пусть $\rho(g)$ – регистр длины k над конечным множеством Ω_n , $|\Omega_n| = n$ с входным алфавитом X , выходным алфавитом Y и функцией обратной связи:

$$g(s_1, \dots, s_k, x) = z(s_1, \dots, s_k)H_x,$$

где функция $z: \Omega_n^k \rightarrow \Omega_n$ биективна по первой переменной, H_x – подстановка множества Ω_n , и множество $H_X = \{H_x, x \in X\}$ транзитивно на Ω_n . При этом $|H_X| = n$. В качестве функции выходов рассматривается проекция состояния регистра на его первую координату (или произвольное инъективное отображение множества Ω_n^k на алфавит Y).

Обозначим $\Gamma_{\rho(g)}^{[m]}$ оргграф, вершинами которого являются кортежи, состоящие из m попарно различных состояний регистра сдвига $\rho(g)$, из вершины $(s_1, s_2, \dots, s_m)$ в вершину $(t_1, t_2, \dots, t_m)$ заходит дуга, если найдется входной символ $x \in X$ со свойством для каждого $j \in \{1, m\}$ и $s_j = (s_{1,j}, \dots, s_{k,j})$, $t_j = (s_{2,j}, \dots, s_{k,j}, z(s_{1,j}, \dots, s_{k,j})H_x)$. Пусть $\partial(\Gamma_{\rho(g)}^{[m]})$ – диаметр $\Gamma_{\rho(g)}^{[m]}$.

В [8] описан класс функций обратной связи регистра $\rho(g)$, для которых справедливо неравенство:

$$\partial(\Gamma_{\rho(g)}^{[2]}) \geq k^2 + k - 1.$$

Однако такая величина параметра недоступности применительно к конкретным ситуациям может оказаться слишком большой, что побуждает искать пути и условия его уменьшения.

3. Построение регистра сдвига с гарантированными верхними оценками диаметра мультиграфа биграмм состояний

Объектом нашего исследования будет регистр сдвига $C(\varphi, \hat{F})$ длины k над конечным множеством Ω_n $|\Omega_n| = n$ с входным алфавитом X , выходным алфавитом Y и функцией переходов:

$$(s_1, \dots, s_k)\rho(\varphi)F_x = (s_2, \dots, s_k, \varphi(s_1, \dots, s_k)F_x),$$

где функция $\varphi: \Omega_n^k \rightarrow \Omega_n$ биективна по всем своим существенным переменным, включая переменные с номерами 1 и k , F_x – подстановка из множества $\hat{F}$, дважды транзитивного на множестве Ω_n , так что $|X| \geq n(n-1)$. Аналогично графу $\Gamma_{\rho(g)}^{[m]}$ можно определить $\Gamma_C^{[m]}$.

Для изучения свойств $\Gamma_C^{[m]}$ используем новую редакцию понятия «соотношение связанности», введенного в [9], но ориентированную на $C(\varphi, \hat{F})$. Будем говорить, что регистр сдвига $C(\varphi, \hat{F})$ имеет «структурную связь» (СС) K типа $\varepsilon(K) \in \{0, 1\}$, порядка $n(K) = l \in \mathbb{N}$, с конфигурацией $v(K) = \{v_1, \dots, v_l\}$, шаблоном $\kappa(K) = (\kappa_{v_1}, \dots, \kappa_{v_l})$, где $\kappa_{v_i} \in \{0, 1\}$, $v_i \in \mathbb{N}^?$, $i = 1, \dots, l$, если для любых $i \in \mathbb{N}$ $F_{x_j} \in \hat{F}$, $j = 1, \dots, v_l - k + 1$, любых $a_{i-k+v_l+1}, \dots, a_{i+v_l} \in \Omega_n$, $b_{i-k+v_l+1}, \dots, b_{i+v_l} \in \Omega_n$, удовлетворяющих условию: $\delta(a_{i+v_t}, b_{i+v_t}) = \kappa_{v_t}$, $t = 1, \dots, l$, имеет место равенство $\delta(a_i, b_i) = \varepsilon(K)$. Здесь обозначено:

$$\delta(a, b) = \begin{cases} 1, & a \neq b \\ 0, & a = b \end{cases}$$

$$(a_i, \dots, a_{i+k-1}) = (a_{i-k+v_l+1}, \dots, a_{i+v_l})(\rho(\varphi)F_{x_1} \dots \rho(\varphi)F_{x_{v_l-k+1}})^{-1}$$

$$(b_i, \dots, b_{i+k-1}) = (b_{i-k+v_l+1}, \dots, b_{i+v_l})(\rho(\varphi)F_{x_1} \dots \rho(\varphi)F_{x_{v_l-k+1}})^{-1}$$

Любой регистр $C(\varphi, \hat{F})$ имеет СС K_0 , у которой: $\varepsilon(K_0) = 1$, $n(K_0) = k$, $v(K_0) = \{1, \dots, k\}$, $\kappa(K_0) = (0, \dots, 0, 1)$.

СС K' назовем следствием (СС) K , если $v(K) \subset v(K') = \{v'_1, \dots, v'_l\}$, $\kappa_{v_j} = \kappa'_{v'_j}$, $\kappa(K') = (\kappa'_{v'_1}, \dots, \kappa'_{v'_l})$, $\varepsilon(K) = \varepsilon(K')$. Будем говорить, что СС K получена применением СС K_1 к СС K_2 , если СС K является следствием СС K_2 , причем $v(K_2) \setminus v(K) = \{v_j\}$, $\kappa_{v_j} = \varepsilon(K_1)$, и для $l = n(K_1)$ найдутся $v_{i_1}, \dots, v_{i_l}$, для которых $v(K_1) = \{v_{i_1} - v_j, \dots, v_{i_l} - v_j\}$, $\kappa(K_1) = (\kappa_{u_1}, \dots, \kappa_{u_l})$, $u_t = v_{i_t} - v_j$, $t = 1, \dots, l$. Назовем СС K производной от структурных связей $K_1, \dots, K_s$, если путем применения к СС K структурных связей $K_{i_1}, \dots, K_{i_j}$, $i_t \in \{1, \dots, s\}$, $t = 1, \dots, j$, мы получим СС, являющуюся следствием хотя бы одной из СС $K_1, \dots, K_s$.

Структурную связь, которая не является ни следствием, ни производной от других СС, назовем минимальной (МСС).

Сформулируем основные результаты об оценках диаметра $\partial(\Gamma_C^{[2]})$ графа $\Gamma_C^{[2]}$.

Теорема 1.

1. Если функция φ биективна по переменным с номерами $m_1 = 1 < m_2 < \dots < m_t = k, t < k, \zeta_\varphi = \max_{1 \leq j < t} (m_j - m_{j-1})$, и не зависит от остальных переменных, тогда

$$\partial(\Gamma_C^{[2]}) \leq 6k - m_{t-1} - 1 + k \left\lfloor \frac{\zeta_\varphi - k + m_2 - 1}{t-1} \right\rfloor.$$

2. Если функция φ биективна по всем своим переменным, и регистр сдвига $C(\varphi, \hat{F})$ не имеет МСС $\hat{K}$ типа $\varepsilon(\hat{K}) = 0$ с конфигурацией $v(\hat{K}) = \{k, \dots, k + n(\hat{K}) - 1\}$, тогда

$$\partial(\Gamma_C^{[2]}) \leq 4k.$$

3. Если функция φ биективна по всем своим переменным, и конфигурация $v(\tilde{K})$ МСС $\tilde{K}$ регистра сдвига $C(\varphi, \hat{F})$, $\varepsilon(\tilde{K}) = 0$, имеет вид $v(\tilde{K}) = \{k, \dots, k + n(\tilde{K}) - 1\}$, тогда

$$\partial(\Gamma_C^{[2]}) \leq 3k + k \left\lfloor \frac{k-1}{n(\tilde{K})-1} \right\rfloor.$$

Приведем достаточные условия, при которых диаметр $\partial(\Gamma_C^{[2]})$ графа $\Gamma_C^{[2]}$ конечен, или, что равносильно, группа $G(C) = G(C(\varphi, \hat{F}))$ регистра сдвига $C(\varphi, \hat{F})$ дважды транзитивна.

Теорема 2.

Пусть функция φ биективна по переменной с номером j , и существует такое $\alpha \in \Omega_n$, что для любой $(k-1)$ -граммы $(a_1, \dots, a_{k-1}) \in \Omega_n^{k-1}$ не пусто множество

$$C_i^{(a_1, \dots, a_{k-1})} = \{c | c \in \Omega_n, \varphi(a_1, \dots, a_{i-1}, c, a_i, \dots, a_{k-1}) \neq \varphi(\alpha, \dots, \alpha)\}.$$

Тогда группа $G(C)$ дважды транзитивна в каждом из следующих случаев:

1. $n \geq 4, j = k$ или $i = k, \left| C_k^{(a_1, \dots, a_{k-1})} \right| \geq 3$ для любой $(a_1, \dots, a_{k-1}) \in \Omega_n^{k-1}$.

2. $n \geq 5, j < i < k, k - i + 1$ и $k - j + 1$ взаимно просты, и при этом $\left| C_k^{(a_1, \dots, a_{k-1})} \right| \geq 3$ для любой $(a_1, \dots, a_{k-1}) \in \Omega_n^{k-1}$.

3. $n \geq 5, i < j < k, k - i + 1$ и $k - j + 1$ взаимно просты, и при этом $\left| C_k^{(a_1, \dots, a_{k-1})} \right| \geq 4$ для любой $(a_1, \dots, a_{k-1}) \in \Omega_n^{k-1}$.

4. Заключение

Результат теоремы 1 позволяет сделать ряд выводов о свойствах функции φ и предложений по оптимизации выбора как самой функции, так и автоматов, применяемых в качестве моделей элементов сложных систем, для разработки и апробации методов и средств мониторинга информационной безопасности :

1) если функция φ биективна по переменным с номерами 1, 2, $k - 1, k$, то $\partial \left(\Gamma_C^{[2]} \right) \leq 5k$, что указывает на то, что для достижения приемлемых значений величины $\partial(\Gamma_C^{[2]})$ нет необходимости увеличивать число существенных переменных функции φ ;

2) если функции φ является особой в смысле определения, данного в работе [8], то мы оказываемся условиях третьего пункта теоремы для регистра сдвига $C(\varphi, \hat{F})$, который имеет МСС $\check{K}$ с конфигурацией $v(\check{K}) = \{k, \dots, k + 1\}$, и потому справедливо неравенство:

$$k^2 + k - 1 \leq \partial \left(\Gamma_C^{[2]} \right) \leq k(k + 2),;$$

что показывает достаточную точность оценки из теоремы 1;

3) увеличение мощности входного алфавита регистра сдвига позволило расширить класс преобразований, применяемых в функции перехода регистра сдвига и, в том числе, за счет этого уменьшить величину $\partial(\Gamma_C^{[2]})$ по сравнению с ее аналогом из [8];

4) в работе [9] на примере регистров сдвига с переносом предложены пути повышения эффективности методов мониторинга информационной безопасности за счет использования более общих алгебраических конструкций при синтезе автоматов, применяемых в целях моделирования и последующей реализации методов и средств мониторинга информационной безопасности;

5) с учетом результатов работы [9] представляет интерес исследование систем образующих симметрической группы подстановок, построенных на базе редуцированных регистров сдвига (см. [10,11]), с целью построения автоматов, имеющих небольшие диаметры мультиграфов k –грамм состояний и соответствующих выходных последовательностей.

