

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

**ТЕОРИЯ
АКТИВНЫХ
СИСТЕМ
(ТАС-2016)**

**ТРУДЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ
КОНФЕРЕНЦИИ**

(16–17 НОЯБРЯ 2016 г., МОСКВА, РОССИЯ)

*Под общей редакцией чл.-корр. Д.А. Новикова,
д.т.н. В.Н. Буркова*

Москва
ИПУ РАН
2016

УДК 658.51.011: 519.7
ББК 65.011: 65.050.2: 22.18
Т33

Теория активных систем (ТАС-2016): труды междунар. науч.-практич. конфер, 16–17 нояб. 2016 г., Москва, Ин-т проблем упр. им. В.А. Трапезникова Рос. акад. наук; под общ. ред. Д.А. Новикова, В.Н. Буркова. – М. : ИПУ РАН, 2016. – 404 с. – ISBN 978-5-91450-194-2.

В научном издании представлены труды международной научно-практической конференции «Теория активных систем (ТАС-2016)» по следующим направлениям:

- Базовые модели и механизмы ТАС.
- Принятие решений, деловые игры и экспертные оценки.
- Управление проектами.
- Прикладные задачи ТАС.
- Модели социальных сетей.
- ИТ в управлении организационными системам.
- Когнитивные модели в управлении.

Сборник трудов конференции предназначен для научных работников и специалистов в области управления социально-экономическими системами.

Утверждено к печати Программным комитетом конференции.

**Конференция проводится при поддержке
Российского Фонда Фундаментальных Исследований
(проект № 16-07-20540)**

ISBN 978-5-91450-194-2

 **ИНСТИТУТ
ПРОБЛЕМ
УПРАВЛЕНИЯ 2016**

ОГЛАВЛЕНИЕ

СЕКЦИЯ 1. БАЗОВЫЕ МОДЕЛИ И МЕХАНИЗМЫ ТАС 9

Анализ дорожного трафика с целью оптимизации транспортных потоков. <i>Алёшкин А.С., Жуков Д.О., Лесько С.А.</i>	10
Анализ требований к инструментам исследования комплексной деятельности. <i>Белов М.В.</i>	15
Генетические алгоритмы решения задач управления активными системами. <i>Белявский Г.И., Данилова Н.В., Угольницкий Г.А.</i>	25
Теоретико-игровая пороговая модель биржевых торгов. <i>Бреер В.В.</i>	30
Анализ манипулируемости решения задачи эффективного распределения ресурсов методом сетевого программирования для случая функций полезности класса Кобба-Дугласа. <i>Бурков В.Н., Коргин Н.А.</i>	36
Задача согласованного планирования при управлении распределенными программами. <i>Бурков В.Н., Чу Донг Сюань</i> ...	40
Рефлексивная игра «Разоблачение лидеров» в линейной модели дуополии Штакельберга. <i>Гераськин М.И., Юдина С.В.</i>	43
Равновесие в активной системе при согласованных механизмах. <i>Еналеев А.К.</i>	47
Модели схем диверсификации в динамическом случае. <i>Ерешко А.Ф., Канаева Н.А.</i>	51
Моделирование планирования производства в иерархической системе менеджмента предприятия. <i>Заруба В.Я.</i>	56
Оптимизация распределения развивающего ресурса для сетевой системы с кластерной структурой. <i>Каширина И.Л., Сорокин С.О.</i>	60
О гарантирующих стратегиях и равновесии Нэша в чистых стратегиях в случайных конечных играх двух лиц. <i>Корепанов В.О.</i>	64
Эффекты линейной логики в активных системах. <i>Максимов Д.Ю., Рывкин С.Е.</i>	67

Согласованное управление динамической производственной системой с учетом эффекта обучения. *Павлов О.В.* 71

Двухуровневая модель оптимального сбора урожая при неопределенности параметров. *Рохлин Д.Б., Угольницкий Г.А., Усов А.Б.* 80

СЕКЦИЯ 2. ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ, ДЕЛОВЫЕ ИГРЫ И ЭКСПЕРТНЫЕ ОЦЕНКИ..... 84

Матричный анонимный обобщённый медианный механизм с правом делегирования сообщений. *Алексеев А.О., Коргин Н.А.* 85

Модель выбора с выбираемой структурой предпочтений. *Виноградов Г.П., Виноградова Н.Г., Кузнецов В.Н.* 92

Анализ эффективности использования системы поддержки принятия решений на основе нечёткой логики при распределении ограниченного ресурса с применением механизма обратных приоритетов. *Дементьева Е.П., Кузнецова М.А., Кузнецова О.А., Юдина С.В.* 97

Использование механизма штрафов при распределении ресурса методом «Затраты-эффект». *Динова Н.И., Щепкин А.В.* 101

Сравнительный анализ систем поддержки принятия решений в играх с трансферабельной полезностью, реализующих механизм обратных приоритетов. *Додонова Н.Л., Кузнецова О.А.* 106

Исследование методами имитационного моделирования устойчивости оценок латентных переменных по модели Раша. *Кобелев В.С., Моисеев С.И.* 111

Разработка процедур формирования комплексной оценки результатов деятельности организационной структуры. *Лихачева Т.Г., Порядина В.Л.* 115

Исследование рисков при планировании продаж на основе деловых игр. *Марин О.Л.* 121

Сценарные игры на слоистом плацдарме. *Реут Д.В., Тишина Е.А.* 126

Оценка безопасности Евросоюза. *Шумов В.В.* 130

СЕКЦИЯ 3. УПРАВЛЕНИЕ ПРОЕКТАМИ.....	134
Диверсификация инвестиционного портфеля с учетом отраслевых рисков. <i>Андреянова И.И., Буркова И.В., Санина Н.В.</i>	135
Формирование производственной программы предприятия с учетом синергетического эффекта. <i>Баркалов С.А., Зенищева Г.В.</i>	138
Модели и методы календарного планирования сертификационных сессий в управлении проектами. <i>Васильчук А.Б.</i>	141
Модель компетенций участников команды управления проектом в решении задачи согласования интересов. <i>Калинина Н.Ю.</i>	146
Задача формирования портфелей бизнесобразующих проектов. <i>Кашенков А.Р., Моисеева Ю.В.</i>	150
Эффективная организация групповых работ в подходе теории латентных переменных. <i>Кобелев В.С., Моисеев С.И.</i>	155
Учет ограничений на площадь земельного участка. <i>Курочка П.Н., Пинаева М.А.</i>	159
Повышение уровня зрелости организации в области управления проектами на основе механизмов конвергенции. <i>Пужанова Е.О., Цветков А.В.</i>	162
Формирование комплексной оценки производственного риска. <i>Сидорова Е.А.</i>	166
Методы оперативного управления программами. <i>Уандыков Б.К.</i>	171
СЕКЦИЯ 4. ПРИКЛАДНЫЕ ЗАДАЧИ ТАС	176
Компетентностный подход к потребителям как инструмент инновационного маркетинга. <i>Аверина Т.А., Хрипунова Ю.С.</i> ...	177
Оптимизационная модель планирования процесса повышения квалификации персонала. <i>Азарнова Т.В., Аснина Н.Г., Ухин А.Л.</i>	182

Математические модели выбора мероприятий при формировании программы социально-экономического развития муниципального образования. <i>Бондаренко Ю.В., Чикомазов А.Н.</i>	186
Механизмы управления в иерархических эколого-экономических системах. <i>Горелик В.А., Золотова Т.В.</i>	190
Экономико-математические модели в задачах управления борьбой с преступностью. <i>Горошко И.В., Пузырев С.А.</i>	194
Применение стандартов электронного управления данными в телемедицинских системах. <i>Горюнова В.В., Горюнова Т.И.</i> ..	198
Проблемы принятия решений в стратегическом управлении. <i>Ерешко Ф.И.</i>	202
Универсальный алгоритм моделирования всей известной динамики нефтяных цен с отклонением менее 9%. <i>Жолков С.Ю.</i>	213
О разбиении нефтяных цен на стабильные периоды в обобщенной динамической модели Дюпайра. <i>Жолков С.Ю., Коришунов А.А.</i>	218
Построение дифференцированной компромиссной системы оплаты труда. <i>Заложнев А.Ю., Заложнева Л.Л., Матвеева И.Н.</i>	223
Размещение объектов вдоль линейной трассы. <i>Кондратьев В.Д.</i>	228
Оценки конкуренции на рынке предоставления грузовых вагонов. <i>Цыганов В.В.</i>	231
О некоторых макроэкономических операционных игровых моделях. <i>Шевченко В.В.</i>	235
СЕКЦИЯ 5. МОДЕЛИ СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЕЙ	242
Анализ структуры и динамики малой социальной группы методом G-моделирования. <i>Виноградов С.М., Шведовский В.А.</i>	243
Моделирование графов социальных сетей большого размера. <i>Гилязова А.А.</i>	247

Нормированная и ненормированная влияниебельность польвователь-лей и мета-польвователей онлайнвоной социальной сети. <i>Губанов Д.А., Чхартишвили А.Г.</i>	251
Базовая модель распротранения интернет-флэшмоба в социальной сети. <i>Петров А.П., Лебедев С.А.</i>	258
Развитие моделей информационанного противоборства в социуме. <i>Михайлов А.П., Петров А.П., Прончева О.Г.</i>	262
О влиянии степени поляризации общества на информационанное противоборство. <i>Прончева О.Г.</i>	266
Оценка надежности толпы. <i>Рогаткин А.Д.</i>	270
О модификации одной задачи информационанного управления в сетевых структурах. <i>Федянин Д.Н.</i>	274

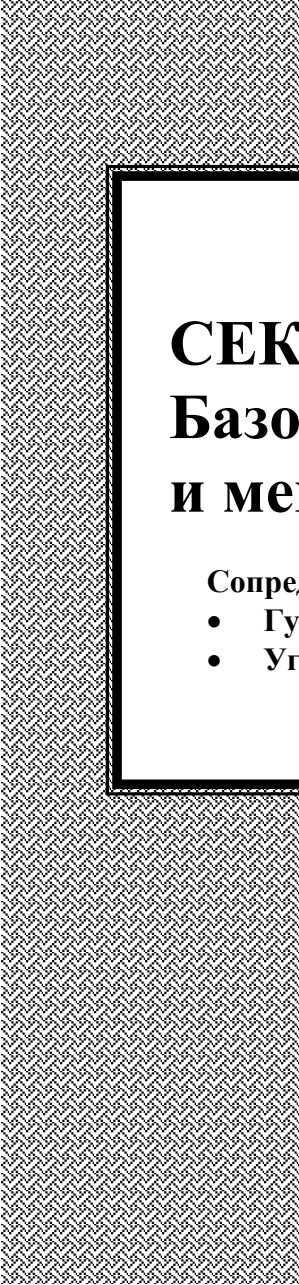
СЕКЦИЯ 6. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В УПРАВЛЕНИИ ОРГАНИЗАЦИОННЫМИ СИСТЕМАМ.... 278

Разработка стохастической модели дорожного трафика с недетерминированным законом времени поступления транспортных средств. <i>Алёшкин А.С., Жуков Д.О., Лесько С.А.</i> .	279
Исследование возможности использования интеллектуального планировщика комплекса АТ-технология для решения задач планирования проектных разработок. <i>Блохин Ю.М., Рыбин В.М., Рыбина Г.В.</i>	284
Задачи структурного анализа архитектуры предприятия. <i>Габалин А.В., Разбегин В.П.</i>	288
Согласованное управление в многовариантных организациональных сетевых структурах. <i>Еналеев А.К.</i>	297
Применение метода сетевого программирования для решения задачи распределения ресурсов при тестировании релизов ИТ-сервисов. <i>Киселева Т.В., Маслова Е.В.</i>	300
Организационально-технические системы предприятия на основе современных информациональных технологий. <i>Козлова О.А., Тельнов Ю.Ф., Трембач В.М.</i>	304
Язык моделирования конвейерных процессов. <i>Куприянов Б.В.</i>	310
Теоретические основы моделирования программных систем из объектов и компонентов. <i>Лаврищева Е.М.</i>	314

Вопросы интеграции встроенных и наложенных биоинспирированных механизмов при проектировании защиты информационных систем. <i>Лукинова ОВ., Туров В.Н.</i> ...	326
Задачи распределения нагрузок. <i>Ляпунцева Е.В., Шихалиев М.С.</i>	330
Выполнение множества задач на сетевых структурах. <i>Ляпунцева Е.В., Шихалиев Р.С.</i>	334
Методология и инструментарий метамодельного проектирования приложений баз данных. <i>Олейник П.П.</i>	337
Сцепление и связность в моделях бизнес-процессов. <i>Фёдоров И.Г.</i>	348
Интеграция систем планирования производства и обеспечивающих подсистем на основе мультиагентных технологий. <i>Цуканов М.А.</i>	362

СЕКЦИЯ 7. КОГНИТИВНЫЕ МОДЕЛИ В УПРАВЛЕНИИ 372

Когнитивный подход к проблеме достоверности идентификации в когнитивном моделировании. <i>Абрамова Н.А.</i>	373
Об информационной технологии построения, анализа и верификации когнитивных карт «ПАВК-51». <i>Абрамова Н.А., Порцев Р.Ю.</i>	378
О методологии моделирования сложных систем на основе многослойных нечетких когнитивных карт. <i>Гинис Л.А.</i>	383
Исследование региональных рынков труда на основе композиции когнитивных моделей и динамической модели межрегионального развития. <i>Горелова Г.В., Масленникова А.В.</i>	388
Развитие технологии когнитивного моделирования на основе системы Strice-M. <i>Макаренко Д.И., Порцев Р.Ю.</i>	391
Применение онтологий для когнитивного моделирования в энергетике. <i>Массель А.Г., Тюрюмин В.О.</i>	395
Об одном эксперименте по источникам ошибок в когнитивных картах. <i>Порцева Е.Ю., Резвякова А.А.</i>	400



**СЕКЦИЯ 1.
Базовые модели
и механизмы ТАС**

Сопредседатели:

- Губко М.В.
- Угольницкий Г.А.

АНАЛИЗ ДОРОЖНОГО ТРАФИКА С ЦЕЛЬЮ ОПТИМИЗАЦИИ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ¹

Алёшкин А.С., Жуков Д.О., Лесько С.А.
(Московский технологический университет)

antony@testor.ru, zhukovdm@yandex.ru, sergey@testor.ru,

Проведенное исследование длин образующихся на светофорах очередей показывает примерно двукратное снижение числа пробок при использовании разработанной модели «регулируемых» светофоров по сравнению с моделью «классическое движение» с фиксированным временем переключения светофора.

Ключевые слова: транспортная сеть, балансировка потоков.

1. Введение

В настоящее время даже несмотря на существующие разработки и конкретные решения в области управления, транспортные сети с точки зрения математического моделирования и *управления* являются *очень сложными и плохо изученными* объектами. Для демонстрации примера сложности их структуры, можно привести наземную транспортную сеть любого крупного города (рис. 1).

Транспортную сеть города можно описать следующим образом: между перекрестками (узлами сети) по дорогам (ребрам) перемещаются автомобили, потоки которых регулируются светофорами с фиксированными или переменными интервалами переключения. При увеличении интенсивности движения автомобили начинают скапливаться на перекрестках и образуется очередь. Когда число машин в очереди достигает для данного направления на перекрестке некоторого критического порога – возникает пробка.

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, грант № 16-37-00373 мол_а, «Разработка перколяционных и стохастических моделей балансировки потоков и управления высоконагруженными транспортными сетями».

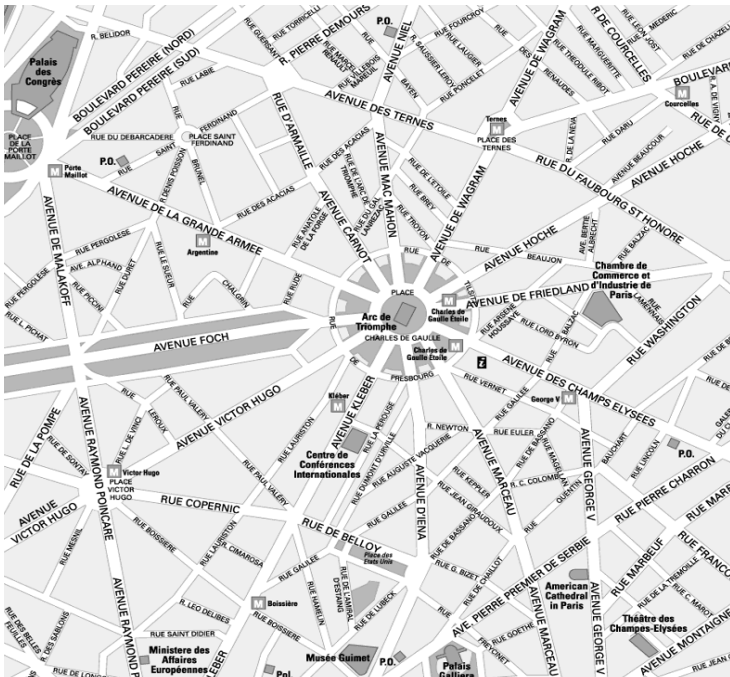


Рис. 1. Пример наземной дорожной сети современного мегаполиса (дорожная карта взята с ресурса www.yandex.ru)

Управлять потоками машин можно динамически за счет изменений интервалов времени переключения светофоров. При управлении светофорами (изменение интервалов включения/выключения) необходимо использовать модели, описывающие динамику транспортных потоков с учетом их коррекции, в результате мониторинга числа входящих и выходящих с перекрестка машин, а также материального баланса общего числа машин, находящихся в данный момент в транспортной системе. Кроме того, необходимо учитывать, что соседние узлы транспортной сети создают взаимосвязанные потоки, которые могут иметь не детерминированные характеристики законов распределения.