Литература

1. БАБАШ А. В. *Запреты автоматов и двоичных функций* // Труды по дискр. матем., 2006, том 9, С.7–20
2. БАБАШ А. В. *Запреты автоматов* // Матем. заметки, 2012, том 91, выпуск 5, С. 667–673
3. ГРУШО А.А., ГРУШО Н.А., ТИМОНИНА Е.Е. *Включение новых запретов в случайные последовательности* // Информ. и ее примен., 8:4 (2014), С. 46-52
4. КАЛАШНИКОВ А.О., АНИКИНА Е.В. *Метод эффективного распределения сканеров для мониторинга информационной безопасности узлов гетерогенной сети* // Информация и безопасность. - 2018. Т.21, вып.4. С. 455-464
5. КАЛАШНИКОВ А.О., АНИКИНА Е.В. *Модель управления информационной безопасностью критической информационной инфраструктуры на основе выявления аномальных состояний (Часть 1)* // Информация и безопасность. – 2018. – Том 21. – № 2(4). – С. 145-154.
6. КАЛАШНИКОВ А.О., АНИКИНА Е.В. *Модель управления информационной безопасностью критической информационной инфраструктуры на основе выявления аномальных состояний (Часть 2)* // Информация и безопасность. – 2018. – Том 21. – № 2(4). – С. 155-164.
7. КАЛАШНИКОВ А.О., САКРУТИНА Е.А. *Модель оценки безопасности критической информационной инфраструктуры на основе метода вейвлет-анализа* // Информация и безопасность. – 2017. – Том 20. – № 4(4). – С. 478-491
8. КАЛАШНИКОВ А.О., МАКСИМОВСКИЙ А.Ю. *Использование специальных соотношений в автоматах для*

- мониторинга информационной безопасности сетевых объектов // Информация и безопасность. – 2019. – Том 22. – № 1(1). – С. 30-37*
9. МАКСИМОВСКИЙ А.Ю. *О двух классах автоматов над конечными кольцами, построенных на основе изоморфизма регистра сдвига с переносом, и их применении для защиты информации. // Вопросы кибербезопасности. – 2019. – № 1(29). – С. 69-76*
 10. МАКСИМОВСКИЙ А.Ю. *О групповых свойствах подстановок, определенных на смежных классах конечной абелевой группы составного порядка по ее подгруппам. Математические вопросы криптографии. 2016, Т.7, № 1, с. 83-92.*
 11. МАКСИМОВСКИЙ А.Ю., МЕЛЬНИКОВ С.Ю. *Спектральные и комбинаторные свойства редуцированных графов Де Брейна. // Вопросы кибербезопасности. 2018. № 4, С. 70-76*
 12. СУМАРОКОВ С. Н. *Запреты двоичных функций и обратимость для одного класса кодирующих устройств // Обозрение прикл. и пром. мат. - 1994. - Т.1 – Вып. 1, С. 33-55.*

О ПРИМЕНЕНИИ АВТОМАТИЧЕСКОГО ЭКСПОНЕНЦИАЛЬНОГО ФИЛЬТРА ДЛЯ ОЦЕНИВАНИЯ ТРЕНДОВ В WEB-ПРИЛОЖЕНИИ GOOGLE TRENDS

Трофимов В.Б.

*(Национальный исследовательский технологический
университет «МИСиС», Московский технический универ-
ситет связи и информатики, Москва)*
trofimov_vbt@mail.ru

*В работе рассматривается актуальная прикладная задача оце-
нивания трендов в web-приложении Google Trends. Предложен
подход к выбору условно-образцовой кривой для настройки авто-
матического фильтра. Выполнена настройка экспоненциаль-
ного фильтра для оценивания трендов.*

Ключевые слова: автоматический фильтр, метод экспертных оценок, тренд.

1. Введение

Google Trends является web-приложением компании Google, основанным на поиске Google, которое отражает, как часто определенный термин ищут по отношению к общему объему поиско-вых запросов в различных регионах страны и мира.

На горизонтальной оси основного графика представлено время, а на вертикальной оси – числа, которые обозначают уро-вень интереса (популярности) к теме. 100 баллов означают наивысший уровень популярности запроса, 50 – средний уровень популярности, а 0 баллов означает отсутствие данных о рассмат-риваемом запросе. Под основным графиком отображается рас-пределение популярности по регионам, городам.

Google Trends позволяет пользователю сравнить объем поисковых запросов по двум или более поисковым фразам, выполнить анализ популярности и сезонности поисковых запросов, его также можно использовать для отслеживания заболеваемости гриппом среди населения, для исследования объема биржевых сделок по названию компании и в других прикладных задачах.

2. Постановка задачи

Исходные данные и условия задачи.

1. Описание web-приложения Google Trends (рис. 1) [1, 2].

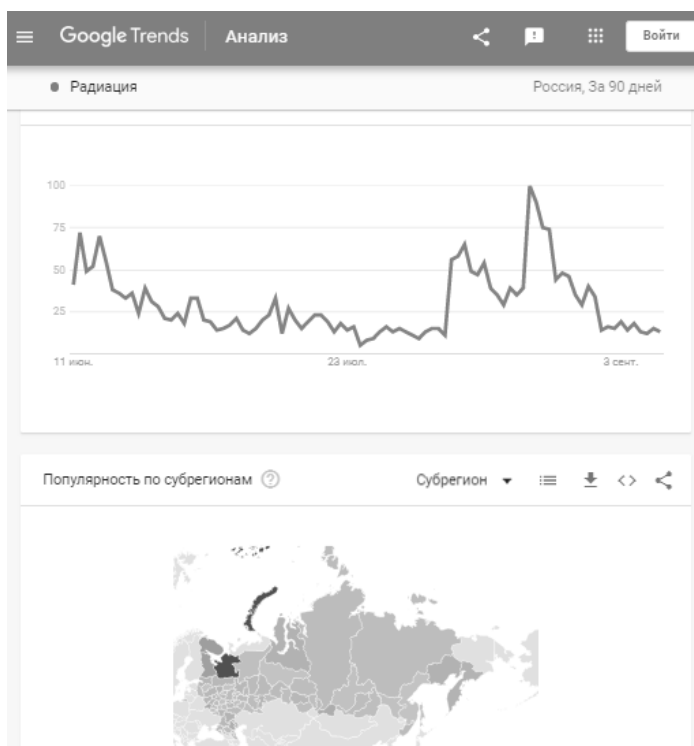


Рис. 1 – Экранная форма Google Trends

2. Метод настройки фильтров по условно-образцовой кривой [3], метод экспертных оценок – метод ранжирования [4].

3. Первичные данные об уровне популярности темы «Радиация» с 16.06.2019 по 09.09.2019 (рис. 2), обучающая выборка с 16.06.2019 по 15.08.2019, а контрольная выборка с 16.08.2019 по 09.09.2019.

4. Экспоненциальный фильтр, выходное значение которого определяется по формуле:

$$(1) \quad \tilde{X}(i) = \tilde{X}(i-1) + \alpha (X(i) - \tilde{X}(i-1)),$$

где $\alpha \in (0, 1)$ – настроенный коэффициент; $X(i)$ – значение исходного ряда данных (уровень популярности) в i -ый момент времени; $\tilde{X}(i)$ – сглаженное значение; $i = 0, 1, \dots, N$ – дискретные моменты времени.

5. Критерий эффективности настройки экспоненциального фильтра:

$$(2) \quad Q = \frac{1}{N+1} \sum_{i=0}^N |\bar{X}(i) - \tilde{X}(i)|,$$

где $\bar{X}(i)$ – значение условно-образцовой кривой в i -ый момент времени.

Требуется настроить автоматический экспоненциальный фильтр для оценки тренда.

3. Предлагаемый подход

Для формирования множества вариантов условно-образцовой кривой, отражающей близкие к действительным значениям уровня популярности, привлекаются эксперты (специалисты по анализу данных), которые выделяют низкочастотную составляющую из исходного временного ряда данных $X(i)$, например, с помощью электронной ручки или цифровых фильтров, управляемых ими [3]. Анализ первичных данных осуществляется с привлечением дополнительных источников информации (новостные сайты, форумы, блоги, сайты социальных сетей, печатная пресса, радио и т.п.).

Выбор рационального варианта условно-образцовой кривой предлагается осуществить на основе метода экспертных оценок – метода ранжирования. Для определения согласованности мнений экспертов при выборе условно-образцовой кривой в ранжировках рассчитывается коэффициент конкордации Кендалла – общий коэффициент ранговой корреляции для группы независимых экспертов по следующей формуле:

$$(3) \quad I = \frac{12 \sum_{p=1}^n \left(\sum_{j=1}^m x_{ij} - \frac{m(n+1)}{2} \right)^2}{m^2 (n^3 - n)},$$

где n – количество условно-образцовых кривых; m – количество экспертов; x_{pj} – ранг, приписываемый p -ой условно-образцовой кривой j -ым экспертом; $0 \leq I \leq 1$.

Если $I = 1$, то наблюдается полное единодушие экспертов, а если $I = 0$, то имеется полная несогласованность экспертов. Если мнения экспертов согласованы, то выбирается та условно-образцовая кривая, у которой сумма рангов минимальна.

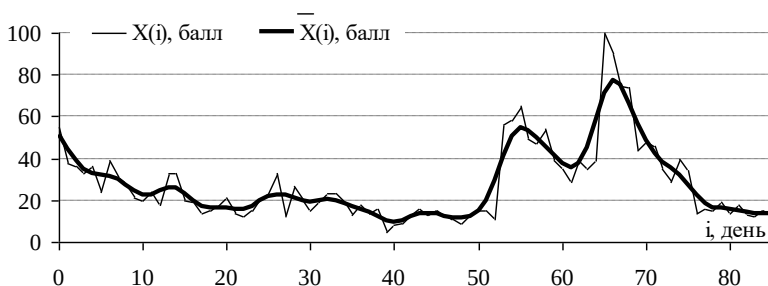


Рис. 2 – Уровень популярности темы «Радиация»

Рациональный вариант условно-образцовой кривой представлен на рис. 2. Для настройки экспоненциального фильтра, то есть для определения оптимального значения α , будем использовать обучающую выборку и критерий Q (рис. 3).

Из рис. 3 видно, что минимальное значение критерия Q соответствует $\alpha = 0,5$.

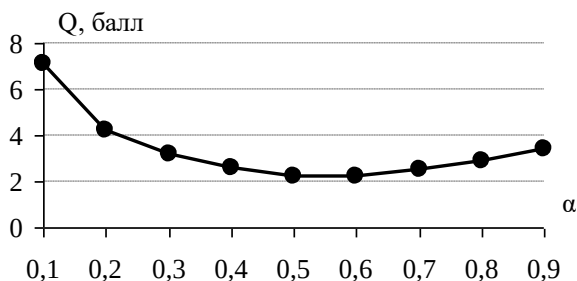


Рис. 3. Значения критерий Q

Далее определим сглаженные значения $\tilde{X}(i)$ по формуле (1) (рис. 4).

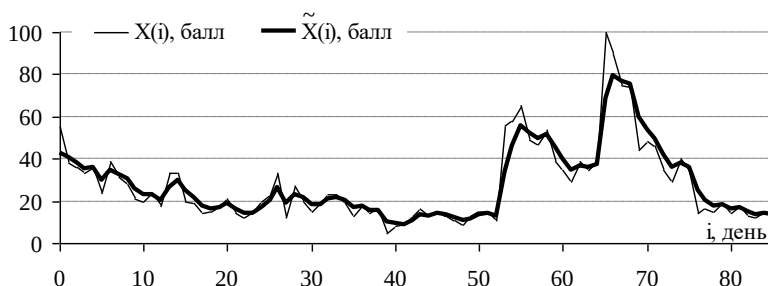


Рис. 4. Исходные и сглаженные значения при $\alpha = 0,5$

На контрольной выборке среднемодульный критерий Q равен 3,7 балла.

Предлагаемый подход расширяет функциональные возможности web-приложения Google Trends, позволяет автоматически оценивать тренд. Данный подход целесообразно использовать для управления организационными системами [5, 6], для планирования

своих онлайн-маркетинговых кампаний, для подбора и анализа ключевых слов (тем), для проверки их действительной популярности, для прогнозирования сезонных тенденций с целью оперативного создания актуального контента, для поиска актуальных тем и новых идей, для контент-маркетинга, для поиска городов и субрегионов, в которых нужны ваши продукты или услуги, для уточнения своей SEO-стратегии на основе анализа того, что пользователи ищут в YouTube. Google Trends также можно использовать для получения прогнозной оценки трафикового потенциала сайта.

Литература

1. БОГДАНОВА С.Ю., КУТУШЕВА Н.С., ШАЙХУМОВА В.Р., ФАЗЛЕТДИНОВА З.И. *Анализ маркетинговой информации на основе инструментария публичного web-приложения Google Trends* // Управление экономическими системами: электронный научный журнал. № 4 (98). 2017. С. 1 – 9.
2. BURDEAU E., KINTZLER E. *Assessing the use of Google Trends to predict credit developments* // 61st ISI World Statistics Congress, Marrakech, Morocco. 2017. PP. 1 – 6.
3. КИСЕЛЕВА Т.В., ПУЧКОВА Т.В. *Структурный анализ динамических рядов данных для принятия решений при управлении организационными системами*. Новокузнецк: СибГИУ, 2010. – 173 с.
4. РЫКОВ А.С. *Системный анализ: модели и методы принятия решений и поисковой оптимизации*. М.: Издательский Дом МИСиС, 2009. – 608 с.
5. *Теория управления (дополнительные главы): Учебное пособие* / Под ред. Д. А. НОВИКОВА. М.: ЛЕНАНД, 2019. – 552 с.
6. БУРКОВ В.Н., КОРГИН Н.А., НОВИКОВ Д.А. *Введение в теорию управления организационными системами: Учебник*. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009. – 264 с.

A 3D illustration of a book cover. The cover is dark gray with a lighter gray spine on the left. The text is white and centered. The title 'СЕКЦИЯ 6' is underlined, and the subtitle 'Деловые игры' is below it.

СЕКЦИЯ 6

Деловые
игры

ОПИСАНИЕ МОДЕЛЕЙ ПОВЕДЕНИЯ ИГРОКОВ В ДЕЛОВЫХ ИГРАХ ПО РАСПРЕДЕЛЕНИЮ ОГРАНИЧЕННЫХ РЕСУРСОВ РАЗНЫМИ МЕХАНИЗМАМИ С РАЗЛИЧНЫМИ ТИПАМИ ПОВЕДЕНИЯ

Жидкова Л.С., Клёвина М.В., Кузнецова О.А.,
(Самарский национальный исследовательский
университет имени академика С.П. Королева)
lyubazhidkova97@gmail.com, mariya.klevina@mail.ru,
olga_5@list.ru

Данная статья посвящена разработке моделей поведения игроков разных типов и стратегий деловых игр по распределению ограниченного ресурса. Сделано предположение о том, что в каждом механизме существуют факторы, влияющие на изменение заявки. Для проверки данной гипотезы выполнялся построение однофакторной и многофакторной модели.

Ключевые слова: механизмы распределения, кластеризация, деловые игры, эластичность, константное поведение.

1. Введение

Одним из методов тестирования различных механизмов и нововведений в работу организаций или оптимизации определённых процессов является деловая игра.

Деловые игры по распределению ограниченного ресурса предполагают наличие нескольких сторон (игроков), имеющих собственные интересы (заявки) и центра, который распределяет имеющийся у него ресурс согласно выбранному механизму распределения.

В начале каждой итерации (шага) игроки делают заявку с необходимым количеством ресурса. Далее в зависимости от типа игрока, наличия системы штрафов и особенностей выбранного механизма происходит распределение.

Экспериментальная экономика ставит целью анализ реального поведения людей в экономических ситуациях (ситуации, которые участник оценивает, в том числе величиной своего выигрыша) на предмет соответствия их разумным, рациональным принципам поведения. В конечном итоге ставится задача построения модели поведения или принятия решений человеком. Ранее тема была исследована сотрудниками ИПУ РАН Корепановым В. О. и Коргиным Н.А.

До этого исследовались модели поведения для всех игроков и достигнуты следующие результаты: введен термин «константное поведение» игрока, а также выделены три класса принципов: равновесный принцип равных сторон, рефлексивный принцип и нестратегический принцип.

Новый этап – выдвинута теория о том, что игроки различаются по типу поведения и, соответственно, их модели поведения будут отличаться при одних и тех же условиях, то есть для каждой группы игроков существует своя модель поведения.

Используя метод графического анализа, ранее было выделено три типа игроков, реализующих схожие стратегии: стабильная, нестабильная и скачкообразная. Сделана попытка определить закономерности, существующие между факторами, которые характеризуют игру. В ходе работы проведён корреляционный анализ и найдены коэффициенты эластичности для определения типа взаимосвязи: линейная и нелинейная. Было выдвинуто предположение, что игрок принимает решение на основании результатов предыдущих шагов.

Цель исследования состоит в том, чтобы выяснить основные факторы, влияющие на изменение заявок участников и построить однофакторную и многофакторную корреляционно-регрессионную модель.

Используемые в исследовании факторы представлены ниже:

1. Изменение прибыли самого игрока.

2. Изменение суммы заявок конкурентов.
3. Изменение штрафа, полученного самим игроком на предыдущем этапе. Данный фактор рассматривался только для тех механизмов, для которых есть штраф.
4. Изменение заявки самого игрока в зависимости от итерации игры (шага).

Актуальность исследования заключается в том, что опираясь на основные факторы, влияющие на изменение заявки, построить модель для дальнейшего прогнозирования стратегий поведения игроков.

2. Описание игры

Объект исследования: результаты деловых игр по распределению ограниченных ресурсов механизмами: Alternating direction method of multipliers (ADMM), Uniform mechanism (UNI), Yang and Hajek (YH).

В результате исследования был проведён анализ результатов трём игр по распределению ограниченного ресурса различными механизмами. Подобная ситуация является статичной игрой с неполной информацией. Для эффективного распределения ресурсов в таких условиях Центр может использовать манипулируемые и неманипулируемые механизмы распределения.

На каждой итерации заявки агентов s_i обрабатываются в зависимости от принятого механизма, сообщается результат всем агентам (*gain, penalty*, s_1 , s_2 , s_3). На следующей итерации агент может изменить свою заявку, тем самым он изменит результат. Итерационный процесс останавливается, если ни один из агентов не меняет свою заявку в течение трех процедур.

Рассматривается игра, в которой принимают участие три агента. У каждого механизма есть ряд особенностей, например, в некоторых присутствует система штрафов. Это влияет на «выигрыш» игрока. Также механизмы отличаются количеством заявок, которые делают игроки.

3. Стратегии поведения игроков

В предыдущих работах выделены следующие стратегии поведения игроков [2]:

1. «Стабильная» стратегия, при которой разница между соседними заявками составляла от 0 до 20%.
2. «Нестабильная» стратегия – разница в заявках превышала 20 %.
3. «Скачкообразная». Данная категория возникла в связи с тем, что в основном игроки придерживались “стабильной” стратегии, но были одно или несколько отклонений, то есть когда разница в заявках была больше 20%.

По каждому из пяти механизмов проведён графический анализ зависимости изменения заявки игрока от различных факторов.

Выдвинуто предположение, что игрок принимает решение на основании результатов предыдущих шагов. В ходе принятия решения на игрока влияют внутренние и внешние факторы. К внутренним факторам относятся те показатели, которые относятся непосредственно к игроку, это: x_i , $gain_i$, $penalty_i$. К внешним факторам относятся: s_{j-1} , x_j , $gain_j$.

Агент принимает решения с учетом внешних и внутренних изменений. Если прибыль ($gain$) падает, игрок хочет её увеличить. Так как количество ресурса ограничено, то изменения происходят во всей игре, и принятие решения одним игроком влияет на результат другого. Каждый игрок нацелен улучшить именно своё положение. Для дальнейшей работы нам понадобятся Δs_{j-1} , $\Delta gain_i$, Δx_i , Δx_j , $\Delta gain_j$, $\Delta penalty_i$.

$$\Delta gain_i = gain_{(i-1)} - gain_{(i-2)}$$

$$\Delta x_i = x_{(i-1)} - x_{(i-2)}$$

$$\Delta x_j = x_{(j-1)} - x_{(j-2)}$$

$$\Delta gain_j = gain_{(j-1)} - gain_{(j-2)}$$

$$\Delta penalty_i = penalty_{(i-1)} - penalty_{(i-2)}$$

Полученные формулы нам понадобятся при дальнейшем построении однофакторной и многофакторной корреляционно-регрессионной модели.

Рассмотрим каждый механизм в отдельности.