2. Сравнение моделей управления транспортными потоками

Для моделирования транспортной сети и определения является ли принципиально возможным динамическое изменение интервалов времени переключения светофоров в данном городе для предотвращения пробок необходимо иметь модель изменения числа машин от времени суток. Общее число машин в транспортной сети может быть задано для моделирования, например, функцией, изображенной на рисунке 2.

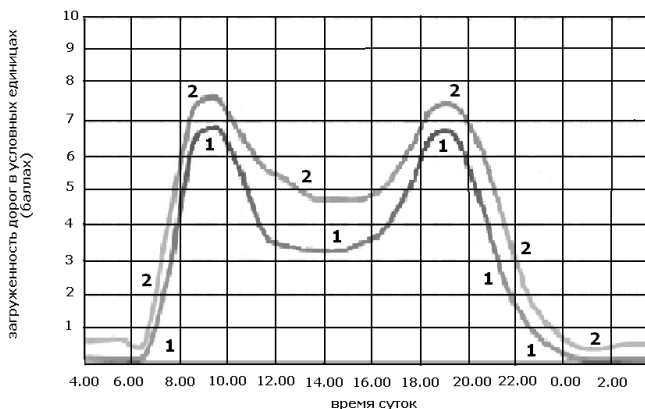


Рис. 2. Загруженность дорог Москвы в течение одного из рабочих дней (кривая 1 - осень 2006 года, кривая 2 - осень 2007 года).

С помощью функции, представленной на рисунке 2 и ряда уравнений, полученных при создании моделей транспортных потоков [1-3], был разработан ряд алгоритмов и программное обеспечение для моделирования транспортной сети города и дорожных ситуаций с «управляемыми» светофорами, которые регулируются согласно загруженности сети, и «неуправляемыми» – светофорами с жестко заданными режимами переключения.

В качестве технологического решения в созданном на основе разработанной модели и алгоритмов программном обеспечении была реализована функция загрузки карт в формате Open Street Map (OSM) и использован «парсер» (распознаватель) этого формата, на выходе которого получается граф дорожной сети и набор объектов – для

отображения на экране компьютера, что необходимо для моделирования и эмулирования движения.

На втором этапе реализована модель города, где были реализованы классы дорог, перекрестков, дорожных направлений, светофоров и их состояний, а также машин и очередей ожиданий. Кроме того, созданы инструменты для «ввода» машин согласно суточному распределению (рис. 2) и инструменты определения поведения машин.

Созданная методика позволила сравнить использование управляемых и неуправляемых светофоров в городе. В качестве критерия эффективности был выбран показатель общей длины всех очередей всех машин на перекрестках карты города.

Исследование длин очередей (рис. 3.) показывает примерно двукратное снижение числа пробок при использовании модели с «управляемыми» светофорами (нижняя кривая на рис. 3).



Рис. 3. Сравнение эффективности управляемых и неуправляемых светофоров в дорожной сети (динамика длин очередей)

Светофоры с фиксированными фазами работы помогают решить проблему регулирования движения, но они менее эффективны и не могут реагировать на изменение дорожной ситуации (отсутствует обратная связь). Например, если циклические (суточные) изменения еще могут быть учтены при разработке фаз работы светофора, то различные случайные факторы, такие как: погодные условия, ремонтные работы, аварийные ситуации на дороге – являются серьезными

факторами, снижающими эффективность всей дорожной сети в целом и не могут быть учтены при программировании переключений светофора.

Литература

1. ГАСНИКОВ А.В., КЛЕНОВ С.Л., НУРМИНСКИЙ Е.А., ХОЛОДОВ Я.А., ШАМРАЙ Н.Б. *Введение в математическое моделирование транспортных потоков*. Москва, Издательство МЦНМО, 2013, 428 с.
2. ЛЕСЬКО С.А. *Влияние структуры двумерных и трехмерных регулярных и случайных компьютерных сетей на перколяцию данных в условиях блокирования вычислительных узлов*: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. М., 2014.
3. АЛЁШКИН А.С. *Динамическая модель обработки и перколяции стохастических данных в сетях с упорядоченной и случайной структурой*: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. М., 2008. 172 с.

АНАЛИЗ ТРЕБОВАНИЙ К ИНСТРУМЕНТАМ ИССЛЕДОВАНИЯ КОМПЛЕКСНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Белов М.В.
(ИБС, Москва)
mbelov59@mail.ru

Статья носит постановочный характер и посвящена разработке требований к инструментам исследований практической и научной комплексной деятельности. Под комплексной понимается деятельность, обладающую нетривиальной внутренней структурой, с множественными и/или изменяющимися субъектом, технологией, ролью предмета в его целевом контексте.

Ключевые слова: комплексная деятельность, методология, требования к инструментам исследования.

1. Введение

Статья посвящена системно-архитектурным методам исследования практической и научной комплексной деятельности (КД). Под комплексной понимается деятельность, обладающую нетривиальной внутренней структурой, с множественными и/или изменяющимися субъектом, технологией, ролью предмета в его целевом контексте.

Комплексная деятельность является сферой интересов большой группы специалистов-управленцев с одной стороны и исследователей, работающих в областях теории фирмы, теории управления организационными и социо-техническими системами, кибернетики в широком смысле, теории систем и её прикладного расширения - системотехники (systems engineering) и смежных с ними. Несмотря на большое количество разработанных в этих отраслях знаний методов и подходов, отсутствует единая методологическая основа, поэтому методологические инструменты исследования КД представляют значительный интерес.

Работа продолжает методологическое направление, представленное трудами А.М. Новикова и Д.А. Новикова, их предшественников и коллег (например, [9,10]). Но так как КД является комплексной системой, работа использует системотехнические подходы [5,21].

В статье на основании анализа комплексной деятельности и обобщения её характеристик выполнено отделение общесистемных особенностей КД (характерных для любой КД) от индустриально-специфических свойств конкретной КД; определены заинтересованные лица; сформулированы требования к общесистемным инструментам исследований КД; полученная система требований сопоставлена с известными в смежных областях подходами и методами.

2. Анализ комплексной деятельности и выделение её общесистемных особенностей

Выявление общесистемных особенностей комплексной деятельности выполним на основании анализа разнородных широко известных практических примеров КД, среди которых - разработка и производство пассажирского самолета Boeing-787 [2,16], функционирование компании Uber [3, 17] и другие.

КД отличается множественными предметами, когда одним из предметов комплексной деятельности являются элементы другой комплексной или элементарной деятельности (например, производство, продажа и эксплуатация новых моделей сложных технических изделий – самолетов или автомобилей – требует создания новых технологий, и как следствие - производственных комплексов и организационных систем). И такую взаимосвязанную деятельность необходимо рассматривать в единой логике. Создание нового продукта (Boeing787) или сервиса (Uber), или, тем более, «продукта-сервиса» iPhone состоит в создании организационно-технической системы (системы систем), включающей и саму деятельность (технологии и технологические комплексы, а также обеспечивающие системы), и множественных субъектов, и множественные объекты.

КД реализуется в виде комбинации таких форм, как а) элементарные операции/работы/процессы, выполняемые одним человеком; б) комплексные операции, выполняемые группами людей; в) проекты и проектные программы; г) жизненные циклы деятельности, продуктов, изделий, систем.

Множественность и разнородность предметов КД порождает сложную структурную организацию КД - возникают иерархии организационных форм или элементов КД: любая программа создания и производства нового технического изделия – самолета, автомобиля,

мобильного телефона включает множество проектов, каждый из которых декомпозируется на подпроекты, работы, операции. Элементы деятельности с одной стороны находятся в иерархических отношениях ответственности или подчиненности, когда субъект вышестоящего элемента несет ответственность за результаты деятельности всех нижестоящих элементов: руководитель программы строительства нефтехимического комплекса отвечает за все проектные и строительно-монтажные работы, выполняемые различными организациями. С другой стороны технологии КД определяют причинно-следственные связи между элементами: те же проектные и строительно-монтажные работы должны выполняться в определенной последовательности для получения требуемого результата.

Для «комплексной деятельности» характерно расширение жизненного цикла (ЖЦ) – интервала времени, на котором взаимодействуют субъекты и предметы деятельности вследствие роста сложности последних и требований, предъявляемых потребителями. В течение этого интервала изменяются и/или технологии, и/или субъект, и/или роль предмета в его целевом контексте (например, изменение требований к нему), поэтому и КД тоже меняет свой характер. Также в ряде случаев в течение этого интервала происходит ещё и трансформация организационной системы из субъекта одной деятельности в объект другой деятельности и наоборот. Например, когда для создания нового бизнеса требуется обучить специалистов новым навыкам.

При реализации комплексной деятельности одни элементы деятельности завершаются удовлетворением потребностей и не влекут каких-либо последствий с точки зрения деятельности. В других случаях при реализации фрагментов деятельности происходит порождение новой деятельности - когда происходит выявление новой потребности, которая пока не удовлетворяется осуществляемой деятельностью, или даже формирование новой потребности. Это происходит в случаях проектирования новых объектов или изделий, когда требуется создавать новые технологии производства, например, при разработке Boeing 787 фирма-подрядчик Mitsubishi Heavy Industries вместе с Boeing разрабатывала технологию производства крупногабаритных композитных деталей и узлов (плоскостей крыла).

Важным фактором КД является её неопределенность - невозможность априори полностью предсказать результат. Для классификации и анализа неопределённости используем подход Ф.Найта [22]: отделим измеримую неопределенность, описывающую повторяющиеся события, и для которой применимы статистические оценки от истинной неопределённости, характеризующиеся редко повторяющиеся события, статистические подходы для которой не адекватны. Следуя Ф.Найту, измеримую неопределённую будем называть риском, а истинную – просто неопределённостью. Ф.Найт показал, что истинная неопределенность является источником прибыли и развития, а не только проблем и потерь. Применительно к деятельности это означает, что первостепенной задачей или функцией становится не просто получение результата деятельности, а обеспечение соответствия результата потребности в момент предоставления его потребителю. Это влечет за собой разделение функций исполнения деятельности и несения ответственности за ошибки в решениях и деятельности. Фактически это разделение отражает принцип «moral hazard» [23, стр.62-63].

Важно заметить, что элементы КД в большинстве случаев сами являются комплексной деятельностью, наследуя все её общесистемные свойства: обладают внутренней структурой, могут порождать новую КД, отличаются неопределенностью, то есть комплексной деятельности свойственна определённая «фрактальность». Фрактальность представления означает фактически, что вышестоящие элементы иерархии имеют ту же структуру, что и нижестоящие. Фрактальность в данном случае является лишь метафорой – она не является полноценной, бесконечной: так как КД не структурируется бесконечно подробно, существуют терминальные элементы, которые далее детализировать невозможно и/или не имеет смысла. То есть все элементы структуры КД имеют единую структуру, соответствующую структуре КД.

Итак, основными системными особенностями КД являются:

- Наличие логической структуры;
- Наличие причинно-следственной структуры;
- Фрактальность КД: элемент КД сам является КД;
- Иерархичность организации КД;
- Временное существование элементов КД;
- Порождение элементов КД и последующее их закрытие;

- Множественные формы организации (элементарные и комплексные операции; проекты и программы; ЖЦ);

3. Заинтересованные лица и требования к инструментам исследования комплексной деятельности

Заинтересованными в инструментах исследования КД, анализа и формирования рекомендаций являются:

- Лица принимающие практические решения в ходе организации эффективного управления КД
- Научные работники, занимающиеся развитием формальных методов и методик анализа и управления КД.

Потребности обеих групп заключаются в том, чтобы предлагаемый инструмент отражал все особенности предмета исследований - КД и обеспечивал его конструктивное описание.

Проанализируем полученный выше список общесистемных особенностей с целью формирования перечня требований к инструментам исследований КД.

Различные формы организации являются частными случаями КД, поэтому особенность vii не выделяем как самостоятельную.

Особенность «Временное существование элементов КД» является частью потребности «Порождение (создание) элементов КД и последующее их закрытие».

Иерархичность в условиях наличия потребностей i и ii не имеет самостоятельного значения, поэтому потребность iv будет учтена в рамках i и ii.

Таким образом, инструменты исследований КД должны описывать:

- Элементы КД и КД в целом, отражая фрактальность КД: элемент КД сам является КД
- Логическую и причинно-следственную структуры КД;
- Порождение элементов КД и последующие их закрытия;
- Неопределённость КД.

4. Сопоставление требований к инструментам исследования с известными методами и подходами

Методы исследования комплексной деятельности лежат на пересечении большого числа областей теоретических и практических знаний в областях менеджмента, теории систем, методологии и смежных с ними. На текущий момент каждая из областей насчитывает десятки и сотни разнообразных методов, методик и подходов. Например, один из интернет-источников [15] содержит каталог методов и подходов в сфере менеджмента, который включает более 200 названий, среди которых как десятки широко известных и апробированных на практике (реинжиниринг бизнес-процессов или цепочка ценности Портера [24]), так и малораспространенные.

Таблица 1 сопоставляет наиболее популярные методы и подходы из смежных областей знаний с сформулированной выше системой требований к инструментам исследования КД.

Таблица 1

Сравниваемая область знаний	Недостатки сравниваемой области знаний по отношению к выявленным потребностям
Классические методы менеджмента (например, содержащиеся в работах Мескоуна [1] и Минцберга [8])	Рассматривают управление производственной, коммерческой, финансовой операционной и другими функциями фирмы, то есть отдельные и специфические виды деятельности. Не рассматривают деятельность в целом, развитие организации, неопределенность.
Классические работы по теории управления фирмами (Файоля [19], Друкера [18], Портера [24])	Фокусируются на процессах управления. Не рассматривают ни управляемый процесс - деятельность, ни субъект, ни их жизненные циклы, ни неопределенность.
Методы оптимизации операций и качества, реорганизации бизнес-процессов и аналогичные ([4], [14] и т.д.)	Направлены на улучшении конкретных локальных процессов. Оставляют вне рассмотрения целеполагание, деятельность в целом, неопределенность, жизненные циклы.

<p>Управление проектами, пакетами проектов и программами [13,20]</p>	<p>Описывает деятельность в рамках одного проекта, пакета проектов или программы. Неопределенность рассматривает только через управление рисками проекта, не описывает порождение новых проектов (деятельности). Не предназначено для описания и анализа «непроектной» деятельности.</p>
<p>Методы управления ресурсами предприятия [25]</p>	<p>Ориентированы на ресурсы, их планирование и управление ими, но сама деятельность, ни целеполагание, ни другие факторы деятельности не рассматриваются.</p>
<p>Управление рисками [6]</p>	<p>Описывают только аспект рисков и не интегрированы в деятельность в целом; рассматривают риски в рамках организации или продукта/актива/системы, нет связи с целями, нет интегрированного анализа вместе с возможностями.</p>
<p>Теория надежности [7]</p>	<p>Рассматривает отказы технических систем, связанные со статистически измеримой неопределенностью.</p>
<p>Теория управления организационными системами [11]</p>	<p>Во-первых, фокусируется на оргсистеме, оставляя деятельность на втором плане, во-вторых не рассматривает множественные субъекты и предметы, в-третьих, не описывает порождение деятельности.</p>
<p>Теория систем [12, 26]</p>	<p>Рассматривает системы вообще, не предлагает моделей для практической организации и теоретических исследований КД.</p>
<p>Системотехника (systems engineering) [5, 27]</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Объединяет подходы и методы по созданию, производству и эксплуатации сложных систем. • Не рассматривает деятельность как отдельный объект исследований. • Неопределенность как таковую не рассматривает, выделяет «emergence» как важное свойстве систем. • Не позволяет оперировать с неопределенностью.

Методология [9]	Не рассматривает структуру деятельности, поэтому не обеспечивает конструктивное описание и анализ КД.
-----------------	---

5. Заключение

Таким образом, можно сделать вывод, что для адекватного исследования КД необходимы инструменты, описывающие все общесистемные факторы КД:

- Элементы КД и КД в целом; фрактальность: элемент КД сам является КД
- Логическую структуру КД;
- Причинно-временную структуру КД;
- Порождение элементов КД, реализация их и завершение;
- Неопределенность КД.

Анализ смежных областей знаний показал, что такие инструменты в настоящий момент не разработаны.

Использование системы согласованных требований в качестве комплементарных основ обеспечит практическую применимость инструментов исследований КД как специалистами-практиками, отвечающими за организацию и управление деятельностью, так и учеными, занимающимися исследованиями общих принципов организации нетривиальной практической и научной деятельности при решении таких задач как:

- проектирование новой комплексной деятельности;
- рассмотрение альтернативных решений при таком проектировании;
- разработка регламентной документации;
- моделирование, прежде всего, компьютерное;
- создания систем управления КД в виде описаний процессов управления, регламентов, знаний и данных, информационно-технологических систем и обученных сотрудников;

и многих других.

Литература

1. АЛЬБЕРТ М., МЕСКОН М., ХЕДОУРИ Ф. *Основы менеджмента*. М.: ДЕЛЮ, 1997 - 492 с.