4. Механизм UNI

Механизм (UNI) относится к равномерному механизму. Заявки всех агентов удовлетворяются в порядке возрастания. Игрок делает заявку только для себя. Данный механизм не включает функцию штрафа [3].

На рисунках 1-4 графически отображено влияние факторов, указанных выше на изменение заявки игрока.

Анализируя полученные графики, можно сделать вывод о том, что для механизма UNI характерны игроки второго и третьего типа, итерация не влияет на изменение заявки, а изменение суммы заявок конкурентов и изменение прибыли оказывают незначительное влияние.

Рассмотрим полученные значения эластичности и корреляции по механизму UNI для всех данных.

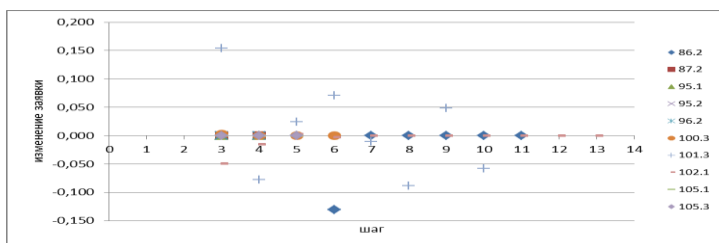


Рис. 1. Зависимость изменения заявки от шага

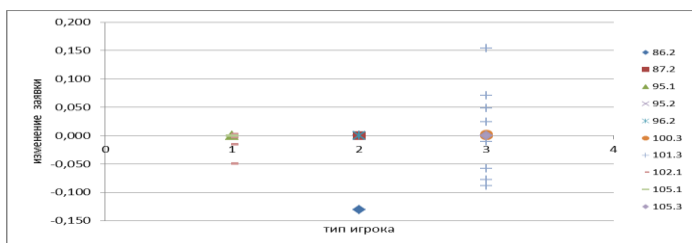


Рис. 2. Зависимость изменения заявки от типа игрока

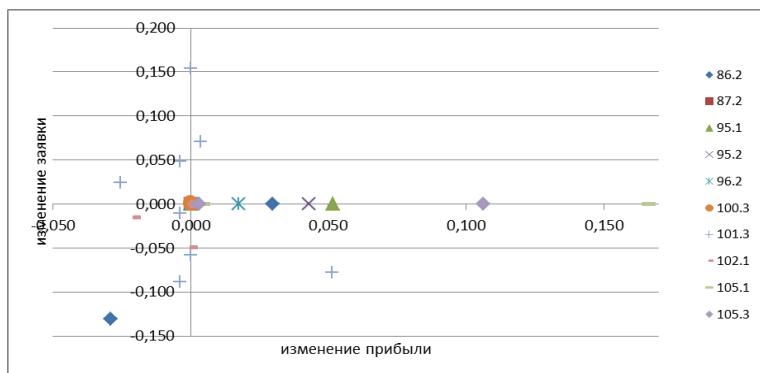


Рис. 3. Зависимость изменения заявки от изменения прибыли

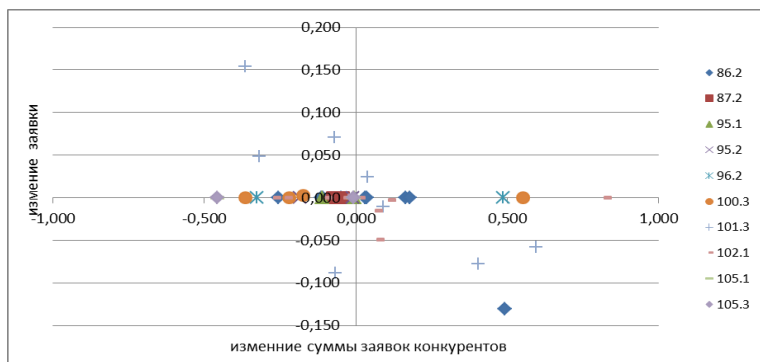


Рис. 4. Зависимость изменения заявки от изменения суммы заявок конкурентов

Таблица. 1. Корреляция и эластичность для всех данных механизма UNI

	Эластичность UNI	Корреляция UNI
Δs_{j-1}	0,00	-0,02
$\Delta s_{j-1} (R)$	-0,02	0,01
$\Delta gain_i$	0,00	-0,19

Δx_i	0,14	-0,28
Δx_j	0,00	-0,02
Δgain_j	0,00	0,10

Как видно из таблицы 1, при корреляции всех групп сильных связей нет. Проанализируем эластичность и корреляцию при разбиении игры на стратегии. Рассмотрим стабильную стратегию.

Таблица 2. Корреляция и эластичность для стабильной стратегии UNI

	Эластичность (UNI, стаб.)				Корреляция (UNI, стаб.)			
	вся гр.	1 тип, %	2 тип, %	3 тип, %	вся гр.	1 тип, %	2 тип, %	3 тип, %
Δs_{j-1}	-0,16	-0,02	0,13	0,53	-0,43	-0,11	-0,56	-0,50
$\Delta s_{j-1} (R)$	-1,08	-0,10	-0,08	1,62	-0,39	-0,14	-0,49	-0,45
Δgain_i	-0,07	-0,13	-0,57	-0,72	0,02	0,14	0,57	-0,18
Δx_i	0,03	-0,13	-0,57	-0,73	-0,01	0,14	0,55	-0,18
Δx_j	-0,27	-0,02	0,00	0,53	-0,33	-0,11	-0,08	-0,50
Δgain_j	116	-0,14	-0,57	-0,66	-0,02	-0,26	-0,65	0,16

Как видно из таблицы, 2 тип игроков, реализующий стабильную стратегию, характеризуется полной аморфностью в изменении заявки. Обусловлено это параметрами функции или психологией поведения игроков.

Таблица 3. Корреляция и эластичность для нестабильной стратегии UNI

	Эластичность (UNI, нестаб.)				Корреляция (UNI, нестаб.)			
	вся гр.	1 тип, %	2 тип, %	3 тип, %	вся гр.	1 тип, %	2 тип, %	3 тип, %

Δs_{j-1}	0,04	-0,16	нет	-0,08	-0,27	0,17	нет	-0,43
Δs_{j-1} (R)	0,22	-0,19	нет	0,60	-0,20	0,19	нет	-0,38
Δ $gain_i$	0,20	-0,02	нет	-0,11	-0,33	-0,23	нет	-0,40
Δx_i	-0,05	-0,03	нет	-0,23	-0,31	-0,22	нет	-0,38
Δx_j	-1,54	-0,19	нет	-0,08	-0,27	0,19	нет	-0,43
Δ $gain_j$	-0,03	-0,02	нет	-0,06	0,10	0,13	нет	0,11

Изобразим графически поведение игроков под номером 2 и 3, так как они вызывают особый интерес (таблица 2-4).

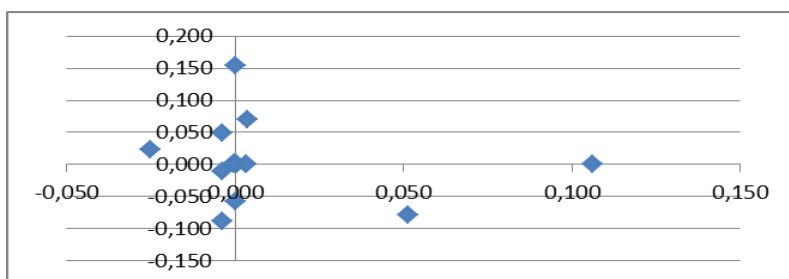


Рис. 5. Графическое изображение поведения игроков 2 типа в механизме UNI

Сравнивая результаты игроков 2 типа в играх с механизмом UNI можно отметить, что для них не характерно резкое изменение заявок (нестабильная стратегия). В скачкообразной стратегии они также практически не изменяют свои заявки, хотя случаются «всплески», обусловленные экспериментаторским духом.

Несмотря на сильное влияние факторов при кластеризации внутри стратегии по типам игроков для 2 типа построение зависимости от одного фактора не дает возможности построить значимую прогнозную модель. Тоже можно сказать и про игроков 3 типа.

В то же время использование многопараметрической модели повышает ее точность почти до 100%, поэтому возможно

рассмотрение описания модели поведения игроков 2 типа, реализующих стабильную стратегию, с помощью множественной линейной регрессии.

Коэффициент детерминации равен 0,99, что позволяет сделать вывод о наличии сильной связи. Абсолютное отклонение Δs_i и прогнозного значения, незначительно, это является достаточным условием для построения прогнозной модели.

Таблица 4. Корреляция и эластичность для скачкообразной стратегии UNI

	Эластичность (UNI, скачк.)				Корреляция (UNI, скачк.)			
	вся гр.	1 тип, %	2 тип, %	3 тип, %	вся гр.	1 тип, %	2 тип, %	3 тип, %
Δs_{j-1}	0,07	-0,13	0,00	0,52	0,01	0,17	0,05	-0,25
Δs_{j-1} (R)	0,65	0,03	-0,08	0,54	0,07	0,05	0,10	-0,25
Δgain_i	-20,5	-0,18	0,64	0,13	-0,47	0,30	-0,55	0,77
Δx_i	-11,9	-0,23	0,66	0,13	-0,47	0,30	-0,55	0,77
Δx_j	0,02	-0,13	0,00	-55,2	0,01	0,17	0,05	-0,25
Δgain_j	0,00	0,01	0,39	0,09	0,09	-0,10	0,35	-0,77

Несмотря на сильное влияние факторов при кластеризации внутри стратегии по типам игроков для 3 типа построение зависимости от одного фактора не дает возможности построить значимую прогнозную модель.

В то же время использование многопараметрической модели для 3 типа игроков в скачкообразной стратегии дает коэффициент детерминации 0,763, что позволяет сделать вывод о наличии связи. Абсолютное отклонение Δs_i и прогнозного значения, незначительно, это является достаточным условием для построения прогнозной модели.

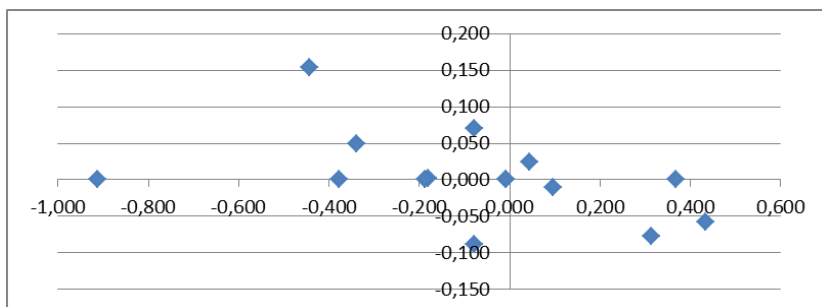


Рис. 6. Графическое изображение поведения игроков 3 типа в механизме UNI

Характеристика по типам поведения корреляционные зависимости между факторами стали более выраженными. Была обнаружена взаимосвязь поведения игроков внутри группы с определенным типом поведения от типа игрока (1,2,3 игрок).