2. ВИКИПЕДИЯ. Boeing 787 Dreamliner. http://en.wikipedia.org/wiki/Boeing_787_Dreamliner
3. ВИКИПЕДИЯ. Uber. <https://ru.wikipedia.org/wiki/Uber>
4. ВУМЕК Д.П., ДЖОНС Д.Т. *Бережливое производство. Как избавиться от потерь и добиться процветания вашей компании.* — М.: «Альпина Паблишер», 2011, ISBN 978-5-9614-1654-1
5. ГОСТ Р ИСО/МЭК 15288-2005. *Системная инженерия процессы жизненного цикла систем.* М.: Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии, 2005. — 57 с.
6. ГОСТ Р ИСО/МЭК 16085-2007. *Менеджмент риска. Применение в процессах жизненного цикла систем и программного обеспечения.* М.: Стандартиформ. 2008
7. КАШТАНОВ В.А., МЕДВЕДЕВ А.И. *Теория надежности сложных систем* М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010. — 608
8. МИНЦБЕРГ Г. *Структура в кулаке: создание эффективной организации* / Пер. с англ. под ред. Ю. Н. Каптуревского. — СПб.: Питер, 2004
9. НОВИКОВ А.М., НОВИКОВ Д.А. *Методология.* М.: Синтег, 2007. — 668 с.
10. НОВИКОВ Д.А. *Методология управления.* М.: Либроком, 2011. — 128 с. / Novikov D. Control Methodology. New York: Nova Science Publishers, 2013. — 76 p.
11. НОВИКОВ Д.А. *Теория управления организационными системами.* 3-е изд. М., Физматлит, 2012. — 604 с. / Novikov D. Theory of Control in Organizations. New York: Nova Science Publishers, 2013. — 341 p.
12. ПЕРЕГУДОВ Ф.И., ТАРАСЕНКО Ф.П. *Введение в системный анализ.* М.: Высшая школа, 1989. — 367 с. / Peregudov F., Tarasenko F. Introduction to Systems Analysis. — ОН: Columbus: Glencoe/Mcgraw-Hill, 1993. — 320 p.
13. Руководство к Своду знаний по управлению проектами (PMBOK® Guide). — 5-е изд. — Newtown Square: Project Management Institute, 2013
14. САЗЕРЛЕНД Д. *Scrum. Революционный метод управления проектами = Scrum. The art of doing twice the work in half the time.* М.: Манн, Иванов и Фербер, 2016. — 288 с
15. САЙТ VALUE BASED MANAGEMENT. — <http://www.value-basedmanagement.net/>

16. BOEING COMMERCIAL AVIATION. <http://www.boeing.com/commercial/48>
17. BLOOMBERG TECH. *Uber Raises Funding at \$62.5 Billion Valuation*. December 3, 2015. — <http://www.bloomberg.com/news/articles/2015-12-03/uber-raises-funding-at-62-5-valuation>
18. DRUCKER P.F. *MANAGEMENT. Tasks, Responsibilities, Practices*. New York. TRUMAN TALLEY BOOKS / E.P. DUTTON - 1986, 552 p.
19. FAYOL H. *Administration Industrielle et Générale*, 1916. Анри Файоль. Общее и промышленное управление. Перевод на русский язык: Б. В. Бабина-Кореня. — М.: 1923. // Электронная публикация: Центр гуманитарных технологий. — 28.08.2012. <http://gtmarket.ru/laboratory/basis/5783>
20. A Guidebook for Project and Program Management for Enterprise Innovation. Project Management association of Japan. 2005.
21. ISO/IEC FDIS 42010. *Systems and software engineering — Architecture description*. ISO, IEEE, 2011. - 48 p.
22. KNIGHT F.H. *Risk, Uncertainty, and Profit*. Hart, Schaffner, and Marx Prize Essays, no. 31. Boston and New York: Houghton Mifflin. 1921.
23. KRUGMAN P. *The Return of Depression Economics and the Crisis of 2008*. W.W. Norton Company Limited. 2009.
24. PORTER M.E. *Competitive Advantage*. Free Press, 1985. -
25. ROWBOTHAM F., GALLOWAY L., AZHASHEMI M. *Operations Management in Context*. Elsevier. 2007, 438p.
26. SATZINGER J., JACKSON R., BURD S. *Introduction to Systems Analysis and Design*. 6th ed. Boston.: Course Technology, 2011. — 512 p.
27. *Systems Engineering Guide*. — Bedford: MITRE Corporation, 2014. — 710 p.

ГЕНЕТИЧЕСКИЕ АЛГОРИТМЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ УПРАВЛЕНИЯ АКТИВНЫМИ СИСТЕМАМИ²

Белявский Г.И., Данилова Н.В., Угольницкий Г.А.
(Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону)
beliavsky@hotmail.com, danilova198686@mail.ru, ougoln@mail.ru

Рассматривается применение эволюционного моделирования к решению задач управления устойчивым развитием сложных систем. Описываются различные информационные структуры иерархических дифференциальных игр, формализующих задачи управления устойчивым развитием. Получен результат, обеспечивающий возможность использования генетических алгоритмов для решения указанных задач. Изложение иллюстрируется модельным примером.

Ключевые слова: дифференциальные игры, управление устойчивым развитием, эволюционное моделирование

1. Введение

Математическая формализация задач управления устойчивым развитием активных систем [8] приводит к сложным дифференциально-игровым моделям [9, 12], нахождение решений которых требует разработки эффективных вычислительных методов. В последние десятилетия внимание привлекают методы эволюционного моделирования [2,3]. Замысел работы состоит в их использовании при решении иерархических дифференциальных игр с различными информационными регламентами [8,10], что перекликается с эволюционными играми [11].

2. Информационные регламенты дифференциальных игр

Для анализа задач управления устойчивым развитием активных систем целесообразно рассматривать базовый вариант древовидной структуры иерархически управляемой динамической системы [8],

² Работа выполнена при финансовой поддержке ЮФУ, проект №213.01-07.2014/07 ПЧВГ.

включающей Центр, нескольких активных агентов и объект управления. При математической формализации это дает иерархическую дифференциальную игру ведущего с несколькими ведомыми. Для построения классификации информационных структур в таких играх можно использовать три признака, характеризующие стратегию ведущего (в частности, способ обеспечения устойчивого развития):

1. Отсутствие/наличие обратной связи стратегии ведущего по состоянию управляемой динамической системы. Этот признак принимает два основных значения: программные и позиционные стратегии [10];

2. Отсутствие/наличие обратной связи стратегии ведущего по стратегиям ведомых. В первом случае возникают игры Штакельберга, в то время как игры второго типа естественно назвать играми Гермейера [4-7];

3. Методы иерархического управления. Различаются принуждение, при котором ведущий воздействует на множества допустимых стратегий ведомых, и побуждение, означающее воздействие ведущего на функционалы выигрыша ведомых [8].

В свою очередь, на нижнем уровне возможен один из трех режимов поведения (которые надо учитывать при реализации устойчивого развития):

- изоляция, когда ведомые действуют независимо и приходят в своей игре в нормальной форме к равновесию Нэша;
- кооперация, при которой они объединяют ресурсы и путем совместных действий максимизируют суммарный функционал выигрыша;
- сотрудничество, означающее добровольную максимизацию ведомыми функционала выигрыша ведущего.

3. Эволюционное моделирование

Для описания вычислительного метода остановимся на игре Штакельберга двух лиц при побуждении и программной стратегии ведущего:

$$(1) \quad J_L = \int_0^{\infty} e^{-\rho t} g_L(p(t), u(t), x(t)) dt \rightarrow \max, \quad p(t) \in P;$$

$$(2) \quad F = \int_0^{\infty} e^{-\rho t} g_F(p(t), u(t), x(t)) dt \rightarrow \max, \quad u(t) \in U;$$

$$(3) \quad \dot{x} = f(x(t), u(t)), \quad x(0) = x_0.$$

Здесь L – ведущий, F – ведомый. Содержательным примером использования программных стратегий можно считать любое законодательство, особенно вводимое поэтапно в течение определенного времени.

Далее описываются два варианта применения генетического алгоритма. *Смешанный вариант.* Рассмотрим регламент Γ_1 , при следующих условиях: а) стратегия лидера p удовлетворяет условию Липшица на интервале $[0, T]$:

$$(4) \quad |p(t) - p(s)| \leq \alpha |t - s|;$$

б) существует эффективный алгоритм решения редуцированной задачи. Последнее условие, которое будет конкретизировано позже, подчеркивает, что основная вычислительная сложность задачи состоит в нахождении оптимальной стратегии ведущего. Остановимся на первом условии, которое означает, что существует такая положительная константа α , для которой при $\forall t \in [0, T]$ выполняется неравенство (4), утверждающее, что возможности ведущего ограничены и он не должен менять стратегии «слишком резко», что отвечает реальной практике принятия решений.

Теорема. Для любого положительного числа ε существуют такие N^* , x^* и Δ^* , что

$$\sup_{t \in [0, T]} |p(t) - p_N(x^*, \Delta^*, t)| \leq \varepsilon.$$

Характер вектора Δ позволяет использовать генетический алгоритм для решения задачи ведущего, которая становится одномерной. Ранее было приведено условие – для редуцированной задачи существует эффективный способ ее решения. Если это условие не выполняется, то при дополнительных предположениях о том, что функция $u(t)$ удовлетворяет условию Липшица и функция $g_F(x, y, z)$ удовлетворяет условию Липшица по переменной y , задача ведомого заменяется на приближенную:

$$(5) \quad J_F = \int_0^{\infty} e^{-\rho t} g_F(p_N(x, \Delta, t), u_{\bar{N}}(\bar{x}, t, \bar{\Delta}), x(t)) dt \rightarrow \max, \bar{x}, \bar{\Delta},$$

и генетический алгоритм можно применить для задачи ведомого. Такой вычислительный метод, при котором генетический алгоритм

применяется последовательно как для задачи ведущего, так и для задачи ведомого, естественно назвать *общим генетическим алгоритмом*.

К основным достоинствам генетического алгоритма относится прежде всего то, что для его применения не требуется каких-либо особых свойств целевого функционала. Недостаток алгоритма – медленная скорость сходимости, как и для всякого случайного поиска. Поэтому смешанный алгоритм, в котором случайный поиск сочетается с традиционными вычислительными методами, выглядит более перспективным по сравнению с общим генетическим алгоритмом [1].

Если критерий ограничен сверху (снизу), то популяция стабилизируется и алгоритм сходится. Теория генетических алгоритмов [2, 3] гарантирует с вероятностью, близкой к единице, что среди особей предельной популяции присутствует оптимальное решение.

4. Заключение

Ключевую роль в использовании дифференциально-игровых моделей играют информационные регламенты игр. Это особенно важно в случае иерархических игр, допускающих различную структуру взаимодействия ведущего и ведомых игроков. Дана классификация иерархических регламентов и выписаны соответствующие гарантированные результаты ведущего. Предпринята попытка использования генетического алгоритма для решения иерархической дифференциальной игры. Доказано утверждение, позволяющее проводить дискретизацию исходной непрерывной модели. Приводится пример применения алгоритма.

Пока рассмотрен только случай игры двух лиц в программных стратегиях при единственном оптимальном ответе ведомого, в первом приближении демонстрирующий возможности предложенного подхода. Основной акцент сделан на доказательстве результата, обеспечивающего применимость метода. В дальнейшем предполагается провести более широкую апробацию предложенного метода для различных информационных регламентов.

Литература

1. БЕЛЯВСКИЙ Г.И., ЛИЛА В.Б., ПУЧКОВ Е.В. *Алгоритм и программная реализация гибридного метода обучения искусственных нейронных сетей* // Программные продукты и системы, 2012 (4), 96-101.
2. ЕМЕЛЬЯНОВ В.В., КУРЕЙЧИК В.В., КУРЕЙЧИК В.М. *Теория и практика эволюционного моделирования.* — М., 2003.
3. ГЛАДКОВ Л.А., КУРЕЙЧИК В.В., КУРЕЙЧИК В.М. *Генетические алгоритмы.* - М., 2006.
4. ГОРЕЛОВ М.А., КОНОНЕНКО А.Ф. *Динамические игры. I. Язык моделирования* // Автоматика и телемеханика, 2014 (11), 127-149.
5. ГОРЕЛОВ М.А., КОНОНЕНКО А.Ф. *Динамические игры. II. Равновесия* // Автоматика и телемеханика, 2014 (12), 56-77.
6. ГОРЕЛОВ М.А., КОНОНЕНКО А.Ф. *Динамические игры. III. Иерархические игры* // Автоматика и телемеханика, 2015 (2), 89-106.
7. КОНОНЕНКО А.Ф. *О многошаговых конфликтах с обменом информацией* // Журнал вычислительной математики и математической физики, 1977, 17(4), 922-931.
8. УГОЛЬНИЦКИЙ Г.А. *Управление устойчивым развитием активных систем.* – Ростов-на-Дону, 2016.
9. УГОЛЬНИЦКИЙ Г.А., УСОВ А.Б. *Равновесия в моделях иерархически организованных динамических систем с учетом требований устойчивого развития* // Автоматика и телемеханика, 2014 (6), 86-102.
10. BASAR T., OLSDER G.J. *Dynamic Noncooperative Game Theory.* - Philadelphia, 1999.
11. *Game theory in wireless and communication networks: theory, models, and applications* / Zhu Han, Dusit Niyato, Walid Saad et al. – Cambridge University Press, 2012.
12. 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.

ТЕОРЕТИКО-ИГРОВАЯ ПОРОГОВАЯ МОДЕЛЬ БИРЖЕВЫХ ТОРГОВ

Бреер В.В.

(ИПУ им. В.А. Трапезникова РАН, Москва)

breer@live.ru

В статье рассматривается теоретико-игровая модель порогового поведения агентов, которые участвуют в покупке активов. Агенты делятся на две группы, каждая из которых делает заявки на покупку активов другой группы. При этом цена покупки изменяется. Агент принимает решение о покупке актива при условии, что его цена меньше некоторого порога, присущего этому агенту. Находятся условия равновесия Нэша в этой теоретико-игровой модели.

Ключевые слова: теоретико-игровая модель, пороговое поведение, биржевые торги, равновесие Нэша.

1. Описание биржевой игры

Пусть агенты играют в «биржевую игру натурального обмена», правила которой заключаются в следующем:

1. В игре участвуют два множества агентов S и B в количестве $n_S = |S|$ и $n_B = |B|$. Агенты каждого из этих множеств обладают соответствующими (двумя) типами активов и являются покупателями «чужого» типа активов, а именно игроки множества S являются покупателями актива игроков B и игроки множества B являются покупателями актива игроков S .

2. Любой покупатель $i \in S \cup B$ принимает *бинарное* решение $\omega_i \in \{0, 1\}$ – купить ($\omega_i = 1$) или не купить ($\omega_i = 0$) чужой актив в фиксированном количестве $v_i \in R^+$ Ситуацию игры будем обозначать через $\varpi \in \{0, 1\}^{n_S + n_B}$. Соответственно, на биржу выставляются запросы

на покупку на сумму $v_S \varpi_S = \sum_{i \in S} v_i \varpi_i$ актива B и на сумму

$v_B \varpi_B = \sum_{i \in B} v_i \varpi_i$ актива S .

3. В каждом множестве S и B существуют, как минимум по одному, агенту-провокактору, которые будут выставлять запрос на покупку всегда. Игрокам известен этот факт, но неизвестны сами провокаторы. В частности, из этого следует, что $v_S \omega_S \neq 0$ и $v_B \omega_B \neq 0$ для любой возможной ситуации.

4. Если покупатель из множества B осуществляет заказ на покупку актива S , то он увеличивает «цену» этого актива $P_S(\omega)$ относительно актива B , которая определяется отношением

$$P_S(\omega) = \frac{v_B \omega_B}{v_S \omega_S} \in R^+.$$

Аналогично определяется «цена» актива B для покупателя S , а именно

$$P_B(\omega) = \frac{v_S \omega_S}{v_B \omega_B} \in R^+.$$

Очевидно, что цены обмена взаимно-обратные.

5. Каждый покупатель $i \in S \cup B$ обладает верхним порогом цены $C_i \in R^+$, который следующим образом определяет его поведение. Покупатель $i \in S$ ($i \in B$) решает сделать запрос на покупку актива B (S), если $C_B(i) > P_B(\omega)$ ($C_S(i) > P_S(\omega)$), при $C_B(i) < P_B(\omega)$ ($C_S(i) < P_S(\omega)$) он актив не покупает. В случае $C_B(i) = P_B(\omega)$ ($C_S(i) = P_S(\omega)$) – покупатель индифферентен.

6. Будем считать, что если для покупателя $i \in S$ выполнено $C_B(i) > P_B(\omega_i)$, то $C_B(i) \geq P_B(\omega)$. То же справедливо для любого агента $i \in B$. Т.е. в случае, когда цена строго меньше порога, запрос на покупку агента не сильно меняет цену актива по отношению к его порогу. В этом случае имеет место т.н. слабое влияние [1].

2. Теоретико-игровая модель

Целевая функция $u_i : \{0, 1\} \times R^+ \times R^+ \rightarrow R^+$ покупателя $i \in S$, поведение которого описано в предыдущем разделе, имеет следующий вид:

$$(1) \quad u_i(\omega_i, v_{S \setminus i} \omega_{S \setminus i}, v_B \omega_B) = \left[C_B(i) \cdot (1 - \omega_i) + \frac{v_{S \setminus i} \omega_{S \setminus i} + v_i}{v_B \omega_B} \cdot \omega_i \right] \cdot v_i.$$

Аналогично, у каждого покупателя $i \in B$ целевая функция имеет следующий вид:

$$(2) \quad u_i(\omega_i, v_{B \setminus i} \omega_{B \setminus i}, v_S \omega_S) = \left[C_S(i) \cdot (1 - \omega_i) + \frac{v_{B \setminus i} \omega_{B \setminus i} + v_i \cdot \omega_i}{v_S \omega_S} \right] \cdot v_i.$$

Будем считать, что агенты проинформированы о цене $P(\omega)$ интересующего их актива и ведут себя так, чтобы максимизировать свои целевые функции. Рассмотрим игру в нормальной форме

$$G_2 = \left(\{0, 1\}^{n_S + n_B}, \{u_i\}_{i \in S \cup B}, S \cup B \right).$$

Определение равновесия Нэша $\varpi^* \in \{0, 1\}^{n_S + n_B}$ в игре G_2 можно записать в следующем виде:

$$(3) \quad u_i(\omega_i^*, v_{S \setminus i} \omega_{S \setminus i}^*, v_B \omega_B^*) \geq u_i(1 - \omega_i^*, v_{S \setminus i} \omega_{S \setminus i}^*, v_B \omega_B^*), \forall i \in S,$$

$$(4) \quad u_i(\omega_i^*, v_{B \setminus i} \omega_{B \setminus i}^*, v_S \omega_S^*) \geq u_i(1 - \omega_i^*, v_{B \setminus i} \omega_{B \setminus i}^*, v_S \omega_S^*), \forall i \in B.$$

Введем следующие обозначения:

$\Phi_S(x) = \sum_{i \in S} v_i \chi\{C_B(i) \leq x\}$ – для объема актива продавцов S с порогами цен меньше x (где χ – индикатор множества), и

$\Phi_B(x) = \sum_{i \in B} v_i \chi\{C_S(i) \leq x\}$ – для объема актива продавцов B с порогами цен меньше x .

Имеет место следующее свойство равновесия Нэша рассматриваемой игры.

Утверждение. Пусть пара чисел v_S^* , v_B^* – решение следующей системы уравнений

$$(5) \quad \begin{cases} v_S^* = \Phi_S\left(\frac{v_S^*}{v_B^*}\right), \\ v_B^* = \Phi_B\left(\frac{v_B^*}{v_S^*}\right), \end{cases}$$

и ситуация $\omega^* = \omega_S^* \times \omega_B^* \in \{0, 1\}^{|S|} \times \{0, 1\}^{|B|}$ удовлетворяет следующим условиям

$$(6) \quad \varpi_S^* : \varpi_i^* = \chi\left\{C_B(i) \leq \frac{v_S^*}{v_B^*}\right\}, \quad \forall i \in S,$$

$$(7) \quad \varpi_B^* : \varpi_i^* = \chi \left\{ C_S(i) \leq \frac{v_B^*}{v_S^*} \right\}, \quad \forall i \in B.$$

Тогда она является равновесием Нэша (3), (4) игры G_2 .

Обратно, пусть ситуация $\omega^* = \omega_S^* \times \omega_B^* \in \{0,1\}^{|S|} \times \{0,1\}^{|B|}$, в которой объемы активов продавцов и покупателей равны соответственно v_S^* и v_B^* является равновесием Нэша (3), (4) игры G_2 . Тогда для нее выполнены условия (5), (6) и (7).

3. Доказательство утверждения

Достаточность. В силу (6) и определения функции $\Phi_S(\cdot)$ справедливо следующее равенство:

$$(8) \quad \sum_{i \in S} v_i \omega_i^* = \sum_{i \in S} v_i \chi \left\{ C_B(i) \leq \frac{v_S^*}{v_B^*} \right\} = \Phi_S \left(\frac{v_S^*}{v_B^*} \right),$$

значит в силу (5) выполнено равенство

$$v_S^* = \sum_{i \in S} v_i \omega_i^*,$$

что является объемом актива, который запрошен для покупки в ситуации ω^* покупателями S .

Аналогично в силу (7) и определения функции $\Phi_B(\cdot)$ справедливо следующее равенство:

$$(9) \quad \sum_{i \in B} v_i \omega_i^* = \sum_{i \in B} v_i \chi \left\{ C_S(i) < \frac{v_B^*}{v_S^*} \right\} = \Phi_B \left(\frac{v_B^*}{v_S^*} \right),$$

значит в силу (5) выполнено равенство

$$v_B^* = \sum_{i \in B} v_i \omega_i^*,$$

что является объемом актива, который запрошен для покупки в ситуации ω^* покупателями B .

Докажем, что ω^* , подчиняющееся (5), (6) и (7) является равновесием Нэша (3), (4). Если $\omega_i^* = 1$, $i \in S$, то $v_{S \setminus i} \omega_{S \setminus i}^* = v_S^* - v_i$ и из (6) следует, что

$$(10) C_B(i) \leq \frac{v_S^*}{v_B^*}.$$

Значит, в силу определения целевой функции (1) выполнено неравенство

$$(11) u_i(1, v_S^* - v_i, v_B^*) = \frac{v_S^*}{v_B^*} \cdot v_i \geq C_S(i) \cdot v_i = u_i(0, v_S^* - v_i, v_B^*).$$

В силу (11) действие $\omega_i^* = 1$ выгодно для продавца $i \in S$.

Если $\omega_i^* = 0$, $i \in S$, то $v_{S \setminus i}^* = v_S^*$ и из (6) следует, что

$$(12) C_B(i) > \frac{v_S^*}{v_B^*}.$$

Значит, в силу условия 6, $C_B(i) \geq \frac{v_S^* + v_i}{v_B^*}$ и, по определению целевой функции (1), выполнено неравенство

$$(13) u_i^S(0, v_S^*, v_B^*) = C_S(i) \cdot v_i \geq \frac{v_S^* + v_i}{v_B^*} \cdot v_i = u_i^S(1, v_S^*, v_B^*).$$

В силу (13) действие $\omega_i^* = 0$ выгодно для продавца $i \in S$. Таким образом для любого продавца $i \in S$, ω_i^* , определяемое (6) не уменьшает значение его целевой функции. Аналогично это можно показать для множества покупателей B , значит ω^* является равновесием Нэша.

Необходимость. Докажем сначала, что из (3), (4) следует (5). Предположим, что (5) не выполнено и пусть $v_S^* = \sum_{i \in S} v_i \omega_i^*$,

$v_B^* = \sum_{i \in B} v_i \omega_i^*$ – объемы активов продавцов, которые выставлены для обмена в ситуации (3), (4).

Пусть $v_S^* \ll \Phi_S\left(\frac{v_S^*}{v_B^*}\right)$. Если $v_S^* > \Phi_S\left(\frac{v_S^*}{v_B^*}\right)$, то $\exists i_0 \in S$, такое что

$\omega_{i_0} = 1$ и $C_B(i_0) > \frac{v_S^*}{v_B^*}$. Так как $v_{S \setminus i_0}^* = v_S^* - v_{i_0}$ и, значит, выполнено следующее неравенство:

$$(14) u_i^S(1, v_S^* - v_i, v_B^*) = \frac{v_S^*}{v_B^*} \cdot v_i < C_B(i_0) \cdot v_i = u_i^S(0, v_S^* - v_i, v_B^*),$$

т.е. изменение действия с $\omega_{i_0}^* = 1$ на $\omega_{i_0}^* = 0$ увеличивает его целевую функцию.

$$\text{Если } v_S^* < \Phi_S\left(\frac{v_S^*}{v_B^*}\right), \text{ то } \exists i_0 \in S, \text{ такое что } \omega_{i_0}^* = 0 \text{ и } C_B(i_0) \leq \frac{v_S^*}{v_B^*}.$$

Так как $v_{S \setminus i_0}^* = v_S^*$ и, значит, выполнено следующее неравенство:

$$(15) u_i(0, v_S^*, v_B^*) = C(i_0) \cdot v_i \leq \frac{v_S^*}{v_B^*} < \frac{v_S^* + v_i}{v_B^*} \cdot v_i = u_i(1, v_S^*, v_B^*),$$

т.е. изменение действия с $\omega_{i_0}^* = 0$ на $\omega_{i_0}^* = 1$ увеличивает его целевую функцию.

Аналогичные рассуждения можно провести для второго уравнения (5). Из (14) и (15) следует, что ω^* не является равновесием Нэша и (5) следует из метода «от противного».

Докажем, что из (3), (4) следует (6). Предположим, что (6) не выполнено и пусть $v_S^* = \sum_{i \in S} v_i \omega_i^*$ ($v_B^* = \sum_{i \in B} v_i \omega_i^*$) – объем актива продавцов, который выставлен для обмена в ситуации (3), т.е.

$$\exists i_0 \in S : \omega_{i_0}^* = \chi \left\{ C_B(i_0) > \frac{v_S^*}{v_B^*} \right\}. \text{ Но тогда мы оказываемся в условиях}$$

(14) и (15), что опять приводит к ситуации, не являющейся равновесием Нэша. Аналогично для множества продавцов B и соотношения (7). Необходимость следует «от противного». •

Литература

1. БУРКОВ В.Н. *Основы математической теории активных систем*, М. Наука, 1977 г., с. 255.
2. БРЕЕР В.В. *Теоретико-игровые модели конформного поведения*, Автоматика и телемеханика. 2012, № 10 С 111-126.

АНАЛИЗ МАНИПУЛИРУЕМОСТИ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ЭФФЕКТИВНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕСУРСОВ МЕТОДОМ СЕТЕВОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ ДЛЯ СЛУЧАЯ ФУНКЦИЙ ПОЛЕЗНОСТИ КЛАССА КОББА-ДУГЛАСА³

Бурков В.Н., Коргин Н.А.
(ИПУ им. В.А.Трапезникова РАН, Москва)
vlab17@bk.ru, nkorgin@ipu.ru

В докладе проводится анализ манипулируемости решения задачи эффективного распределения ресурсов, максимизирующего суммарную полезность агентов, потребителей ресурса методом сетевого программирования для случая функций полезности класса Кобба-Дугласа. Определяются критерии отбора агентов в множество диктаторов, на основе которого определяются стратегии манипулирования для агентов, не попадающих в множество диктаторства.

Ключевые слова: распределение ресурсов, сетевое программирование, манипулирование.

1. Введение

В работе [1] было предложено решение задачи распределение ресурсов, максимизирующее суммарную полезность агентов, потребителей ресурсов, основанное на принципе открытого управления— часть агентов определяется в множество «открытого управления» (диктаторства), каждому агенту из этого множества выдается оптимальное для него количество ресурса, в то время как для остальных ресурс определялся по заранее определенному правилу. Однако, в отличие от классических механизмов распределения ресурсов «открытого управления», т.н. механизмов последовательного распределения ресурсов [2, 4], отбор агентов в множество открытого управления производился на основе алгоритма дискретной оптимизации, реализуемого методами сетевого программирования [3].

³ Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект «15-07-0779016»

В данном докладе проводится анализ манипулируемости предложенного решения. Для этого определяются критерии отбора агентов в множество диктаторов, на основе которого определяются стратегии манипулирования для агентов, не попадающих в множество диктаторства.

2. Модель

N – множество агентов, $\#N = n$. $\forall i \in N$ $u_i = 2\sqrt{r_i x_i}$ – полезность от ресурса, u -вектор полезности агентов, целевые функции агентов

$$f_i = 2\sqrt{r_i x_i} - \rho x_i.$$

Информированность центра $\forall i \in N$ $r_i \in [d_i, D_i]$.

Центром решается задача распределение ресурсов для максимизации суммарной полезности всех агентов:

$$\sum_{i \in N} u_i - \rho |x| \xrightarrow{x} \max, \quad x: |x|_{L_1} \leq R.$$

Без потери общности считаем $\rho = 1$, тогда в ситуации «дефицита» ресурсов, когда $\mathfrak{R} \geq R$, $\mathfrak{R} = \sum_{i \in N} r_i$ задача эквивалентна максимизации критерия $K = \sum_{i \in N} u_i$.

В рамках решения, описанного в [1], для агентов из множества диктаторства $W \subseteq N$ $x_i(W) = r_i$, для остальных (множество жесткой централизации) $N \setminus W$: $x_i(W) = R(N \setminus W) \frac{d_i}{D(N \setminus W)}$, $R(N \setminus W) = R - \sum_{i \in W} r_i$,

$$D(N \setminus W) = \sum_{i \in N \setminus W} d_i.$$

При этом, отличие решения на основе метода сетевого программирования от классического механизма последовательного распределения ресурсов заключается в том, что в множестве диктаторства могут оказаться агенты, для которых $R(N) \frac{d_i}{D(N)} < r_i$.

3. Анализ критерия отбора агентов в множество открытого управления

Без потери общности, рассмотрим случай, когда $\forall i \in N$ $Rd_i / D < r_i$, $D = \sum_{i \in N} d_i$ а агенты упорядочены следующим образом:

$$\frac{r_1}{d_1} \leq \dots \leq \frac{r_n}{d_n}.$$

Обозначим $K(W) = \sum_{i \in W} u_i + \sum_{i \in N \setminus W} u_i$. В рамках предлагаемого реше-

ния $K(W) = 2 \sum_{i \in W} r_i + 2 \sqrt{\frac{R(N \setminus W)}{D(N \setminus W)}} \sum_{i \in N \setminus W} \sqrt{r_i d_i}$, а эффективность случая, ко-

гда все агенты находятся в множестве жесткой централизации

$$K(\emptyset) = 2 \sqrt{\frac{R}{D}} \sum_{i \in N} \sqrt{r_i d_i}.$$

Утверждение 1. $\exists ! k > 1$, $k \leq n$ т.ч. $K(\{k\}) \geq K(\emptyset)$, причем $\forall j < k$ $K(\{j\}) < K(\emptyset)$, $\forall i > k$ $K(\{i\}) \geq K(\emptyset)$.

Следствие 1. $\forall W : 1 \notin W$ $K(W \cup \{1\}) < K(W)$.

Обозначим $i(S)$ – индекс агента $i \in S$, $S \subseteq N$ в упорядочении по возрастанию r_i / d_i среди агентов из S .

Следствие 2. $\forall W \subset N$ и $i \in N \setminus W : i(N \setminus W) = 1$ верно, что $K(W \cup \{i\}) < K(W)$.

Из полученных утверждений следует, что в эффективном решении задачи методом сетевого программирования множество диктаторства никогда не может содержать подмножества агентов вида $\{1, \dots, l\}$, $l \leq n$

4. Анализ манипулируемости решения

В рамках рассматриваемой ситуации $\forall W \subset N$ $\forall i \in N \setminus W$ $x_i(W) < r_i$, т.е. любой агент получает больший выигрыш, попадая в множество диктаторства. Из полученного критерия отбора агентов во множество открытого управления следует, что первый в упорядочении по возрастанию r_i / d_i агент никогда не должен отбираться в

множество диктаторства. Следовательно, агентам с «малыми» индексами следует завышать свои сообщения относительно r_i т.е. алгоритм распределения ресурсов оказывается манипулируемыми.

В рамках доклада не приводится исчерпывающий анализ рациональных стратегий поведения агентов, показано лишь, что всегда будут агенты, которым целесообразно исказить информацию о своей функции полезности, что планируется сделать в дальнейшем с целью поиска эквивалентных механизмов из класса «классических» механизмов последовательного распределения ресурсов.

Литература

1. БУРКОВ В.Н., КОРГИН Н.А., СЮАНЬ Д.Ч. *Оптимальный механизм планирования в активной системе* // ЭМСУ. – 2015. – Т. 18. – №. 4-4. – С. 461-469.
2. БУРКОВ В.Н., ДАНЕВ Б., ЕНАЛЖЕЕВ А.К. *Большие системы: моделирование организационных механизмов*. – М.: Наука, 1989. – 248 с.
3. БУРКОВ В.Н., БУРКОВА И.В. *Метод сетевого программирования в управлении целевыми программами* // Автоматика и телемеханика. – 2014. – №. 3. – С. 73-86.
4. SPRUMONT Y., 1991. *The division problem with single-peaked preferences: A characterization of the uniform rule* // *Econometrica* 59. – pp. 509–519.

ЗАДАЧА СОГЛАСОВАННОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ПРИ УПРАВЛЕНИИ РАСПРЕДЕЛЕННЫМИ ПРОГРАММАМИ

Бурков В.Н.¹, Чу Донг Сюань²

(1 – ИППУ им. В.А.Трапезникова РАН, Москва;

2 – Воронежский государственный архитектурно-строительный университет, Воронеж)

vlab17@bk.ru

Рассматривается задача управления распределенными программами. В работе предлагается принцип согласованного планирования для повышения степени достоверности информации.

Ключевые слова: управление, распределенная программа, согласованное планирование, оптимизация.

1. Введение

Сложные программы, как правило, являются распределенными либо по территориям, либо по отраслям, либо по направлениям. При этом определенные подпрограммы имеют своих руководителей со своими целями, зачастую не совпадающими с целями программы. Если не учитывать цели подпрограмм, то это может привести к представлению недостоверной информации о затратах проектов подпрограмм, что снижает эффект от программы в целом. Для повышения достоверности информации в теории активных систем предположен принцип согласованного управления [1]. В работе дается описание механизма согласованного управления распределенными программами.

2. Постановка задачи (дискретная модель)

Программа состоит из m подпрограмм. Для каждой подпрограммы имеются n_i проектов, претендентов на включение в подпрограмму. Каждый проект описывается эффектом a_{ij} для подпрограммы, эффектом b_{ij} для программы в целом, а также затратами c_{ij} на реализацию проекта. Задано централизованное фиксирование программы величины R . Если программа реализуется на основе сов-

местного фиксирования, то каждая подпрограмма выделяет дополнительный ресурс в размере αR_i , где R_i – объем централизованных средств, выделенных на i -ю подпрограмму. Для учета многоцелевых подпрограмм планирование предметной области программы (состава проектов) ведется на основе принципа согласованного планирования [1]. А именно, при формировании состава проектов i -ой подпрограммы при выделенном ресурсе R_i решается задача согласованного планирования. Для ее формирования обозначим $x_{ij} = 1$, если проект j вошел в i -ю подпрограмму, $x_{ij} = 0$ в противном случае, $j = \overline{1, n_i}$, $i = \overline{1, m}$.

Задача. Определить x , максимизирующие

$$(1) \quad B(x) = \sum_{i,j} b_{ij} x_{ij}$$

при ограничениях

$$(2) \quad A_i(x_i) = \sum_j c_{ij} x_{ij} \geq A, \quad i = \overline{1, n},$$

$$(3) \quad C(x) = \sum_{i,j} c_{ij} x_{ij} \leq (1 + \alpha)R$$

3. Метод решения

Решение задачи состоит из двух этапов. На первом этапе для каждой подпрограммы решается задача 1.