Линейная зависимость внутри групп увеличилась, не везде данная зависимость получилась значимой. При разделении на типы линейная зависимость между группами в значении коэффициентов корреляции показала отличия во взаимосвязи между одними и теми же факторами для разных типов игроков.

Так как линейная зависимость между факторами не показала значимых коэффициентов, исследована возможность построение многофакторной прогнозной модели.

5. Механизм ADMM

Механизм (ADMM) – алгоритм распределенной оптимизации, при котором все игроки получают ресурса столько, сколько просят. Это связано с тем, что суммарное количество ресурса совпадает с заявками игроков. Игрок делает заявку только для себя. Данный механизм включает функцию штрафа[3].

Перейдем к корреляционному анализу.

Таблица 5. Корреляция и эластичность
для всех данных механизма ADMM

	Эластичность UNI	Корреляция UNI
Δs_{j-1}	0,086	0,104
$\Delta s_{j-1} (R)$	0,01	0,041
$\Delta gain_i$	-0,01	-0,01
Δx_i	-0,01	-0,01
Δx_j	0,08	0,11
$\Delta gain_j$	-0,01	0,01
$\Delta penalty$	-0,01	-0,01

При корреляции всех групп сильных связей нет.

Таблица 6. Корреляция и эластичность
для стабильной стратегии ADMM

	Эластичность (ADMM, стаб.)				Корреляция (ADMM, стаб.)			
	вся гр.	1 тип, %	2 тип, %	3 тип, %	вся гр.	1 тип, %	2 тип, %	3 тип, %
Δs_{j-1}	-0,03	-2,56	-0,05	-0,15	-0,03	0,54	-0,01	-0,11
$\Delta s_{j-1} (R)$	-0,06	-2,09	-0,08	-0,24	-0,05	0,52	-0,02	-0,14
$\Delta gain_i$	0,08	-1,10	-0,01	0,12	0,14	0,32	0,09	0,18
Δx_i	0,16	-0,27	0,44	0,27	0,21	-0,14	0,42	0,27
Δx_j	-0,03	-2,56	-0,05	-0,15	-0,03	0,54	-0,01	-0,11
$\Delta gain_j$	-0,07	-0,66	0,09	-0,06	-0,06	0,28	0,16	-0,17
$\Delta penalty$	-0,01	-0,54	-0,07	-0,01	0,01	-0,01	0,11	0,01

Проанализируем эластичность и корреляцию при разбиении игры на стратегии. Рассмотрим стабильную, нестабильную и скачкообразную стратегию.

Таблица 7. Корреляция и эластичность
для нестабильной стратегии ADMM

	Эластичность (ADMM, не- стаб.)				Корреляция (ADMM, нестаб.)			
	вся гр.	1 тип, %	2 тип, %	3 тип, %	вся гр.	1 тип, %	2 тип, %	3 тип, %
Δs_{j-1}	-0,04	0,01	-0,23	0,00	-0,04	0,01	-0,18	0,01
Δs_{j-1} (R)	0,00	0,00	-0,02	-0,01	-0,03	0,07	-0,18	0,07
Δ $gain_i$	0,01	0,00	0,01	-0,02	-0,01	-0,01	-0,03	0,03
Δx_i	-0,03	-0,03	-0,03	-0,06	-0,03	-0,04	-0,03	-0,06
Δx_j	-0,04	0,01	-0,23	0,00	-0,04	0,01	-0,18	0,00
Δ $gain_j$	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	0,01	0,01	-0,01	0,03
Δ pen- alty	-0,01	-0,21	-0,01	-0,09	-0,01	-0,14	-0,01	-0,08

В нестабильной стратегии не выявлено линейной зависимости.

Для 3 типа игроков в скачкообразной стратегии коэффициент детерминации равен 0,543, что позволяет сделать вывод о наличии средних связей. Абсолютное отклонение Δs_i и прогнозного значения, незначительно, это является достаточным условием для построения прогнозной модели.

Механизм ADMM сложнее, чем механизм UNI, поэтому полученные результаты не до конца удовлетворяют решению поставленной задачи. Необходимо будет подробнее рассмотреть механизм и найти подходяще пути решения.

Таблица 8. Корреляция и эластичность
для скачкообразной стратегии ADMM

	Эластичность (ADMM, скачк.)				Корреляция (ADMM, скачк.)			
	вся гр.	1 тип, %	2 тип, %	3 тип, %	вся гр.	1 тип, %	2 тип, %	3 тип, %
ΔS_{j-1}	0,08	-0,02	-0,01	0,51	0,10	-0,01	-0,01	0,74
ΔS_{j-1} (R)	0,01	-0,01	0,01	0,04	0,04	-0,02	0,07	0,14
Δgain_i	0,00	-0,08	0,00	-0,01	-0,01	-0,05	-0,01	0,02
Δx_i	-0,02	-0,01	-0,04	-0,03	-0,02	-0,01	-0,04	-0,03
Δx_j	0,10	0,79	-0,11	0,65	0,02	0,13	-0,04	0,20
Δgain_j	0,08	-0,02	-0,01	0,51	0,10	-0,01	-0,01	0,74
$\Delta \text{pen-}$ alty	0,30	0,06	0,38	-0,02	-0,11	-0,02	-0,19	0,01

В целом линейная зависимость внутри групп увеличилась, но не везде данная зависимость получилась значимой. Перейдем к следующему механизму УН.

6. Механизм УН

Механизм (УН) относится к равномерному механизму. В этом случае заявка агента не ограничена. Ресурс, который в итоге получит агент, который сделал наибольшую заявку. Игрок делает заявку только для себя. Данный механизм включает функцию штрафа [3].

На рисунках 9-13 графически отображено влияние факторов, указанных выше на изменение заявки игрока.

Рассмотрим полученные значения эластичности и корреляции по механизму УН для всех данных.

Для механизма УН обнаружена прямая линейная зависимость между измерением количества полученного ресурса на предыдущем шаге и изменением заявки игрока на следующем шаге. Также очевидно, что дельта заявки игрока имеет прямую линейную зависимость от изменения штрафа.

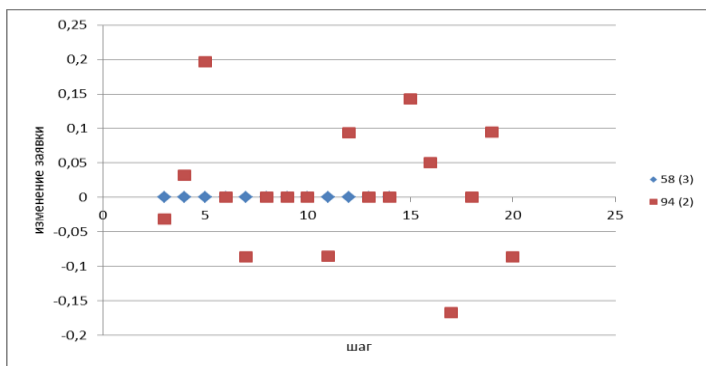


Рис. 9. Зависимость изменения заявки от шага

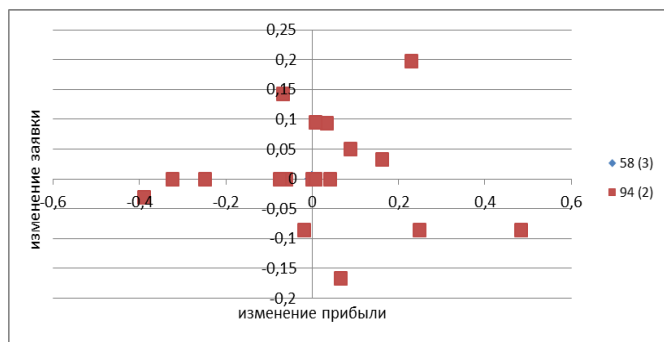


Рис. 10. Зависимость изменения заявки от изменения прибыли

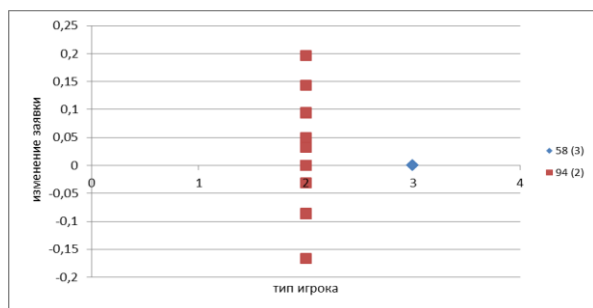


Рис. 11. Зависимость изменения заявки от типа игрока

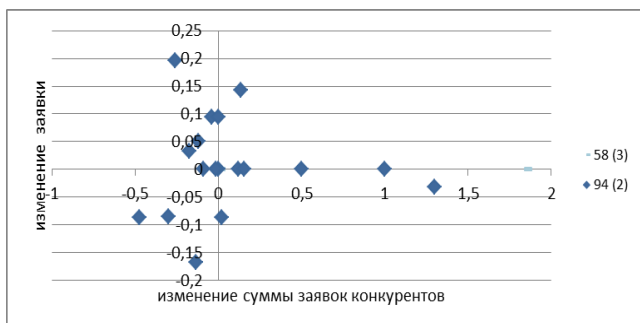


Рис. 12. Зависимость изменения заявки от изменения суммы заявок конкурентов

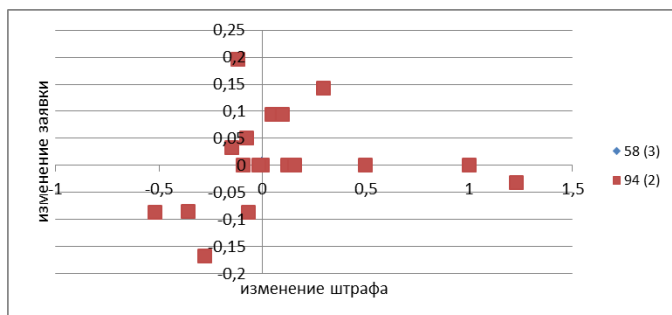


Рис. 13. Зависимость изменения заявки от изменения штрафов

Таблица. 9. Корреляция и эластичность
для всех данных механизма УН

	Эластичность УН	Корреляция УН
Δs_{j-1}	0,00	0,00
$\Delta s_{j-1} (R)$	0,00	-0,18
$\Delta gain_i$	-0,02	0,10
Δx_i	1,09	0,97
$\Delta penalty$	1,04	0,98

*Таблица 10. Корреляция и эластичность
для стабильной стратегии УН*

	Эластичность (УН, стаб.)				Корреляция (УН, стаб.)			
	вся гр.	1 тип, %	2 тип, %	3 тип, %	вся гр.	1 тип, %	2 тип, %	3 тип, %
ΔS_{j-1}	-0,07	нет	-0,05	-	-0,02	нет	-0,02	-
$\Delta S_{j-1} (R)$	-71,2	нет	0,54	-	-0,99	нет	-1,00	-
$\Delta gain_i$	-0,02	нет	-0,02	-	-0,04	нет	-0,04	-
Δx_i	0,14	нет	0,14	-	0,21	нет	0,21	-
$\Delta penalty$	0,36	нет	0,35	-	0,16	нет	0,15	-

При разбиении на стратегии связь между факторами усилилась. На этом основании данных мы попытались построить однофакторную модель. Далее решили построить многофакторную модель на основе множественной регрессии.