Задача 1. Определить x_{ij} максимизирующие

$$(4) \quad B(x) = \sum_j b_{ij} x_{ij}$$

при ограничениях

$$(5) \quad A_i(x_i) = \sum_j c_{ij} x_{ij} \geq A_i, \quad i = \overline{1, n},$$

$$(6) \quad C(x) = \sum_{i,j} c_{ij} x_{ij} \leq (1 + \alpha)R$$

Обозначим $B_i(R_i)$ величину (4) в оптимальном решении задачи 1.

Задача 2. Определить R_i максимизирующие

$$\sum_i B_i(R_i),$$

при ограничениях

$$\sum_i R_i \leq R.$$

4. Анализ манипулируемости

Теоретический анализ манипулируемости представляется достаточно сложной задачей. Поэтому было проведено экспериментальное исследование методом деловых игр. Результаты проведения двадцати игр показали, что при учете условий согласования степень манипулируемости снижается в среднем в 3 раза. При этом чем больше величина гарантированного финансирования, тем меньше степень манипулирования.

Литература

1. В.Н. БУРКОВ. *Основы математической теории активных систем.* – М.: Наука.1977. – 255 с.

РЕФЛЕКСИВНАЯ ИГРА «РАЗОБЛАЧЕНИЕ ЛИДЕРОВ» В ЛИНЕЙНОЙ МОДЕЛИ ДУОПОЛИИ ШТАКЕЛЬБЕРГА

Гераськин М.И., Юдина С.В.

(Самарский национальный исследовательский
университет имени академика С.П.Королёва)
innovation@ssau.ru, lana.yudina.95@mail.ru

Рассматривается рефлексивная игра агентов рынка дуополии Курно и Штакельберга при стратегической рефлексии для различных случаев асимметрии информированности. Исследованы равновесные по Курно и по Штакельбергу состояния рынка при различных рангах рефлексии, получены аналитические выражения для распределения рынка и прибыли агентов, проанализированы зависимость прибыли и положения линий реакции агентов от ранга рефлексии.

Ключевые слова: олигополия, рефлексивная игра, стратегическая рефлексия, равновесие по Курно и по Штакельбергу, линия реакции.

Рефлексивные игры представляют собой теоретические модели [3], описывающие взаимодействия агентов, принимающих решения на основе представлений о принципах поведения контрагентов, называемых «окружением» (стратегическая рефлексия), либо о степени информированности окружения (информационная рефлексия). В моделях олигополии Курно и Штакельберга рефлексивные игры исследовались в ситуации полной информированности для линейных [2] и нелинейных [4] функций спроса и издержек, однако недостаточно исследованы ситуации ассиметричной информированности, в которой агент не имеет достоверной информации о стратегиях окружения. В дальнейшем рассматривается стратегическая рефлексия в игре агентов рынка дуополии Курно и Штакельберга для различных случаев асимметрии информированности.

Рассмотрим модель олигополии [1], включающую в себя линейную модель спроса, линейную модель издержек агента и в качестве критерия - прибыль агента.

Представим следующую модель стратегической рефлексии: на каждом ранге рефлексии, начиная с первого, агент предполагает, что контрагент выбрал стратегию лидера по Штакельбергу на предыдущем ранге рефлексии, то есть происходит так называемое «разоблачение лидера». Исследуем два варианта симметрии предположений агентов: 1) один из агентов делает предположение о лидерстве контрагента по Штакельбергу на предыдущем ранге рефлексии, что приводит к запаздыванию рефлексии и формирует состояние, аналогичное равновесию Штакельберга; 2) оба агента делают указанное предположение, что приводит к симметричности рефлексии и формирует состояние, аналогичное неравновесию Штакельберга.

При нулевом ранге рефлексии реализуется «игра действий», когда при реагировании по Курно объём рынка распределяется поровну, прибыли агентов равны; при реагировании по Штакельбергу может возникать ситуация равновесия, когда один агент (первый) считает, что конкурент выберет стратегию дуополиста Курно, второй агент, являясь ведомым, не знает ни своего статуса, ни статуса контрагента, что даёт преимущество первому агенту, как лидеру. Также может реализоваться ситуация неравновесия по Штакельбергу, когда оба агента считают контрагента лидером; при этом объём рынка распределяется поровну, прибыли агентов равны; данная ситуация будет наблюдаться при указанных предположения агентов и на последующих рангах рефлексии.

На первом ранге рефлексии в равновесии по Штакельбергу рассматривается ситуация, в которой ведомый (второй агент) предполагает свой статус, т.е. лидер (первый агент) ошибается в том, что второй – ведомый, вследствие чего ведомый становится информационным лидером. В неравновесии Штакельберга в этих же условиях первый агент считает, что второй агент - лидер, а второй считает, что лидер – первый агент, т.е. оба ошибаются, в результате объём рынка распределяется в равных долях, прибыли будут равны. Начиная с первого ранга рефлексии информационной базой стратегической рефлексии являются предположения о стратегии конкурента на рынке, а не общее знание.

Начиная со второго ранга рефлексии проявляются следующие закономерности: в равновесии по Штакельбергу на нечетных рангах рефлексии заблуждается лидер, на чётных – ведомый агент; в нерав-

новесии по Штакельбергу каждый агент предполагает, что его контр-агент является лидером, при этом каждый действует согласно реакции по Штакельбергу, т.е. оба ошибаются.

На рисунке 1 построим график зависимости прибыли агентов от ранга рефлексии для современного телекоммуникационного рынка России, редуцированному для двух агентов.

Анализ показывает, что с увеличением ранга рефлексии значения прибыли агентов асимптотически приближаются к некоторой постоянной, это означает, что с увеличением ранга рефлексии происходит «сглаживание» различий прибыли, т.е. каждый из агентов в пределе получит равную долю прибыли.

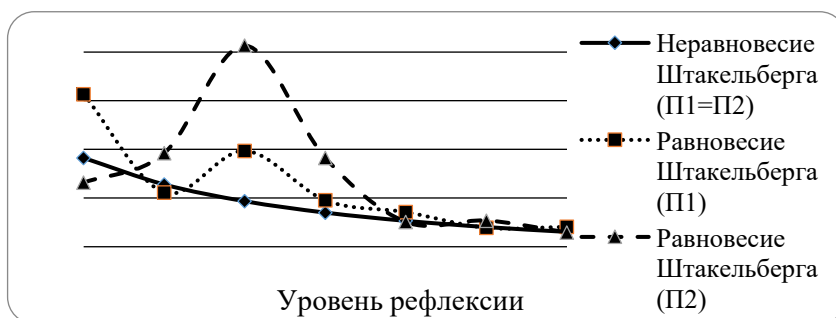


Рис. 1. Зависимость прибыли агентов от ранга рефлексии

На рисунке 2 изобразим график линий реакции агентов, анализ показывает, что с увеличением ранга рефлексии линии реакции сближаются, что означает сокращение различия между рыночными долями агентов; это подтверждается выводами, сделанными ранее.

В результате можно сделать вывод о том, что в процессе «разоблачения лидеров» происходит сокращение разрыва между прибылями и рыночными долями двух агентов. Бесконечное увеличение ранга рефлексии является нецелесообразным, так как существует такой ранг, при котором агенты достигнут консенсуса [3].

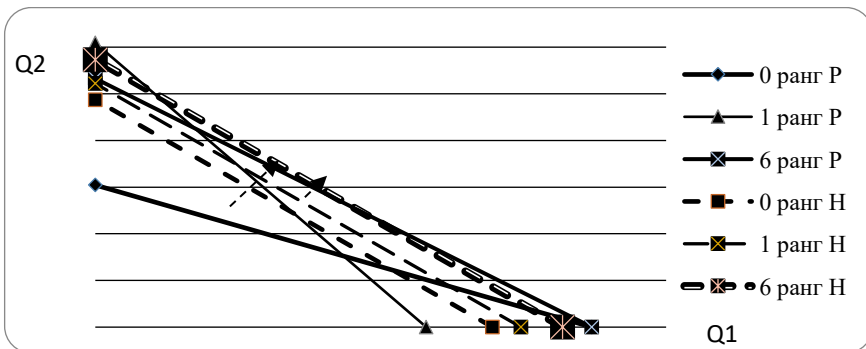


Рис. 2. График линий реакции агентов. (P- равновесие по Штакельбергу, H-неравновесие по Штакельбергу)

Литература

1. ГЕРАСЬКИН М.И. *Математическая экономика: теория производства и потребительского выбора*- 3-е изд., исп. и доп.- Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2008. -124с.
2. ГЕРАСЬКИН М.И., ЧХАРТИШВИЛИ А.Г. *Моделирование структур рынка олигополии при нелинейных функциях спроса и издержек агентов*// Проблемы управления. 2015. №6. С. 10-22.
3. ДЮСУШЕ О.М. *Статичное равновесие Курно- Нэша и рефлексивные игры олигополии: случай линейных функций спроса и идержек*. – М.: Экономический журнал ВШЭ, №1 2006г.
4. НОВИКОВ Д.А., ЧХАРТИШВИЛИ А.Г. *Рефлексия и управление: математические модели*. – М.: Издательство физико-математической литературы, 2013. – 412с.

РАВНОВЕСИЕ В АКТИВНОЙ СИСТЕМЕ ПРИ СОГЛАСОВАННЫХ МЕХАНИЗМАХ

Еналеев А.К.

(ИПУ им.В.А.Трапезникова РАН, Москва)

anver.en@gmail.com,

Определяются множества равновесий в активных системах при использовании в целевых функциях агентов сильно согласованных механизмов стимулирования. Исследованы условия совпадения состояний агентов в равновесии.

Ключевые слова: организационная система, равновесное состояние, управление, согласование, система стимулирования, оптимизация.

Исследование согласованных механизмов проводилось в работах [1-4] преимущественно для простейших структур активных систем типа «центр – активный элемент», либо структур «веерного» типа с несколькими независимыми агентами – активными элементами (АЭ). Здесь рассмотрим систему с несколькими связанными АЭ, целевые функции, которых могут зависеть не только от своего состояния, но и состояний других АЭ.

Пусть задана активная система, состоящая из центра и n АЭ, $F(x, y_1, \dots, y_n)$ – целевая функция центра, $f_i(x, y_1, \dots, y_n)$ – целевая функция i -го АЭ. План x и состояния y_1, \dots, y_n принимают значения из компактного множества Y . Предполагается, что все рассматриваемые целевые функции полунепрерывны сверху по своим аргументам.

Примем, что целевая функция центра обладает свойством «наличия потерь $\theta(\dots)$ от невыполнения плана»:

$$F(x, y_1, \dots, y_n) = H(y_1, \dots, y_n) - \theta(x, y_1, \dots, y_n).$$

Функция потерь обладает следующими свойствами: $\theta(x, x, \dots, x) = 0$, и $\theta(x, y_1, \dots, y_n) \geq \theta(x, y_1, \dots, y_{i-1}, x, y_{i+1}, \dots, y_n) \geq 0$ для всех $i = 1, \dots, n$.

Аналогично, примем, что целевые функции АЭ содержат функции штрафов за отклонение выбираемого состояния от плана и состояний других АЭ:

$$f_i(x, y_1, \dots, y_n) = h_i(y_i) - \chi_{0i}(x, y_i) - \sum_{j=1}^n \chi_{ji}(y_j, y_i).$$

Функции штрафов обладают свойствами: $\chi_{ji}(y_j, y_j) = 0$, $\chi_{ji}(y_j, y_i) \geq 0$ для всех $i = 1, \dots, n$, $j = 0, \dots, n$.

Далее для краткости изложения и без ограничения общности примем $n = 2$.

Ниже будут рассмотрены следующая схема организации функционирования системы.

Центр делает первый ход, выбирая план. Затем АЭ выбирают свои состояния, зная значение плана и прогнозируя выбор состояния другого АЭ.

Выбор состояния вторым АЭ описывается соотношением

$$(1) \quad y_2^* \in R_2(x, y_1) = \text{Arg max}_{y \in Y} f_2(x, y_1, y),$$

где $R_2(x, y_1^*)$ – множество выборов второго АЭ при известном плане x и выборе состояния y_1 первым АЭ.

Выбор состояния первым АЭ описывается соотношением

$$(2) \quad y_1^* \in R_1(x, y_2) = \text{Arg max}_{y \in Y} f_1(x, y, y_2),$$

где $R_1(x, y_2)$ – множество выборов первого АЭ при заданном выборе состояния вторым АЭ при плане x .

Далее будем предполагать выполнение «условий благожелательности АЭ», которые заключаются в следующем: если $x \in R_2(x, y_1^*)$, то $R_2(x, y_1^*) = \{x\}$, и если $x \in R_1(x, y_2^*)$, то $R_1(x, y_2^*) = \{x\}$, т.е. если план входит в множество «выгодных» для АЭ состояний, то он выберет состояние равное плану.

Множество равновесных состояний $\bar{R}(x)$ активной системы определим как совокупность всех (y_1^*, y_2^*) , удовлетворяющих условиям (1), (2) и условиям благожелательности.

Задача 1. Определить множество X планов x , для которых $\bar{R}(x) = \{x\}$.

Задача 2. Определить план x^* , доставляющий максимальное гарантированное значение целевой функции центра:

$$K(x^*) = \sup_{x \in Y} K(x) - \varepsilon, \text{ где } K(x) = \inf_{(y_1, y_2) \in \bar{R}(x)} F(x, y_1, y_2), \varepsilon > 0.$$

Введем понятия согласованных планов.

Назовем

$$P_1 = \{x \in Y \mid h_1(x) \geq h_1(y_1) - \chi_{01}(x, y_1) - \chi_{21}(x, y_1), \forall y_1 \in Y\}$$

расширенным множеством согласованных планов 1-го АЭ, а множество

$$P_2 = \{x \in Y \mid h_2(x) \geq h_2(y_2) - \chi_{02}(x, y_2) - \chi_{12}(x, y_2), \forall y_2 \in Y\}$$

расширенным множеством согласованных планов 2-го АЭ.

Определение. Система штрафов *максимально согласована*, если выполняется соотношения

$$\bigcup_{x \in Y} R_1(x, x) = P_1, \quad \bigcup_{x \in Y} R_2(x, x) = P_2.$$

Предположим, что функции штрафов $\chi_{ij}(z, x)$ *сильно согласована* [1, 3, 4], т.е. удовлетворяет «неравенству треугольника» $\chi_{ij}(z, x) \leq \chi_{ij}(z, y) + \chi_{ij}(y, x)$.

В [1, 3] доказано, что если функции штрафов *сильно согласованы*, то система штрафов является *максимально согласованной*.

Теорема 1. Если функции штрафов $\chi_{01}(x, y_1)$ и $\chi_{02}(x, y_2)$ *сильно согласованы*, $\chi_{21}(x, y_1) < \chi_{01}(x, y_1)$ $\chi_{12}(x, y_2) < \chi_{02}(x, y_2)$, то $X = P_1 \cap P_2$.

Пусть функции штрафов $\chi_{01}(x, y_1)$ и $\chi_{02}(x, y_2)$ имеют вид

$$(3) \quad \theta(x, y_1, y_2) = \begin{cases} C, & \text{если } x \neq y_1 \text{ или } x \neq y_2, \\ 0, & \text{если } x = y_1 = y_2, \end{cases}$$

где $C > 0$.

Обозначим

$$P_0 = \{x \in Y \mid H(x, x) \geq H(y_1, y_2) - \theta(x, y_1, y_2), \forall y_1, y_2 \in Y\}$$

множество выгодных (согласованных) планов для центра.

Теорема 2. Для функций штрафов вида (3) при

$$\chi_{21}(x, y_1) < \chi_{01}(x, y_1), \quad \chi_{12}(x, y_2) < \chi_{02}(x, y_2)$$

оптимальный план x^* в задаче 2 определяются из решения задачи

$$K(x^*) = \max_{x \in P_0 \cap P_1 \cap P_2} H(x, x), \text{ если } P_0 \cap P_1 \cap P_2 \neq \emptyset.$$

Литература

1. БУРКОВ В.Н., ЕНАЛЕЕВ А.К., КОНДРАТЬЕВ В.В. *Двухуровневые активные системы. IV. Цена децентрализации механизмов функционирования* // Автоматика и телемеханика. – 1980. – №6. – С. 110–116.
2. НОВИКОВ Д.А. *Теория управления организационными системами*. – М.: Издательство физико-математической литературы, 2007.
3. ЕНАЛЕЕВ А.К. *Разработка механизмов стимулирования и управления в двухуровневых активных системах*: автореф. дис... канд. техн. наук. – М: МФТИ, 1980. – 18 с.
4. ЕНАЛЕЕВ А.К. *Оптимальность согласованных механизмов функционирования в активных системах* // Управление большими системами. – 2011. – № 33. – С. 143–166.

МОДЕЛИ СХЕМ ДИВЕРСИФИКАЦИИ В ДИНАМИЧЕСКОМ СЛУЧАЕ

Ерешко А.Ф.¹, Канаева Н.А.²

(1 – ИВЦ РАН им. А.А.Дородницына ФИЦ ИУ РАН,
Москва; 2 – ВГАСУ, Воронеж)
fereshko@yandex.ru, minaevantx@rambler.ru

Механизмы диверсификации являются основными управленческими актами на этапе внедрения инновационных технологий в социальные и экономические системы, что подтверждается значительным вниманием, которое уделяется данному вопросу в практике стратегического менеджмента. В то же время операциям диверсификации, как переходного процесса в принятии решений, в литературе по математическому моделированию, теории управления и принятии решений не уделяется должного внимания. Настоящая работа посвящена постановкам задач диверсификации в динамическом случае.