*Таблица 11. Корреляция и эластичность
для нестабильной стратегии УН*

	Эластичность (УН, нестаб.)				Корреляция (УН, нестаб.)			
	вся гр.	1 тип, %	2 тип, %	3 тип, %	вся гр.	1 тип, %	2 тип, %	3 тип, %
ΔS_{j-1}	-0,04	-0,03	-0,05	-0,04	-0,02	-0,03	-0,02	-0,03
$\Delta S_{j-1} (R)$	0,01	0,02	-0,02	0,01	-0,35	-0,40	-0,32	-0,37
$\Delta gain_i$	-0,01	-0,04	-0,09	0,04	0,11	0,15	-0,04	-0,12
Δx_i	1,09	1,12	1,08	0,91	0,97	0,98	1,00	0,98
$\Delta gain_j$	1,01	1,00	1,09	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00

*Таблица 12. Корреляция и эластичность
для скачкообразной стратегии УН*

	Эластичность (УН, скачк.)	Корреляция (УН, скачк.)

	вся гр.	1 тип, %	2 тип, %	3 тип, %	вся гр.	1 тип, %	2 тип, %	3 тип, %
Δs_{j-1}	0,00	-0,01	-0,10	-0,02	-0,01	-0,01	-0,11	-0,02
Δs_{j-1} (R)	-0,02	-0,17	-0,01	0,05	-0,49	-0,46	-0,54	-0,70
$\Delta gain_i$	0,14	-0,05	0,21	-0,07	-0,44	0,08	-0,53	-0,11
Δx_i	0,84	0,98	0,70	0,11	0,88	0,99	0,86	0,11
$\Delta gain_j$	0,08	0,06	1,01	0,06	0,14	0,06	0,98	0,07

Несмотря на сильное влияние факторов при кластеризации внутри стратегии по типам игроков построение зависимости от одного фактора не дает возможности построить значимую прогнозную модель. Возможно рассмотрение описания модели поведения игроков, реализующих скачкообразную стратегию, с помощью множественной линейной регрессии.

Коэффициент детерминации равен 0,90 для всей группы игроков, что позволяет сделать вывод о наличии сильной связи. Абсолютное отклонение Δs_i и прогнозного значения, незначительно, это является достаточным условием для построения прогнозной модели.

Рассмотрим возможность построения прогнозной модели для 1,2 и 3 типа игроков в скачкообразной стратегии. Коэффициент детерминации у игроков 1 типа = 0,987, игроков 2 типа = 0,994, игроков 3 типа = 0,488. Как мы видим, почти во всех случаях присутствует сильная связь, а значит построение прогнозной многофакторной модели возможно.

7. Заключение

Таким образом, в данной работе мы постарались выявить прямую линейную однофакторную связь между факторами, но это не дало значимых результатов во всех играх. В результате удалось построить многофакторную модель для простых механизмов УН и UNI.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 17-07-01550 А.

Литература

1. ЗАХАРОВ А.В. Теория игр в общественных науках [Текст]: учебник для вузов/ А.В. Захаров; Нац. исследов. Ун-т «Высшая школа экономики». – М.: Изд.дом Высшей школы экономики, 2015. – (Учебники Высшей школы экономики). – 304 с.
2. КОРГИН Н.А., КОРЕПАНОВ В.О. *Решение задачи эффективного распределения ресурсов на основе механизма Гровса– Лейдьярда при трансферабельной полезности* // Управление большими системами: сб. трудов. – 2013. – № 46. – С. 216–266.
3. КУЗНЕЦОВА О.А., ЖИДКОВА Л.С., КЛЕВИНА М.В. *Выявление типовых стратегий в деловой игре по распределению ограниченного ресурса с помощью механизма Гровса– Лейдьярда* // Управление большими системами: сб. трудов. – 2018.
4. КОРГИН Н.А., КОРЕПАНОВ В.О. *«Experimental Gaming Comparison of Resource Allocation Rules in Case of Transferable Utilities»*// International Game Theory Review. – 2017-№ 2. – С. 1–11.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМОВ УПРАВЛЕНИЯ¹

Коргин Н.А., Корепанов В.О.,
(Институт проблем управления РАН, Москва)
nkorgin@ipu.ru, vkorepanov@ipu.ru

Доклад посвящён краткому обзору результатов исследования механизмов управления в форме деловых игр за последние несколько лет. Обсуждаются результаты эффективности механизмов управления, проявляемых людьми моделей поведения, а также деловые игры как инструмент обучения.

Ключевые слова: механизмы управления, деловые игры, обучающие игры экспериментальная экономика.

1. Введение

В конце 2012 года мы задались целью проверить один механизм распределения ресурса с хорошими теоретическими свойствами на его устойчивость к поведению реальных людей методами деловых игр [1] и экспериментальной экономики [2]. Первые же результаты показали отличие от теоретических предсказаний:

1. Сильное отличие в поведении людей;
2. Меньшая эффективность механизма.

С этого момента мы начали проводить игры по различным механизмам распределения ресурсов с целью оценить их эффективность, а также понять поведение людей. Параллельно возникали и другие вопросы и задачи. Данный доклад посвящён краткому обзору следующих направлений: (1) эффективность

¹ Работа выполнена при поддержке проекта РФФИ № 17-07-01550 А

механизмов распределения ресурса, (2) поведение людей в играх и (3) обучающие игры.

2. Эффективность механизмов распределения ресурса

Задача распределения ограниченного ресурса $R > 0$ между игроками и её проблематика описана в [3, 4]. Для игр была выбрана её конкретная реализация: $N = \{1, 2, 3\}$ - множество игроков, $R = 115$, если x_i – ресурс, полученный игроком i , то множество допустимых распределений ресурса:

$$A = \{x = (x_1, \dots, x_n) : \sum_{i \in N} x_i \leq R, x \in \mathbb{R}_+^3\}.$$

Полезность каждого игрока i от выделяемых ему ресурсов x_i определяется функцией $u_i(x_i, r_i) = \sqrt{x_i + r_i}$, где r_i – тип игрока, возможные типы игроков: (1, 9, 25).

Задача, которую должен решать механизм распределения ресурса – максимизация утилитарной полезности «общества»:

$$U(x) = \sum_i u_i(x_i, r_i) \rightarrow \max_{(x_1, x_2, x_3) \in A}$$

Максимум суммарной полезности достигается в точке $x = (49, 41, 25)$ и равен $U^* \approx 21,21$, а полезность каждого игрока при этом одинакова и равна $u^* \approx 7,07$.

Мы проводили игры с 5 механизмами (см. [5]), четыре из которых вводят штрафы и выигрыш игрока – разность полезности и штрафа (GL, GLR, YH, ADMM), один неманипулируемый без штрафов (Uniform), а один создан на основе алгоритма распределённой оптимизации (ADMM). Эффективность механизма понимается как близость результатов игр по нему к максимуму суммарной полезности игроков.

Сравнение по целевому критерию – суммарная полезность игроков показало, что эффективность механизмов низка по сравнению с механизмом Uniform, в котором в данном конкретном случае ресурс распределяется поровну, см. рис. 1.

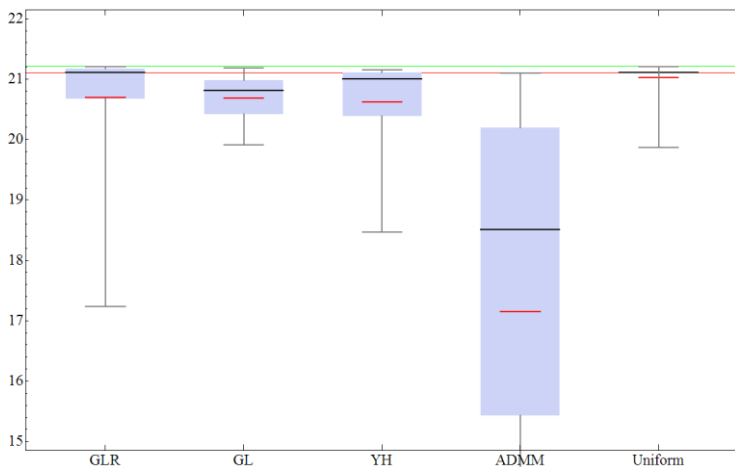


Рисунок 1. Суммарная полезность игроков в различных механизмах.

Аналогичная ситуация в итоговых распределениях ресурса в сравнении с оптимальным распределением, см. рис. 2. Разве что механизм GLR показывает лучший результат по медиане.

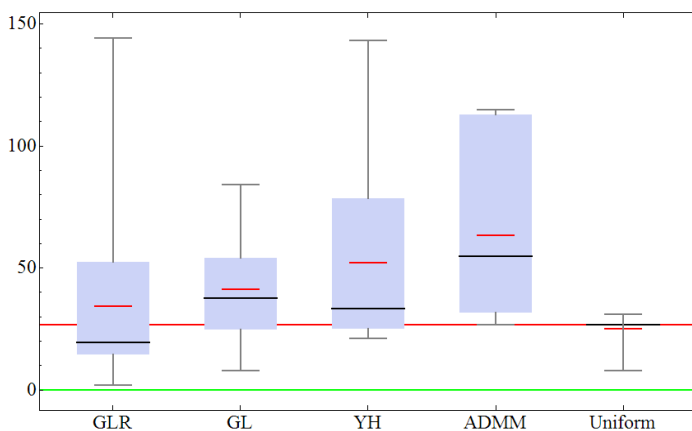


Рисунок 2. Расстояния векторов итоговых распределений до эффективного распределения в Манхэттенской метрике

Дополнительно были проведены игры с другим игровым дизайном. Целью данных игр было тестирование гипотезы об уменьшении доли константного поведения. В новом дизайне фиксировалось число ходов игры (5 шагов) и выигрыш рассчитывался пропорционально сумме выигрышей на каждом шаге, плюс в интерфейсе игры по умолчанию заявка игрока не ставилась равной заявке прошлого шага. Анализ полученных данных этих игр показал существенное уменьшение доли КП по сравнению с исходным дизайном. Тем не менее доля оставалась достаточной для убеждённости в важности изучения модели КП - минимум 18%. Также оказалось, что доля КП заметно зависит от используемого механизма распределения ресурсов.