Ключевые слова: диверсификация, коалиция, динамика, активные участники, инвестор.

Введение

Можно сказать, что механизмы диверсификации являются основными управленческими актами на этапе внедрения инновационных технологий в социальные и экономические системы, что подтверждается значительным вниманием, которое уделяется данному вопросу в практике стратегического менеджмента. Понятие диверсификации, согласно энциклопедическим словарям и профессиональной литературе, включает в себя всегда акт трансформации, преобразования и добавления структурных нововведений в существующее течение технических, технологических, социальных и экономических процессов. В литературе имеется большое количество ссылок на практическое применение процедур диверсификации. Поэтому представляется актуальным детальное исследование самого процесса диверсификации и его формальное описание и моделирование.

Далее предполагается, что достаточно адекватным является описание поведения активного управляемого элемента или системы в виде модели оптимизации выпуклого и линейного программирования. В этих понятиях наряду с выбором управлений - управляемых параметров и переменных, оперирующая сторона или ЛПР совершает и качественный акт организационного управления, меняя структуру управляемой системы, добавляя к исходной модели инициатора диверсификации описание новых активных элементов, связей и переменных.

В то же время мы предполагаем, что основным неизменным элементом при формировании диверсификационной модели является технологическое описание всех производств, участвующих в процессе диверсификации, и в частности, тех участников, которые играют роль подчинённых управляемых подсистем. На языке бизнес операций участники или приобретают другой бизнес, или объединяется с ним, или осуществляет его подчинение. Если собственность отождествляется с пакетами акций, то диверсификация определяется приобретением долей или пакетов акций, что создаёт расширенный, диверсифицированный портфель инвестора

1. Кинетическая модель в фазовых траекториях

Так же, как и в статическом случае [2-5], рассмотрим систему, состоящую из двух подсистем. Подсистемы расходуют ресурс, поступающий в систему, и выпускают продукцию. Задача состоит в том, чтобы распределить ресурс между двумя подсистемами в динамик. Когда мы переходим от статического описания к динамическому, то необходимо внести основные определения для переменных во времени. Будем различать, как это принято в экономико-математической литературе по моделированию, *запасы* – это интегральные величины, подобные фазовым координатам в механике, и *потоки*, имеющие характер интенсивности, приращений, дифференциальных переменных, что соответствует понятиям скорости. Переменные могут описывать запасы (интегральные величины) и потоки (мгновенные, скорости).

Квазидинамический вариант в траекториях. Если повторить статическую запись для изучаемого объекта, т.е. ввести в рассмотрение заданный внешний объём ресурса $r(t) \geq 0$ в момент времени t ,

обозначить потребляемый объём ресурса $x(t) \geq 0$ в момент времени t первой подсистемой, потребляемый объём ресурса $y(t) \geq 0$, накопленный к моменту времени t второй подсистемой, и записать $f(x(t))$ выпуск продукции 1-ой подсистемой в момент t , $g(y(t))$ выпуск продукции 2-ой подсистемой в момент t , то все введённые по аналогии со статическим случаем переменные имеют характер запасов. Это определяет запись критерия в виде $f(x(t)) + g(y(t)) \rightarrow \max$, где момент времени τ является начальным для второй подсистемы, так что функция $x(t) \geq 0$ определена на интервале $[0, T]$, а функция $y(t) \geq 0$ определена на интервале $[\tau, T]$. При этом потребления ресурсов ограничены соотношением $x(t) \leq r(t)$ при $t \in [0, \tau]$, $x(t) + y(t) \leq r(t)$ при $t \in [\tau, T]$. Данную постановку задачи естественно назвать *бифуркационной*, поскольку в точке τ процесс производства разветвляется. Если записать задачу в виде $f(x(\tau)) + g(y(T)) \rightarrow \max_{\tau}$, при ограничениях $x(t) \leq r(t)$ при $t \in [0, \tau]$, $y(t) \leq r(t)$ при $t \in [\tau, T]$, то задача имеет вид *задачи фазового перехода*, поскольку в точке τ процесс производства первой системой прекращается. В данном случае решение задачи может быть получено из решения статической задачи. А именно, из рассмотрения статической задачи пункта 1 определим точку диверсификации первого уклада x_0 , которая лимитирует потребление ресурса в первом укладе производства, и величину общего ресурса y_0 , которая передаётся во вторую подсистему. При этом выпуски продукции определятся, как $f(x_0)$ и $g(y_0)$. Точку фазового перехода τ определим как решение уравнения $x_0 = r(\tau)$.

Вариационная задача. Обозначим $x(t) \geq 0$ – интенсивность (скорость) потребления ресурса 1-ой подсистемой в момент t , таким образом $x(t) \in X$ – траектория расходования средств 1-ой подсистемой, $y(t) \geq 0$ – интенсивность (скорость) потребления ресурса 2-ой подсистемой в момент t , таким образом $y(t) \in Y$ – траектория расходования средств 2-ой подсистемой $f(x(t))$ выпуск продукции 1-ой подсистемой в момент t . $g(y(t))$ выпуск продукции 2-ой подсистемой в момент t . Рассмотрим случай *фазового перехода* и выпишем ограничения

$$\int_0^{\tau} x(t)dt + \int_{\tau}^T y(t)dt \leq R(T)$$

где $R(T)$ суммарные ресурсы. Обозначим финальные выпуски продукции подсистем

$$\int_0^{\tau} f(x(t))dt = F(0, \tau), \quad \int_{\tau}^T g(y(t))dt = G(\tau, T)$$

и запишем оптимизационную задачу $J = F(0, \tau) + G(\tau, T) \rightarrow \max_{\tau, x(t), y(t)}$.

В случае *бифуркационной задачи* ограничения будут иметь вид

$$\int_0^T x(t)dt + \int_{\tau}^T y(t)dt \leq R(T),$$

функционал первой подсистемы запишется в виде

$$\int_0^T f(x(t))dt = F(0, T),$$

и общая вариационная задача имеет вид

$$J = F(0, T) + G(\tau, T) \rightarrow \max_{\tau, x(t), y(t)}$$

2. Модели экономического роста

Рассмотрим модели развития двух экономических подсистем в форме моделей экономического роста фондов и потребления продуктов производства при заданной динамике поступления ресурса [1]. Приведём запись случая *фазового перехода*. Пусть динамика изменения фондов первой подсистемы записывается в виде:

$$\frac{d\Phi_1}{dt} = U_1(t) - \mu_1\Phi_1(t)$$

на интервале $0 \leq t \leq \tau$, где инвестиции $U_1(t) \geq 0$ и потребление $V_1(t) \geq 0$ ограничены выпуском продукции в соответствии с производственной функцией $U_1(t) + V_1(t) = F_1(\Phi_1(t), R(t))$, и μ_1 – коэффициент выбытия фондов, $\Phi_1(0) = \Phi^0$. Аналогично записываются соотношения для второй подсистемы

$$\frac{d\Phi_2}{dt} = U_2(t) - \mu_2\Phi_2(t) \text{ на интервале } 0 \leq \tau \leq t \leq T.$$

$U_2(t) + V_2(t) = F_2(\Phi_2(t), R(t))$, $U_2(t) \geq 0$, $V_2(t) \geq 0$. Принимаем условие непрерывности для динамики фондов $\Phi_2(\tau) = \Phi_1(\tau)$, $0 \leq \tau \leq T$. Примем в качестве функционала задачи

$$J = \int_0^{\tau} V_1(t) dt + \int_{\tau}^T V_2(t) dt$$

и рассмотрим задачу оптимизации для определения оптимальной диверсификации в виде $\max_{\tau} J$ относительно выборов управлений,

$U_1(t)$, $V_1(t)$, $U_2(t)$, $V_2(t)$ при заданной динамике поступления ресурсов $R(t)$.

Литература

1. ПЕТРОВ А.А., ПОСПЕЛОВ И.Г., ШАНАНИН А.А. *Опыт математического моделирования экономики*. – М.: Энергоатомиздат, 1996, – 586 с.
2. ЕРЕШКО Ф.И. Принятие решений о диверсификации систем. Труды ИСА РАН “Динамика неоднородных систем” – М.: ЛЕНАНД, 2010. Т. 53(4), С. 107-114.
3. КАНАЕВА Н.А. Модели диверсификации экономических укладов//ЭКОМОД-2012. Тезисы докладов VII всероссийской научной конференции «Математическое моделирование развивающейся экономики, экологии и биотехнологий». – г.Киров, 2-8 июля 2012г. С. 39.
4. БУРКОВА И.В., КАНАЕВА Н.А. Задачи оптимальной диверсификации инвестиционных ресурсов. Труды XII Всероссийское совещание по проблемам управления, <http://vspu2014.ipu.ru/proceedings/prcdngs/5276.pdf>, . – Москва, ИПУ РАН, 16-19 июня 2014 г.
5. БУРКОВА И.В., КАНАЕВА Н.А., КАШЕНКОВ А.Р. Диверсификация активных систем. //Теория активных систем. Материалы международной научно-технической конференции. . – г. Москва, ИПУ РАН, 17-18 ноября 2014 г./

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЛАНИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВА В ИЕРАРХИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ МЕНЕДЖМЕНТА ПРЕДПРИЯТИЯ

Заруба В.Я.

(НТУ «ХПИ», Харьков)

vza@kpi.kharkov.ua

Предложена модель согласования задач производственного планирования на стратегическом, тактическом и оперативном уровнях менеджмента предприятия в условиях интервальной неопределённости спроса, которая приводит к потерям из-за излишних затрат ресурсов или упущенной выгоды. Приведены постановки задач оптимизации по критерию максимального гарантированного результата производственной программы на тактическом уровне и текущих объёмов производства на оперативном уровне.

Ключевые слова: уровни менеджмента, планирование производства, интервальная неопределённость спроса, критерий максимального гарантированного результата

В иерархической системе менеджмента с постановкой и решением задач предприятия на долгосрочной, среднесрочной и краткосрочной перспективах связывают соответственно стратегический, тактический и оперативный уровни. Стратегические планы предприятия, в том числе и инвестиционную программу развития производства, разрабатывают на период стратегического планирования (2-3 года). В нём выделяют Q периодов тактического планирования (годы, кварталы), к которым «привязывают» сроки окончания проектов и их отдельных этапов.

Производственное планирование на тактическом и оперативном уровнях должно обеспечивать минимизацию потерь, возникающих из-за несоответствия объёма планируемой к реализации продукции и величины спроса на неё. Потери из-за отсутствия реализации части готовой продукции обуславливаются дополнительными затратами на её хранение и «замораживанием» денежных средств, а потери от

недопроизводства продукции при наличии на неё спроса – упущенной выгодой.

В ходе тактического планирования предприятие разрабатывает программу $u = (u, t = 1, 2, \dots, T)$ производства продукции на период времени, включающий T периодов оперативного планирования. Перед началом разработки в соответствии с запланированными на стратегическом уровне изменениями количественно-качественных характеристик оборудования находят верхнюю оценку u^{max} производственных возможностей предприятия, а также определяют нижнюю x^{min} и верхнюю x^{max} предварительные оценки спроса. В соответствии с производственной программой устанавливают динамику штатной численности персонала и программу обеспечения производства оборотными материальными ресурсами, согласованную с поставщиками.

Введём следующие обозначения: c – прибыль, получаемая предприятием от производства и реализации единицы продукции; a, \bar{d} – величины потерь на единицу продукции соответственно от её перепроизводства и недопроизводства в сравнении со спросом; $p_1 = (c, a, \bar{d})$; E_{Σ}^T – эффект производственной деятельности за период времени T , планируемый на тактическом уровне при отсутствии корректировки объёмов производства на оперативном уровне; $F_{\Sigma}^T(u, x, z_0, p_1)$ – функция, определяющая тактический эффект E_{Σ}^T в зависимости от производственной программы u , стратегии природы $x = (x_t, t = 1, 2, \dots, T)$, объёма z_0 нереализованной продукции на начало тактического периода и векторного параметра p_1 ,

$$E_{\Sigma}^T = \sum_{t=1}^T F_O^T(u_t, x_t, z_{t-1}, p_1); z_t = \max\{z_{t-1} + u_t - x_t, 0\} \quad (t = 1, 2, \dots, T),$$

где функция $F_O^T(u_t, x_t, z_{t-1}, p_1)$ определяет планируемый на тактическом уровне эффект за оперативный период времени t ,

$$F_O^T(u_t, x_t, z_{t-1}, p_1) = \min\{y_t, x_t\} - \max\{\bar{d}(x_t - y_t), a(y_t - x_t)\},$$

$y_t = z_{t-1} + u_t$ – объём готовой продукции на периоде t , z_{t-1} – объём нереализованной продукции на начало периода t .

Стратегия природы $x^0 = (x_t^0, t = 1, 2, \dots, T) = \chi^T(u, z_0, p_1)$ является для предприятия наименее благоприятной, если

$$F_{\Sigma}^T(u, x^0, z_0, p_1) = \min\{F_{\Sigma}^T(u, x, z_0, p_1) \mid x_t \in [x_t^{\min}, x_t^{\max}] (t = 1, 2, \dots, T)\}.$$

где $\chi^T(u, z_0, p_1)$ – вектор-функция, определяющая неблагоприятную стратегию природы. Производственная программа $\hat{u} = (\hat{u}_t, t = 1, 2, \dots, T)$ является оптимальной по критерию максимального гарантированного результата, если

$$F_{\Sigma}^T(\hat{u}, x^0, z_0, p_1) = \max\{F_{\Sigma}^T(u, x^0, z_0, p_1) \mid u_t \in [0, u_t^{\max}] (t = 1, 2, \dots, T)\}.$$

Перед началом каждого интервала времени оперативного планирования находят уточнённые оценки спроса x_t^{\min}, x_t^{\max} и в соответствии с ними устанавливают скорректированные объёмы производства u_t ; позволяющие уменьшить потери от перепроизводства или недопроизводства продукции. При этом изменения объёмов производства в меньшую сторону связаны с «непродуктивной» зарплатой персонала в условиях простоев и «замораживанием» денежных средств, а в большую сторону – с доплатой персоналу за сверхурочные работы и экстренной закупкой дополнительных ресурсов по повышенным ценам.

Введём следующие обозначения: b, d – потери на единицу продукции, связанные с изменением объёма производства u_t , соответственно в меньшую и большую стороны; $p_2 = (b, d)$; $p = (c, p_1, p_2)$; $\tilde{F}_O(v_t, x_t, z_{t-1}, u_t, p)$ – функция, определяющая планируемый на оперативном уровне эффект \tilde{E}_t в целом,

$$\tilde{F}_O(v_t, x_t, z_{t-1}, u_t, p) = F_O(v_t, x_t, z_{t-1}, p_1) - V(u_t, v_t, p_2),$$

$F_O(v_t, x_t, z_{t-1}, p_1)$ – функция, определяющая эффект \tilde{E}_t без учёта потерь от корректировки; $V(u_t, v_t, p_2)$ – функция, определяющая потери в связи с корректировкой производства,

$$V(u_t, v_t, p_2) = \max\{b(u_t - v_t), d(v_t - u_t)\}.$$

Нетрудно видеть, что $F_O(v_t, x_t, z_{t-1}, p_1) = F_O^T(v_t, x_t, z_{t-1}, p_1)$.

Наименее благоприятную величину спроса \tilde{x}_t^0 на оперативном периоде t определяют следующие условия:

$$\tilde{x}_t^0 = \arg \max\{ \tilde{F}_O(v_t, x_t, z_{t-1}, u_t, p) \mid x_t \in [x_t^{\min}, x_t^{\max}] \}.$$

$$\tilde{x}_t^0 = \arg \max\{ F_O(v_t, x_t, z_{t-1}, c, p_l) \mid x_t \in [x_t^{\min}, x_t^{\max}] \}.$$

При этом $\tilde{x}_t^0 = \chi(v_t, z_{t-1}, c, p_l)$, где $\chi(v_t, z_{t-1}, p_l)$ - функция, определяющая неблагоприятную величину спроса. Скорректированный объём производства v_t^0 будет оптимальным по критерию максимального гарантированного результата, если

$$\tilde{F}_O(v_t^0, \tilde{x}_t^0, z_{t-1}, u_t, p) = \max\{ \tilde{F}_O(v_t, \tilde{x}_t^0, z_{t-1}, u_t, p) \mid v_t \in [0, u^{\max}] \}.$$

Результаты разработок моделей оптимизации производственных программ и оперативных объёмов производства приведены в [1].

Литература

1. ЗАРУБА В.Я. *Многоуровневые модели планирования производства в условиях интервального прогноза спроса* // Актуальні проблеми прогнозування поведінки складних соціально-економічних систем: Монографія / За ред. О.І.Черняка, П.В.Захарченка. – Бердянськ: Видавець Ткачук О.В., 2016. С. 86 – 99.

ОПТИМИЗАЦИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РАЗВИВАЮЩЕГО РЕСУРСА ДЛЯ СЕТЕВОЙ СИСТЕМЫ С КЛАСТЕРНОЙ СТРУКТУРОЙ

Каширина И.Л.¹, Сорокин С.О.²

(1 – Воронежский государственный университет,
2 – Министерство образования и науки РФ, Москва)
kash.irina@mail.ru, sorokin-so@mon.gov.ru

В статье рассматриваются механизмы повышения ресурсной эффективности сетевых систем с кластерной структурой, использующие интегральные оценки элементов системы и основанные на решении ресурсной задачи дискретной оптимизации.

Ключевые слова: мониторинг, сетевая система, интегральное оценивание, ресурсная оптимизация,

Задача оптимизации ресурсной эффективности сетевой системы с кластерной структурой состоит в выборе двухэтапного механизма распределения ресурсного обеспечения R : на первом этапе между кластерами, а затем между объектами оптимизированной сети [2]. Распределение ресурса R между кластерами R_m ($m = \overline{1, M}$) целесообразно осуществить по принципу обратных приоритетов [1,3] с учетом суммарной потребности объектов кластера и приоритета каждого кластера, установленного в системе, а внутри кластера разделить ресурс на поддерживающий R_1^m и развивающий R_2^m . Предполагается поддерживающий ресурс также распределить по принципу обратных приоритетов с учетом потребностей объекта и величины интегральной оценки эффективности. Для распределения второго вида ресурса используется оптимизационный подход, ориентированный на возможность повышения уровня эффективности объекта O_{t_m} ($t_m = \overline{1, T_m}$, $m = \overline{2, M}$) по j -му показателю, наиболее близкому к среднему значению этого показателя по кластеру $m = 1$ объектов-лидеров. Для этого введем коэффициент близости значения j -

го показателя объекта O_{t_m} ($t_m = \overline{1, T_m}$, $m = \overline{2, M}$) к значениям этого показателя у объектов-лидеров:

$$a_{t_m j} = \frac{y_{t_m j}}{y_{1j}},$$

где $\overline{y_{1j}}$ – среднее значение j -го показателя для объектов 1-го кластера, и булевы переменные: $x_{t_m j} = 1$, если объекту O_{t_m} выделяется развивающий ресурс для повышения эффективности по j -му показателю; $x_{t_m j} = 0$ в противном случае; $t_m = \overline{1, T_m}$, $j = \overline{1, J}$.

Тогда оптимизационная модель для объектов m -го кластера имеет следующий вид:

$$(1) \quad \sum_{t_m=1}^{T_m} \sum_{j=1}^J a_{t_m j} x_{t_m j} \rightarrow \max$$

$$(2) \quad \sum_{t_m=1}^{T_m} \sum_{j=1}^J r_{t_m j} x_{t_m j} \leq R_m^2$$

$$(3) \quad \sum_{j=1}^J x_{t_m j} = 1, \quad t_m = \overline{1, T_m}$$

$$(4) \quad x_{t_m j} \in \{0, 1\}, \quad t_m = \overline{1, T_m}, \quad j = \overline{1, J}.$$

Целевая функция (1) определяет претендентов на развивающий ресурс R_m^2 , максимально близких по показателям эффективности к объектам-лидерам, а ограничение (2) характеризует условие, при котором суммарная потребность в ресурсе объектов O_{t_m} для повышения уровня j -го показателя $r_{t_m j}$ не должна превышать выделенного для m -го кластера ресурса R_m^2 . Ограничение (3) означает, что каждому объекту дополнительный ресурс первоначально выделяется для повышения только одного показателя. Задача (1)-(4) близка по смыслу к общей постановке блочной задачи о рюкзаке [4]. Очевидно, что она разрешима только в том случае, если

$$\sum_{t_m=1}^{T_m} \min_{j=1, J} r_{t_m j} \leq R_m^2.$$

Кроме того, задача имеет смысл только в том случае, если

$$R_m^2 < \sum_{t_m=1}^{T_m} \max_{j=1, J} r_{t_m j},$$

иначе ее решение тривиально:

$$x_{t_m k} = 1, \text{ если } k = \arg \max_{1 \leq j \leq J} a_{t_m j}; \quad x_{t_m j} = 0 \text{ для } j \neq k.$$

Прежде всего отметим, что если в исходной постановке задачи (1)-(4) существуют номера l и k такие, что $a_{t_m l} \leq a_{t_m k}$ и $r_{t_m l} \geq r_{t_m k}$, то вариант $t_m l$ доминируется вариантом $t_m k$, а, следовательно, переменная $x_{t_m l}$ в оптимальном решении примет значение 0 (так как объект O_{t_m} при меньшем количестве ресурсов может сильнее повысить показатель k , чем показатель l).

Обозначим через N_{t_m} подмножество индексов показателей j , которым соответствуют недоминируемые варианты $t_m j$ повышения уровня эффективности объекта O_{t_m} . Упорядочим элементы каждого множества N_{t_m} в порядке убывания $a_{t_m j}$. При этом элементы множеств N_{t_m} также автоматически станут упорядочены в порядке убывания $r_{t_m j}$ (в силу наличия в N_{t_m} только недоминируемых вариантов, если $a_{t_m l} \geq a_{t_m k}$, то и $r_{t_m l} \geq r_{t_m k}$). Для решения задачи (1)-(4) предлагается использовать стандартный генетический алгоритм [2]. Кодирование данных осуществляется следующим образом. Экземпляр популяции – это целочисленная строка длины T_m , в которой на месте t_m ($t_m = \overline{1, T_m}$) стоит $j \in N_{t_m}$, если $x_{t_m j} = 1$. Ввиду наличия ограничения (2) решения-потомки могут оказаться недопустимыми, поэтому необходима дополнительная процедура исправления недопустимых решений. Предположим, матрица X , соответствующая строке S , нарушает ограничение (2).

1. Определяем для каждого элемента s_{t_m} ($t_m = \overline{1, T_m}$) строки S порядковый номер l в множестве N_{t_m} .

2. В строке S заменяем некоторый элемент s_k , так, чтобы уменьшить требования к ресурсу, то есть берем в множестве N_k вместо s_k следующий по порядку элемент.

Очевидно, в качестве s_k нельзя выбирать элементы, которые имеют максимальный порядковый номер в множестве N_k (и, соответственно, минимальные требования к ресурсу для повышения k -го показателя). Поэтому предлагается для замены выбрать элемент s_k ($k = \overline{1, T_m}$), которому соответствует минимальное отношение

$$d_k = \frac{a_{kl} - a_{k(l+1)}}{r_{kl} - r_{k(l+1)}},$$

то есть определяется замена, которая обеспечит минимальную потерю эффективности на единицу уменьшения требований к ресурсам.

По результатам вычислительного эксперимента можно отметить, что при решении тестовых задач генетическим алгоритмом обеспечивается хорошая точность. Для тестовых задач с известным решением, отношение найденного приближенного решения к оптимальному, в среднем, превышало 0.9.

Литература

1. БУРКОВ В.Н., НОВИКОВ Д.А. *Теория активных систем: состояние и перспективы*. – М.: Синтег, 1999. – 128 с.
2. КАШИРИНА И.Л., ЛЬВОВИЧ Я.Е., СОРОКИН С.О. *Модели и численные методы оптимизации формирования эффективной сетевой системы с кластерной структурой // Информационные технологии*. 2015. Т. 21. № 9. С. 657-662.
3. НОВИКОВ Д.А. *Теория управления организационными системами*. – М.: МПСИ, 2005. – 584 с.
4. ЛЕВИН М.Ш., САФОНОВ А.В. *Эвристический алгоритм для многокритериальной блочной задачи о рюкзаке // Искусственный интеллект и принятие решений*, 2009.- № 4 -С. 53-64.

О ГАРАНТИРУЮЩИХ СТРАТЕГИЯХ И РАВНОВЕСИИ НЭША В ЧИСТЫХ СТРАТЕГИЯХ В СЛУЧАЙНЫХ КОНЕЧНЫХ ИГРАХ ДВУХ ЛИЦ

Корепанов В.О.

(ИПУ им. В.А.Трапезникова РАН, Москва)

vkorepanov@ipu.ru

Формулируется задача анализа свойств гарантирующих стратегий игроков с точки зрения случайных конечных игр двух лиц и её взаимосвязь с равновесием Нэша в чистых стратегиях. Решение данной задачи необходимо для обоснования концепции игры рангов стратегической рефлексии: поиск вероятности тех исходов, к которым приводит игра рангов. Получен ряд вспомогательных результатов для решения данной задачи.

Ключевые слова: теория игр, случайные игры, гарантирующие стратегии, максимальный гарантированный результат, равновесие Нэша.

1. Введение

Задача оценки вероятности существования равновесий Нэша в чистых стратегиях в конечных неантагонистических играх двух лиц, когда выигрыши игроков являются случайными величинами, решена около 1970-го года ([3], [4]), уточнения получены в [5]. Эта задача была поставлена при поиске ответа на вопрос о целесообразности применения равновесий Нэша в смешанных стратегиях: какова доля конечных игр, не имеющих равновесий Нэша в чистых стратегиях?

В данной работе ставится задача анализа свойств гарантирующих стратегий с (такой же) точки зрения случайных конечных игр двух лиц и её взаимосвязь с равновесием Нэша (здесь и далее будем говорить только о равновесии Нэша в чистых стратегиях). Такая постановка задачи обусловлена целью обоснования концепции игры рангов стратегической рефлексии [1, 2], которая по умолчанию строится на гарантирующих стратегиях.

2. Постановка задачи

Конечная игра в нормальной форме двух лиц определяется набором из m и n стратегий двух игроков соответственно: $1 \leq i \leq m$, $1 \leq j \leq n$ и, для каждой пары стратегий (i, j) , выигрышами первого игрока – a_{ij} и второго – b_{ij} соответственно. Таким образом, можно обозначить выигрыши первого игрока матрицей $A = (a_{ij})$, второго матрицей $B = (b_{ij})$. Свои стратегии игроки выбирают одновременно и независимо.

Определение. Случайной игрой будем называть такую игру в нормальной форме двух лиц, что:

1. $2mn$ величин a_{ij} и b_{ij} – попарно независимые случайные величины;
2. случайные величины a_{ij} и b_{ij} имеют одинаковые непрерывные функции распределения.

Определение. Гарантирующая стратегия игрока 1 – это стратегия из множества

$$(1) \quad Mm_1 = \text{Arg max}_{1 \leq i \leq m} \min_{1 \leq j \leq n} a_{ij},$$

аналогично определяется гарантирующая стратегия игрока 2:

$$(2) \quad Mm_2 = \text{Arg max}_{1 \leq j \leq n} \min_{1 \leq i \leq m} b_{ij}.$$

Рассмотрим события:

1. D – $2mn$ случайных величин a_{ij} , b_{ij} попарно различны;
2. E^M – случ. игра имеет равновесие Нэша, одна из стратегий игроков (i или j) является гарантирующей;
3. $E^M(i, j)$ – ситуация (i, j) является равновесием Нэша, одна из стратегий игроков (i или j) является гарантирующей;
4. $E^M(S)$ – все ситуации $(i, j) \in S$ являются равновесными по Нэшу, одна из стратегий игроков (i или j) является гарантирующей.

Гарантирующие стратегии игроков всегда существуют, но их может быть несколько. Легко показать, что вероятность того, что в случайной игре гарантирующие стратегии игроков единственны равна единице, т.е. $Pr(D) = 1$. От противного: без ограничения общности пусть мощность множества Mm_1 больше 1, тогда очевидно в матрице A есть одинаковые элементы, но вероятность того, что совпали две независимые случайные величины с непрерывной функцией распределения равна 0.

В докладе будет показано, что случайная величина «гарантирующая стратегия первого игрока» имеет дискретное равномерное распределение на множестве стратегий первого игрока, аналогично и для второго игрока.

Рассмотрим задачу поиска вероятности того, что в игре есть равновесие Нэша, в котором стратегия хотя бы одного игрока является гарантирующей. В этом случае в игре рангов точно будет хотя бы одно равновесие Нэша. Если искомую вероятность обозначить через p_{mn} , то по аналогии с [3] с использованием формулы включений-исключений в докладе будет показано, что:

$$(2) \quad p_{mn} = \sum_{k=1}^{\min(m,n)} (-1)^{k+1} \sum_{S \in S_k} \Pr(E^M(S) \cap D),$$

где S_k – набор множеств пар (i, j) мощности k , т.е.

$$(3) \quad S_k = \{S = \{(i, j)\} \mid 1 \leq i, j \leq m, n \mid |S| = k\}$$

Дальнейшие исследования требуют поиска выражения для вычисления вероятности события $E^M(S)$, где $S \in S_k$.

Литература

1. КОРЕПАНОВ В.О. *Гарантирующие и равновесные по нэшу стратегии в игре рангов стратегической рефлексии*. // Управление большими системами (УБС'2015): материалы XII Всероссийской школы-конференции молодых учёных 7-11 сентября 2015 г. 2015. С. 266-274.
2. НОВИКОВ Д.А., ЧХАРТИШВИЛИ А.Г. *Рефлексия и управление: математические модели* – М.: Издательство физико-математической литературы, 2013. – 412 с.
3. GOLDBERG K., GOLDMAN A.J., NEWMAN M. *The probability of an Equilibrium Point* // Journal of Research of National Bureau of Standards U.S.A., 1968, V. 72, P. 93-101.
4. DRESHER M. *Probability of a pure equilibrium point in n-person games* // Journal of Combinatorial Theory. 1970. V. 8(1). P. 134-145.
5. STANFORD W. *A note on the probability of k pure nash equilibria in matrix games* // Games and Economic Behavior. 1995. V. 9(2). P. 238-246.

ЭФФЕКТЫ ЛИНЕЙНОЙ ЛОГИКИ В АКТИВНЫХ СИСТЕМАХ

Максимов Д.Ю., Рывкин С.Е.
(ИПУ им. В.А.Трапезникова РАН, Москва)
dmmax@inbox.ru, jhanjaa@ipu.ru

В статье показано, что влияние человеческого фактора в активных системах может на самом деле определяться структурами на множестве задач, стоящих перед системой. Для этого на решетке системных задач должна быть определена операция умножения элементов и, соответственно, операции линейной логики. Тогда операция линейной импликации может быть использована для выбора исполнителей возникающих перед системой задач. Этот выбор во многом определяется структурой решетки задач и определением операции умножения на ней.

Ключевые слова: линейная логика, решетка целей, принятие решений, многоагентные системы, активные системы.

1. Введение

При управлении многоэлементными организационными системами возникает проблема выбора исполнителя возникающей перед системой задачи. Считается, что активные исполнители способны оказывать влияние на такой выбор. Но в этой работе демонстрируется, что даже без предположения об активности элементов система способна проявлять поведение, свойственное коллективному интеллекту. Для этого все множество задач, которые система способна решать, должно быть представлено в виде решетки [2] с дополнительно заданным на ней умножением ее элементов. В этом случае на решетке возникает структура линейной логики [4]. Линейную импликацию можно трактовать как переход элемента системы с выполнения одной задачи на выполнении другой. Сравнивая значения импликаций, которые они принимают в решетке задач, для разных элементов можно выбрать исполнителя требуемой задачи. Включе-

ние в образующие решетки задач элементов, представляющих интересы/личные задачи элементов системы, позволит учесть их активность.

2. Определение решетки задач и структуры линейной логики

Мы предполагаем, что система агентов имеет список задач, иначе целей, которые способны выполнять ее агенты. Эти задачи мы будем называть *самостоятельными*. У агентов есть также *подзадачи*, которые не являются самостоятельными и могут входить в разные самостоятельные задачи. Например, простое бесцельное движение робота, когда он больше ничего не делает, самостоятельной задачей не является. Более широкое используемое понятие, чем задача это понятие *системной* задачи или *состояния* системы. В этом случае система решает одну или несколько задач силами хотя бы одного агента.

В решетке задач образующими являются самостоятельные задачи из списка системных задач. Объединения образующих соответствуют состояниям системы, в которых параллельно решаются соответствующие задачи. Пересечение образующих соответствует подзадачам, не являющимся самостоятельными. Кроме того, если в системе возможны *паразитные* состояния, в которых, при выполнении подзадачи агент пытается перейти на выполнении задачи, но не может, то такие состояния тоже будут образующими. Это состояние агента отличается от подзадачи тем, что в нем агент имеет дополнительную активность.

Для определения структуры линейной логики, т.е. выбора умножений элементов решетки, следует выбрать элемент *false* (\perp) так, чтобы взаимно-дуальные множества открытых (*Op*) и замкнутых (*Cl*) фактов допускали минимальное количество не-фактов, т.е. элементов, не совпадающих со своей двойной дуализацией. Кроме того, требуется выполнения следующих свойств линейной логики и дополнительных предположений:

- (1) $X \subset X^{\perp\perp}$.
- (2) $X \rightarrow X = I$.
- (3) $I \rightarrow X = X$.
- (4) $X \rightarrow (B \& C) = (X \rightarrow B) \& (X \rightarrow C)$.

- (5) $X \rightarrow B^\perp = X \rightarrow C^\perp$ если $B^\perp = C^\perp$.
- (6) $X \rightarrow 0 = 0$, при условии, что $XT = T$, только если $X = I$.
- (7) В степени истинности, оценивающей импликацию, следует выбирать те варианты, которые не содержат задач, выполнения которых не требуется.

2. Использование предложенной структуры на примере функционирования группы роботов-дворников

Решетка задач для группы роботов-дворников приведена на Рис.1. На этой решетке x_1 – задача обследования территории,

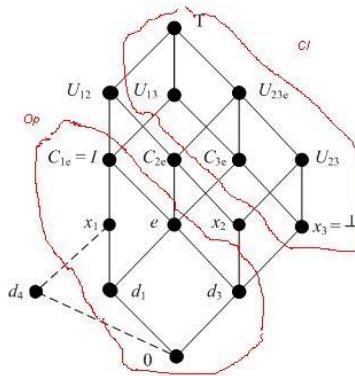


Рис. 1. Решетка задач для группы роботов-дворников

мусора, e – вынос мусора, x_3 – распиливание выносимого предмета на части, если он слишком тяжелый. Подзадачи: d_1 – движение, d_3 – захват. Одно из двух возможных паразитных состояний – x_2 , ступор, в который впадает робот при невозможности распилить предмет или поднять его. Второе возможное паразитное состояние, как и возможная подзадача d_4 (с соответствующими паразитными состояниями) не рассматриваются.