3. Поведение людей в играх

Было обнаружено, что поведение людей сильно отличается от предполагаемого теоретически, даже с учётом наличия в интерфейсе калькулятора выигрыша – подсказчика.

3.1 КОНСТАНТНОЕ ПОВЕДЕНИЕ

Исследовали отдельно модель описывающую большую долю неизменных действий – «константное» поведение.

С помощью метода максимального правдоподобия, теста хи-квадрат, статистического U-критерия Манна-Уитни и критерия Уилкоксона статистически доказаны гипотезы о случайности продолжительности константного поведения (КП) и падении выигрыша в КП, что само по себе кажется противоречием. Показана достоверность гипотезы о наличии нижнего порога выигрыша, после которого КП прекращается.

С другой стороны, с помощью алгоритма машинного обучения "Случайный лес" получены результаты для задач классификации начала КП и окончания КП, а также для задач отбора информативных признаков. Подход показал низкую эффективность классификатора для первой задачи и хорошую (75%) для второй задачи. Что может говорить о необходимости построения модели КП на 2 принципах: начала КП и завершения КП, в противовес к

предполагавшейся вначале модели с одним принципом. Такой результат может говорить о том, что построенная модель качественно отличается от моделей обучения из экспериментальной экономики, в которых КП может возникать, но возникает только по одной, вероятностной причине.

3.2 ТОРГИ НЭШУ

Была исследована модель принятия решений в переговорах, приводящая к дележу по Нэшу [6] в играх по механизму УН.

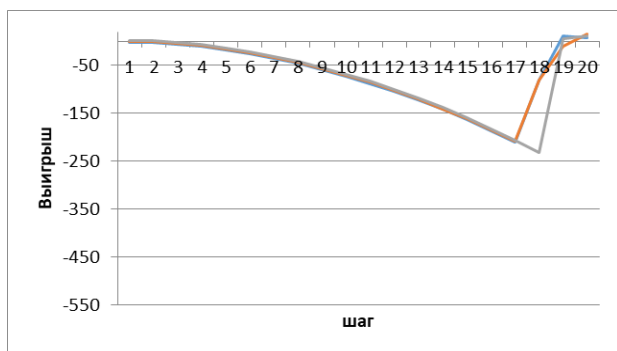
В результате анализа было выявлено, что игроки всех трех типов принимали решения, которые могли бы привести к увеличению значения функции дележа по Нэшу достаточно часто – 49-55% в зависимости от типа игрока. Что не ниже, чем для моделей поведения, согласуемых с рациональным поведением (индикаторное поведение) 30-50%.

Игровых ситуаций, когда все игроки демонстрировали подобное поведение оказалось значительно больше – 19% против 8%. При этом действительно улучшение значения функции дележа по Нэшу происходило в значительно большем числе шагов игры – 48%. Интересно, что значительная доля решений, которые могли бы привести к увеличению значения функции дележа по Нэшу не согласована с рациональным поведением – от 50-64% в зависимости от типа игрока.

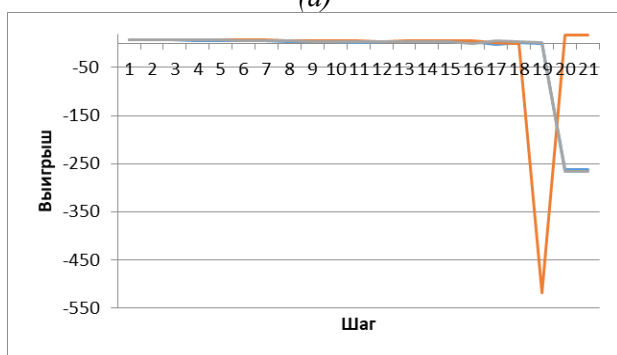
Полученные результаты показывают перспективность исследования моделей поведения, основанных на более сложной, чем индивидуальное рациональное поведение, логике.

3.3 ВЗЛОМ МЕХАНИЗМОВ

Иногда игрокам удавалось «взломать» механизм [7]. Например механизм ADMM за счёт наличия в нём влияния истории игры на результат. Наблюдался групповой и индивидуальный «взлом», см. рис. 3.



(а)



(б)

Рисунок 3. Групповой (а) и индивидуальный (б) «взлом» ADMM.

Взлом УН происходил за счёт того, что ресурс в УН зависит только от пропорций заявок, а штрафы – от размера заявок, поэтому игроки могли «договориться» подавать очень маленькие заявки, т.к. при этом штраф очень мал, а получаемый ресурс обычный, но такая ситуация не равновесна, что приводила к резким отклонениям от неё на последних шагах игры.

Также наблюдался интересный эффект, что игрокам со слабым (тип 1 и 9) типом порой было выгоднее просить всегда весь ресурс себе, чем действовать «рационально», пытаться увеличить на каждом шаге свой выигрыш. На основании этого наблюдения были обнаружены новые уязвимости подобных моделей, основанные, во-первых, на неустойчивости концепции равновесия по

Нэш к такому «константному» отклонению игроков, а во-вторых, на идее «маскировки» игроком своего поведения под поведение игрока другого типа.

4. Обучающие игры

Были созданы две обучающие игры:

1. Механизмы ценообразования и стратегическое поведение на рынках электроэнергии для студентов профильной специальности.
2. Игры на основе модели «Трагедия общины». Одна версия попроще для школьников 4-11 классов, вторая версия сложнее для студентов в рамках курса «Теория игр».

Игра по электроэнергетическим рынкам прошла апробацию (3 курса) с явным успехом, многие студенты были в восторге от осознания, что они начинают понимать стратегические последствия механизмов ценообразования. Преподавателям также понравилась система, одну игру они смогли провести самостоятельно по созданной методической документации.

Игры на основе модели «Трагедия общины» позволяют проводить научно-просветительские и профориентационные лекции для школьников и студентов. Более сложная версия игры «Трагедия общины», а также игры по механизмам распределения ресурса помогают проводить практические занятия по курсу теории игр и принятию решений.

5. Заключение

Полученные результаты в общем характеризуют интенсивное (эффективность механизмов, модели поведения) и экстенсивное (обучающие игры) развитие подхода деловых игр для исследования механизмов управления, которое позволяет задействовать в одном поле исследования из различных областей наук об управлении (теория игр, теория управления организационными системами, статистика) и людей разного статуса (школьники, студенты, специалисты, учёные).

Интерес представляет системный взгляд на проведённый фронт работ и вопрос о трансляции полученных знаний на другие механизмы и задачи управления.

Полученные результаты, а также общие выводы по организации подобных исследований (создание и проведение игр, анализ данных) планируются к рассказу в докладе на конференции.

Литература

1. БУРКОВ В.Н., ДЖАВАХАДЗЕ Г.С., ДИНОВА Н.И., ЩЕПКИН Д.А. *Применение игрового имитационного моделирования для оценки эффективности экономических механизмов*. М.: ИПУ РАН, 2003. 51 с.
2. FRIEDMAN D., CASSAR A., SELTEN R. *Economics lab: an intensive course in experimental economics*. – Psychology Press, 2004.
3. КОРГИН Н.А., КОРЕПАНОВ В.О. *Решение задачи эффективного распределения ресурсов на основе механизма Гровса-Лейдярда при трансферабельной полезности* // Управление большими системами. 2013. Выпуск 46. С. 216-265.
4. БУРКОВ В.Н., ДАНЕВ Б., ЕНАЛЕЕВ А.К. *Большие системы: моделирование организационных механизмов*. М.: Наука, 1989. – 248 с.
5. KORGIN N.A., KOREPANOV V.O. *Experimental Gaming Comparison of Resource Allocation Rules in Case of Transferable Utilities* // International Game Theory Review. 2017. Vol.19, No 2. P. 1750006-1 - 175000-11.
6. VETSCHERA R. *Zeuthen–Hicks Bargaining in Electronic Negotiations*. Group Decision and Negotiation (2018). P. 1-20.
7. KORGIN N. A., KOREPANOV V. O. *Experimental gaming analysis of ADMM dynamic distributed optimization algorithm* //IFAC-PapersOnLine. 2016. V. 49, No 12. P. 574-579.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОГНИТИВНЫХ МЕХАНИЗМОВ В УПРАВЛЕНИИ ОРГАНИЗАЦИОННЫМИ СИСТЕМАМИ¹

Тельнов Ю.Ф., Трембач В.М.
(РЭУ им. Г.В. Плеханова, Москва,
Московский авиационный институт (МАИ))
ytelnov@mail.ru, trembach@yandex.ru

В статье рассматриваются вопросы использования когнитивных механизмов в управлении организационно-техническими системами. Эти вопросы связаны с одним из направлений развития передовых стран Industry 4.0. Показаны перспективные направления развития информационных технологий. В статье рассматривается архитектура модулей организационно-технических систем (ОТС) с использованием когнитивных механизмов для решения задач управления. Представлены модули ОТС с использованием когнитивных механизмов и структура чувственного образа. Показано содержание концепта-представления в формате интегрированного подхода к описанию знаний. В статье рассмотрено формирование управляющих воздействий в контекстно-зависимой среде. Представлена модульная архитектура ОТС и возможность использования агентов, формирования сервисов при решении задач управления

Ключевые слова: организационно-техническая система, когнитивный подход, концепты-представления, концепты-сценарии.

¹ Работа выполнена при поддержке РФФИ, гранты № 18-07-00918; 19-07-01137.

1. Введение

Одним из важных направлений будущего развития передовых стран является Industry 4.0 [1,2].

Industry 4.0., в узком смысле, есть название одного из проектов государственной Hi-Tech стратегии Германии до 2020 года, представляющего концепцию умного производства на базе глобальной сети интернета вещей и услуг [2].

По сути Industry 4.0 является переходом на цифровое производство, которое управляется интеллектуальными системами в реальном времени при постоянном взаимодействии с окружающей средой, выходящее за границы одного предприятия, с возможностью объединения в промышленный интернет вещей.

Индустрия 4.0, в широком смысле [2], характеризует тренд развития автоматизации и обмена данными, который включает в себя киберфизические системы, интернет вещей и облачные вычисления.

Для IT наиболее значимыми, перспективными направлениями, событиями являются:

- внедрение технологий Industry 4.0;
- использование облачных, туманных вычислений;
- машинное обучение;
- когнитивный подход в создании систем искусственного интеллекта (ИИ);
- развитие когнитивного компьютеринга.

Одним из главных направлений Industry 4.0 является Интернет вещей (Internet of Things, IoT), объединяющий окружающие нас объекты в телекоммуникационную компьютерную сеть. Все эти устройства обмениваются между собой информацией и взаимодействуют самостоятельно, в режиме близком к реальному времени. Интернет вещей есть отражение в интернете окружающего нас реального мира. Ожидается увеличение объемов информации, необходимой для эффективной работы интернета вещей (взаимодействия устройств) и устройств будущего интернета всего.

В основе многих элементов технологии Industry 4.0 лежит использование машинного обучения. История машинного обучения связана с компьютерной парадигмой. С расширением области практических интеллектуальных задач, решаемых системами ИИ, привело к пониманию того, что при выполнении некоторых интеллектуальных задач компьютер уступает человеку. «То, что сложно компьютеру – просто человеку и наоборот, то, что сложно человеку, просто компьютеру» [3,4]. В силу этих обстоятельств исследование механизмов, используемых человеком для решения трудных задач, их использование стало основной задачей для развития когнитивного подхода в области искусственного интеллекта.

В статье рассматривается архитектура модулей организационно-технических систем (ОТС) с использованием когнитивных механизмов для решения задач управления.

2. Модули организационно-технических систем с использованием когнитивных механизмов

Для использования когнитивных механизмов в ОТС для решения задач управления потребуются модули нескольких типов для:

- использования чувственных образов;
- формирования и использования концептов-представлений;
- формирования и использования концептов-сценариев;
- формирования управляющих воздействий в контекстно-зависимой среде вычислений.

Использование чувственных образов предполагает, что под чувственным образом (ЧО) предмета или явления, в рамках интегрированного подхода, есть отображение реальности (действительности) на уровне восприятия данных (перцепции). Он может быть представлен семеркой признаков:

ЧО = <Имя, ПРУ, ПСУ, СИНУ, СИВУ, СИР, МПСРС>,

где:

- **Имя** – имя вершины-сущности. Определяет сущность элемента и обозначает либо объект, либо действие.
- **ПРУ** – предусловии для текущей (рассматриваемой) вершины-сущности. Есть описание ситуации, когда вершина, соответствующая текущей сущности, будет активной.
- **ПСУ** – постусловие для текущей вершины-сущности. Является признаком активизации, указывающим о переходе этой вершины-сущности в активное состояние после реализации управляющего воздействия.
- **СИНУ** - список имен вершин-сущностей нижнего уровня (содержание). Содержит названия вершин-сущностей, которые определяют рассматриваемую вершину-сущность.
- **СИВУ** – список имен (названий) вершин-сущностей верхнего уровня. Этот признак необходим для анализируемой вершины-сущности и включает имена сущностей, которые определяются рассматриваемой вершиной.
- **СИР** – список имен (названий) вершин рода для текущей вершины. Отражает все имена вершин, которые охвачены рассматриваемой вершиной.
- **МПСПС** – множество представлений о ситуациях для рассматриваемой вершины-сущности. Включает характерные ситуации, в которых она содержится.

Рост объемов, используемой современным обществом информации, требует эффективных задач для их обработки. Специалистами исследованы некоторые подходы к использованию когнитивных механизмов, применяемых человеком в повседневной деятельности.

3. Использование концептов-представлений

Одним из таких механизмов является обобщение информации о реальном мире при создании концептов-представлений и

концептов-сценариев. Концепты-представления являются статическим описанием объекта или явления.

Концепты-представления интеллектуальной системы являются обобщенными чувственными образами разных предметов и явлений реального мира. Они являются более высокими по степени абстрактности, чем представления действительности через конкретно-чувственные образы. Концепты-представления интеллектуальной системы отражают множество наиболее наглядных, ярких внешних признаков предмета или явления. Эти признаки формируются в ходе работы ИС. Концепты-представления создаются в формате интегрированного подхода к представлению знаний [5] и имеют следующую структуру и содержание [5]:

- имя концепта-представления, выступает в роли элемента (объекта, действия), определяющего концепт-представление;
- предусловие состоит из множества существенных и отделяемых признаков представления. Описывает ситуацию, при которой вершина, соответствующая рассматриваемому концепту, будет активной;
- постусловие выступает в роли признака активизации вершины-сущности (концепта-представления);
- список имен вершин-сущностей нижнего уровня. Является содержанием и включает названия вершин-сущностей, которые определяют рассматриваемую вершину-сущность;
- список имен (названий) вершин-сущностей верхнего уровня. Включает, для рассматриваемой вершины сущности (концепта-представления), имена вершин-сущностей, которые определяются этой вершиной (концептом-представлением);
- содержание концепта-представления – множество существенных признаков представления,
- объем концепта-представления – множество предметов или явлений, на которые распространяется концепт-представление.

Архитектура интеллектуальной системы с использованием концептов представлений, в отличие от ИС с чувственными образами, в своем составе содержит модуль формирования концептов-представлений. Формирование концептов-представлений является возможностью обобщения чувственных образов предметов и явлений.

4. Формирование управляющих воздействий в контекстно-зависимой среде вычислений

Развивающееся направление когнитивного компьютеринга ориентируется на многие подходы и технологии, важными из которых являются контекстно-зависимые когнитивные механизмы обработки информации (вычисления) и управление вычислениями от поступающих данных, а не использование фиксированных, заранее запрограммированных вычислений.

В биологических системах вычисления (компьютинг, обработка данных) основаны на использовании качественных данных и для них используются в основном операции сравнения с результатами «больше», «меньше», «равно». На основе получаемых результатов формируются управляющие воздействия.

В технических системах, при использовании интегрированного подхода, выбираются управляющие воздействия, у которых требуемое состояние совпадает с постусловием управляющего воздействия, а возможность их использования определяется предусловием. Таким образом вычисления в таких системах определяются поступающим потоком текущих данных и требуемым состоянием системы.

В таких системах (использующих интегрированный подход к представлению знаний) вычисления являются контекстно зависимыми. В обработку запускается не вся текущая информация, а представленная в описании состояния, которое необходимо достичь.

Для работы когнитивных компьютеров необходимо решаемые задачи представлять, как потребность достижения требуемого состояния и формирования актуального текущего

состояния. Для описания требуемого и текущего состояний должен использоваться интегрированный подход к представлению знаний.

5. Модульная архитектура для управления организационно-техническими системами

Для обобщения действий на основе чувственных образов объектов и явлений существуют концепты-сценарии. Концепт-сценарий является динамически представленным фреймом и состоит из последовательности этапов, эпизодов. По Дж. Лакоффу [4] «... сценарию соответствует следующая онтология: начальное состояние, последовательность событий, конечное состояние. В онтологию сценария для более сложных задач могут включаться люди, вещи, свойства, отношения. Входящие в онтологию элементы часто связываются отношениями определенных типов: причинными отношениями, отношениями тождества и т.д.».

При использовании интегрированного метода представления знаний структура концепта-сценария имеет следующий вид:

- Имя,
- Предусловие. Множество существенных и отделяемых признаков концепта-сценария;
- Постусловие. Признак активизации вершины-сущности (концепта-сценария),
- Содержание концепта-сценария – множество существенных признаков (состояний, событий) концепта-сценария;
- Объем концепта-сценария – множество ситуаций, для которых используется этот сценарий;
- Список имен состояний (событий, сценариев) верхнего уровня;
- Список имен сущностей нижнего уровня.

Изначально концепт-сценарий представляется как чувственный образ конкретных управляющих воздействий (операций). По мере накопления опыта формируются концепты-представления операций. Далее идет развитие формируемой структуры

концептов операций. Это происходит за счет добавления операций, предшествующих рассматриваемой операции, и (или) добавления к рассматриваемой операции тех действий, которые будут выполняться следующими.



Рисунок 1. Архитектура интеллектуальной системы для использования концептов

Модульная архитектура интеллектуальной системы для использования концептов-представлений и концептов-сценариев показана на рисунке 1. В отличие от ИС с чувственными образами в ее состав добавлен объединенный модуль для формирования концептов-представлений и концептов-сценариев.

При использовании ИС на основе многоагентной технологии потребуются агенты для: формирования концептов; взаимодействия с внешней средой; поддержания базы знаний; ввода и хранения описания требуемого состояния; планирования управляющих воздействий.

Каждый агент может формировать один или несколько сервисов. Так, например, агент планирования, для вновь возникающих задач, содержит сервис получения требуемого состояния, сервисы получения текущих состояний признаков, сервис

выделения несовпадающих признаков, сервисы для выявления управляющих воздействий, сервис формирования плана действий.

6. Заключение

Архитектура интеллектуальной системы с использованием концептов представлений в отличии от ИС с чувственными образами в своем составе имеет модуль формирования концептов-представлений и их формирование является возможностью обобщения чувственных образов предметов и явлений. Для обобщения действий на основе чувственных образов объектов и явлений используются концепты-сценарии.

Концепт-сценарий является динамически представленным фреймом и состоит из последовательности этапов, эпизодов. В развитии данный подход может использоваться для организации целенаправленного поведения в рамках «Индустрия 4.0».

Использование технологий организации вычислений в контекстно-зависимой среде может служить постепенным переходом к созданию когнитивного компьютеринга.

Использование модульной архитектуры, многоагентной технологии, сервисно-ориентированного подхода, для решения задач управления, позволит решать не только вновь возникающие задачи, но и задачи обучения и адаптации ИС.

Литература

1. РАССЕЛ,СТЮАРТ, НОРВИГ,ПИТЕР. *Искусственный интеллект: современный подход, 2-е изд.:* Пер. с англ. - М.: Издательский дом "Вильямс", 2007. - 1408 с.
2. НОВИКОВ О.Ю. *Компоненты понятия Industry 4. 0 // ИТНОУ: информационные технологии в науке, образовании и управлении.* 2017. №1 (1). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/komponenty-ponyatiya-industry-4-0> (дата обращения: 19.06.2019).

3. КУЗНЕЦОВ О.П. *Когнитивная семантика и искусственный интеллект* //Искусственный интеллект и принятие решений. - 2012.- №4. С. 32-42
4. LAKOFF J. *Women, Fire, and Dangerous Things: What Categories Reveal About the Mind*. – Chicago. University of Chicago Press, 1987.
5. ТРЕМБАЧ В.М. *Решение задач управления в организационно-технических системах с использованием эволюционирующих знаний*: монография. - М.: МЭСИ, 2010. - стр. 236
6. ТРЕМБАЧ В.М., *Когнитивный подход к созданию интеллектуальных модулей организационно-технических систем*. // Научно-практический журнал «Открытое образование», №2, 2017, с. 78-87.

Научное электронное издание

ТЕОРИЯ АКТИВНЫХ СИСТЕМ – 50 ЛЕТ

**МАТЕРИАЛЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
(18–19 НОЯБРЯ 2019 г., МОСКВА)**

Под общей редакцией д.т.н. В.Н. Буркова

Локальное электронное издание
№ гос. регистрации 0321903934 в НТЦ «Информрегистр»
Мин. системные требования:
Pentium 4, Internet Explorer, Acrobat reader 4.0 и выше

Дата подписания к использованию 10.12.2019
1 электронно-оптический диск (CD-R), 7,8 Мб, Тираж 100 экз.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова

Российской академии наук
117997, Россия, Москва,
ул. Профсоюзная, д. 65

www.ipu.ru