В фоновом режиме роботы осуществляют поиск мусора и его вынос. При обнаружении нового мусора, в соответствии с правилами 1-7, на его вынос переключается кто-то из уже выносящих мусор (выбирается импликация $e \rightarrow e = C_{1e}$, а не $x_1 \rightarrow e = C_{3e} \vee e$). Для опре-

деления конкретного исполнителя из этой подгруппы можно воспользоваться методом из [1]. Это похоже на поведение муравьев, у которых разведчики не выполняют работу фуражиров. Если же, по предварительной оценке, требуется распил найденного предмета, то тогда на выполнение задачи e переключится робот, ищущий мусор, поскольку в оценке импликаций задача C_{3e} не сравнима с задачей C_{1e} , но содержит требуемую задачу x_3 . В случае, если распил не удался, то требуется подключение новых роботов на совместный вынос. В соответствии с оценками импликаций это будут роботы из подгруппы, выносящей мусор.

Таким образом, продемонстрировано, что выбор исполнителей задач, стоящих перед системой агентов, может определяться только структурой этого множества задач как эмерджентное свойство системы без какого-либо моделирования агента, среды, стратегий и проч. в отличие от существующих подходов [3].

Литература

1. ЛЕГОВИЧ Ю.С., МАКСИМОВ Д.Ю. *Выбор исполнителя в группе интеллектуальных агентов* // Управление большими системами. 2015. Вып. 56. С. 78 – 94.
2. МАКСИМОВ Д.Ю. *Реконfigurирование системной иерархии методами многозначной логики* // Автоматика и телемеханика. 2016. № 3. С. 123 – 136.
3. ШВЕЦОВ А.Н. *Агентно-ориентированные системы: от формальных моделей к промышленным приложениям* // www.ict.edu.ru/lib/index.php?id_res=5656 (дата обращения 13.01.2016).
4. GIRARD J.-Y. *Linear Logic: Its syntax and semantics* // Theoretical Computer Science. Vol. 50. 1987. P. 1–102.

СОГЛАСОВАННОЕ УПРАВЛЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СИСТЕМОЙ С УЧЕТОМ ЭФФЕКТА ОБУЧЕНИЯ

Павлов О.В.

(Самарский университет)

pavlov@ssau.ru

Рассмотрена задача согласованного управления динамической производственной системой, состоящей из центра и агента. Произведено разделение общей задачи управления на задачи планирования и стимулирования. Сформулирована динамическая задача пропорционального стимулирования с учетом эффекта кривой обучения. Для решения задачи разработан численный алгоритм, основанный на методе динамического программирования Беллмана. Найдены управляющие функции центра, обеспечивающие согласование интересов центра и агента. Проведено исследование влияния управляющих функций центра на выбор агентом фактических объемов производства.

Ключевые слова: эффект кривой обучения, динамическая задача пропорционального стимулирования, динамическое программирование, ставка оплаты труда

1. Введение

Рассматривается динамическая задача управления производственным предприятием с учётом эффекта кривой обучения.

Промышленное предприятие рассматривается как динамическая двухуровневая активная система, состоящая из центра и агента, под которым понимается коллектив исполнителей.

Эффект кривой обучения заключается в том, что затраты времени и материальных ресурсов на выполнение многократно повторяющихся производственных операций снижаются [1], [2]. Под суммарным (кумулятивным) объёмом производства понимается количество изделий, изготовленных с начала производства продукции нарастающим итогом.

Общая динамическая задача управления производственной деятельностью предприятия декомпозируется на динамические задачи планирования и стимулирования. Задача динамического планирования заключается в выборе руководством предприятия в соответствии со своей целевой функцией плановой траектории суммарного объема производства продукции. Математические формулировки и решения задач динамического планирования объемов производства приводятся в [3]-[4].

Задача динамического пропорционального стимулирования заключается в выборе руководством предприятия ставок оплаты труда работников в каждый период времени, так чтобы коллектив исполнителей реализовал плановую траекторию суммарного объема производства продукции [5].

2. Динамическая задача планирования производственной деятельности предприятия

Динамика производственной деятельности промышленного предприятия описывается дискретным уравнением:

$$(1) \quad x_t = x_{t-1} + u_t, \quad t = 1, T,$$

где x_t – кумулятивный объём производства за t -ый временной период, t – номер временного периода, u_t – объём производства в периоде t , T – количество рассматриваемых периодов производственной деятельности предприятия (горизонт планирования). Выбор объёма производства u_t в периоде t является управлением менеджмента предприятия.

В начальный период известно количество продукции уже произведенное предприятием:

$$(2) \quad x_0 = X_0.$$

В конечный период суммарный объём произведенной продукции должен быть равен заданному:

$$(3) \quad x_T = X_0 + R,$$

где R – заданное количество продукции.

На объём производства в каждом периоде t наложены следующие ограничения:

$$(4) \quad Q^{\min} \leq u_t \leq Q^{\max}, \quad t = 1, T,$$

где Q^{min} – минимальный объём производства с учётом технологических и логистических требований, Q^{max} – максимальная производственная мощность оборудования промышленного предприятия.

Затраты в периоде t определяются как произведение удельных затрат производственной деятельности c_t и объёма производства в этом периоде u_t :

$$(5) \quad C_t = c_t u_t .$$

Динамика изменения удельных затрат производства от кумулятивного объёма производства описывается степенной зависимостью [1]:

$$(6) \quad c_t = ax_{t-1}^{-b},$$

где a – затраты на производство первого изделия, b – скорость снижения удельных затрат промышленного предприятия с увеличением кумулятивного объёма производства.

Подставляя выражение (6) в формулу (5), найдем затраты промышленного предприятия на шаге t :

$$C_t = ax_{t-1}^{-b} u_t .$$

Сформулируем динамическую задачу планирования производственной деятельности с учётом эффекта кривой обучения.

Критерием принятия управленческого решения является минимизация дисконтированных кумулятивных (суммарных) затрат промышленного предприятия:

$$(7) \quad J = \sum_{t=1}^T \frac{ax_{t-1}^{-b} u_t}{(1+r_p)^t} \rightarrow \min ,$$

где r_p – ставка дисконтирования, принятая руководством предприятия.

Задача заключается в поиске оптимальных объёмов производства u_t^{opt} , $t=1, n$ удовлетворяющих ограничению (4), которые осуществляют перевод динамической производственной системы (1) из начального состояния (2) в конечное состояние (3) и минимизируют дисконтированные суммарные затраты предприятия (7).

Сформулированная задача является задачей оптимального управления. Для решения задачи применялся метод динамического программирования Беллмана [6], [7].

3. Динамическая задача пропорционального стимулирования

В практике работы промышленных предприятий для того, чтобы исполнители реализовали плановую траекторию, используется пропорциональная система стимулирования. Руководство предприятия (центр), обладающее правом первого хода, сообщает агенту плановую траекторию суммарного объема работ x_t , $t = 1, T$ и динамическую пропорциональную систему материального стимулирования следующего вида:

$$(8) \quad \sigma_t(\alpha_t, y_t) = \alpha_t y_t, \quad t = 1, T,$$

где α_t – ставка (норматив) оплаты за единицу произведенной продукции для агента, y_t – суммарный фактический объем производства.

Ставка оплаты за единицу произведенной продукции для агента α_t , $t = 1, n$ является управляющей функцией центра.

Целевой функцией центра является минимизация суммы квадратов отклонений фактической траектории y_t от плановой x_t :

$$(9) \quad J_p = \sum_{t=1}^T (x_t - y_t)^2 \rightarrow \min.$$

где x_t – плановый суммарный объем производства в конце периода t .

Сумма материальных вознаграждений агента не может превышать ограниченный фонд заработной платы агента F :

$$(10) \quad \sum_{t=1}^T \alpha_t y_t \leq F.$$

Плановый суммарный объем производства x_t , $t = 1, T$ выбирает центр исходя из своих интересов, а фактический суммарный объем производства y_t , $t = 1, T$ выбирает агент в соответствии со своей целевой функцией.

Задача управления центра заключается в том, чтобы выбрать ставки оплаты α_t , $t = 1, T$, так чтобы сумма квадратов отклонений фактической траектории от плановой (9) была минимальной и выполнялось ограничение (10).

Уравнение фактической траектории суммарного объема производства имеет следующий вид:

$$(11) \quad y_t = y_{t-1} + v_t, \quad t = 1, T,$$

где v_t – фактический объем производства в периоде t .

Фактический объём производства v_t в периоде t является управляющей функцией агента.

Известен начальный суммарный фактический объём производства:

$$(12) y_0 = X_0.$$

В конце последнего периода фактический суммарный объём произведенной продукции должен быть равен плановому:

$$(13) y_T = X_0 + R.$$

В каждом временном периоде может быть произведено продукции не больше, чем позволяет максимальная мощность оборудования Q^{max} :

$$(14) 0 \leq v_t \leq Q^{max}, \quad t = 1, T.$$

Целевой функцией агента является максимизация дохода:

$$(15) J_a = \sum_{t=1}^T \frac{\{\sigma_t(\alpha_t, y_t) - C_t\}}{(1 + r_a)^t} \rightarrow \max,$$

где C_t – трудовые затраты агента на выполнение фактического объёма работы в периоде t , r_a – ставка дисконтирования, выбираемая агентом.

Трудовые затраты агента в периоде t определяются как произведение трудоемкости c_t , стоимости норма-часа на предприятии s и фактического объёма производства v_t :

$$(16) C_t = s c_t v_t.$$

Изменение трудоемкости агента от фактического суммарного объёма описывается степенной зависимостью [1]:

$$(17) c_t = a y_t^{-\gamma}.$$

где a – затраты труда на производство первого изделия, γ – коэффициент, характеризующий скорость обучения агента.

Кривая, построенная на основе формулы (17) называется кривой обучения. Скорость обучения характеризует темп снижения трудоемкости агента при увеличении суммарного объёма производства.

Чем больше суммарный объем продукции произведен агентом, тем выше его производительность труда и меньше времени он затрачивает на производство новой единицы продукции.

Подставив выражение (17) в (16), получим фактические трудовые затраты агента в периоде t :

$$(18) C_t = sa y_t^{-\gamma} v_t.$$

С учетом (18) целевая функция агента примет вид:

$$(19) J_a = \sum_{t=1}^n \frac{\{\alpha_t y_t - sa y_t^{-\gamma} v_t\}}{(1+r_a)^t} \rightarrow \max.$$

Сформулированная задача является задачей оптимального управления дискретной системой. Решением сформулированной задачи является такое оптимальное управление v_t^{opt} , $t = 1, T$, удовлетворяющее ограничению (14), которое переводит дискретную систему (11) из начального состояния (12) в конечное состояние (13) и максимизирует суммарный доход агента (19). При этом решение оптимизационной задачи агента зависит от ставки оплаты за единицу произведенной продукции α_t , $t = 1, T$, которые назначает центр. В свою очередь решение оптимизационной задачи для центра (9), (10) зависит от выбора агентом фактических суммарных объемов работы y_t .

Таким образом, решение динамической задачи стимулирования сводится к решению двух взаимосвязанных оптимизационных задач для центра и агента.

Для решения сформулированных оптимизационных задач применяется метод динамического программирования Беллмана [6], [7].

Представленная динамическая модель имеет множество приложений: распределение ресурса с ценой за ресурс α_t , распределение заказов на основе внутрифирменных цен α_t , механизмы в оперативном управлении проектами (α_t – ставка оплаты за сокращение времени операций) и др.

4. Алгоритм решения динамической задачи пропорционального стимулирования

Сформулируем алгоритм решения динамической задачи пропорционального стимулирования:

1. Задаются начальные приближения ставки оплаты за единицу произведенной продукции α_t , $t = 1, T$ с учетом ограничения (10) и плановой траектории центра x_t , $t = 1, T$.

2. При известной управляющей функции α_t , $t = 1, T$ решается задача оптимального управления для агента с использованием метода динамического программирования и определяется фактическая траектория суммарного объема производства y_t , $t = 1, T$.

3. Проверяется условие

$$\sum_{t=1}^T \alpha_t y_t \leq F$$

с использованием определённой в пункте 2 фактической траектории суммарного объёма производства y_t , $t = 1, T$. Если условие выполняется, то следует переход к пункту 4. Если не выполняется, то следует изменение управляющей функции α_t , $t = 1, T$ и переход к пункту 2.

4. Проверяется условие

$$\sum_{t=1}^T (x_t - y_t)^2 \leq \varepsilon,$$

где ε - наперед заданная малая величина. Если условие выполняется, то задача динамического пропорционального стимулирования решена. Если не выполняется, то следует изменение управляющей функции α_t , $t = 1, T$ и переход к пункту 2.

Для решения задачи использовались следующие данные: заданный суммарный объём производства $R=240$ деталей, количество временных периодов $T = 12$, объём произведенной продукции в начальный период $x_0=1$ шт., максимальная производственная мощность оборудования $Q^{max} = 40$ деталей. Стоимость нормо-часа $s = 90$ руб. Суммарный фонд оплаты $F = 960\,000$ руб. С учетом применяемости детали в готовом изделии объём производства в каждый период должен быть кратен 10.

Проведенные исследования показали, что использование центром возрастающих управляющих функции линейного вида $\alpha_t = ky_t + d$ или комбинации линейных функций приводит к выбору агентом более «выпуклых» фактических траекторий.

Для агента со скоростью обучения $\gamma = -0,1$ получены следующие результаты. При управляющем параметре $k = 0$ ставка оплаты является постоянной, и фактическая траектория агента соответствует траектории со скоростью обучения $\gamma = -0,1$. При управляющем параметре $k=0,05$ агент выбирает траекторию со скоростью обучения $\gamma = -0,3$, при $k = 0,15$ агент выбирает траекторию, соответствующую скорости обучения $\gamma = -0,7$.

Использование центром убывающих управляющих функций вида $\alpha_t = -ky_t + d$ или комбинации линейных функций приводит к выбору агентом менее «выпуклых» фактических траекторий. Исследования проводились для агента со скоростью обучения $\gamma = -0,7$. При

управляющем параметре $k = -0,02$ агент выбирает траекторию со скоростью обучения $\gamma = -0,3$.

5. Заключение

Проведенное в работе исследование позволило сделать следующие выводы:

1. Согласование интересов центра и агента достигается за счет использования переменной ставки оплаты труда, зависящей от фактического объема производства.

2. Применение возрастающей ставки оплаты от объема производства приводит к выбору агентом траекторий с большей скоростью обучения. Агент переходит с «медленной» траектории на «быструю», более «выпуклую». Большому значению управляющего параметра k соответствует выбор агентом более «выпуклой» траектории.

3. Применение убывающей ставки оплаты от объема производства приводит к выбору агентом траекторий с меньшей скоростью обучения. Агент переходит с «быстрой» траектории на «медленную», менее «выпуклую». Большому по модулю значению управляющего параметра k соответствует выбор агентом менее «выпуклой» траектории.

4. Постоянная ставка оплаты труда не влияет на выбор агентом фактической траектории суммарного объема производства. В этом случае траектория определяется только скоростью обучения агента.

5. Увеличение суммарного материального вознаграждения агента, без перераспределения между временными периодами не влияет на выбор агентом фактической траектории.

Литература

1. WRIGHT T.P. *Factors affecting the cost of airplanes* // Journal of the aeronautical sciences. 1936. Vol. 3. № 4. P. 122-128.
2. НОВИКОВ Д.А. *Модели обучения в процессе работы / Управление большими системами*. М.: ИПУ РАН, 1997. № 19. с. 5-22.
3. ПАВЛОВ О.В. *Динамические задачи планирования в управлении проектами* // Сборник материалов конференции «Управление в технических, эргатических, организационных и сетевых системах». СПб.: ГНЦ РФ ОАО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор», 2012. С. 1055-1058.

4. ПАВЛОВ О.В. *Динамическая оптимизация производственной деятельности предприятия с учетом эффекта кривой обучения* //Вестник Самарского государственного экономического университета, 2015. № 3(125). С. 88-92.
5. ПАВЛОВ О.В. *Решение динамической задачи пропорционального стимулирования с учетом эффекта кривой обучения* //Вестник Самарского государственного университета, 2015. № 9/2 (131). С. 315-323.
6. БЕЛЛИМАН Р. *Динамическое программирование*. – М.: Издательство иностранной литературы, 1960.
7. И.Л. Калихман, М.А. Войтенко. *Динамическое программирование в примерах и задачах*. – М.: Высш. школа, 1979.

ДВУХУРОВНЕВАЯ МОДЕЛЬ ОПТИМАЛЬНОГО СБОРА УРОЖАЯ ПРИ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ПАРАМЕТРОВ⁴

Рохлин Д.Б., Угольницкий Г.А., Усов А.Б.

(Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону)

rokhlin@mail.ru, ougoln@mail.ru, usov@math.rsu.ru

Исследована двухуровневая модель оптимальной эксплуатации рыбных ресурсов с неопределенными параметрами. Регулятор (государство) предполагается дальновидным, а агент (рыбак) - близоруким. Нелинейное уравнение динамики рыбной популяции и функция выигрыша рыбака содержат неизвестные ведущему параметры. Доказано, что функция значения для этой задачи удовлетворяет уравнению Айзекса-Беллмана и описывает оптимальную налоговую стратегию регулятора. Даны два иллюстративных примера.

Ключевые слова: двухуровневая модель, неполная информация, оптимальное управление, рыбные популяции, уравнение Айзекса-Беллмана

1. Введение

Математическое моделирование эксплуатации возобновляемых природных ресурсов активно развивается начиная со второй половины прошлого века. Поскольку неограниченный доступ к рыбным ресурсам может привести к перелову, ключевую роль здесь играет изучение различных механизмов управления: квот на вылов, общего допустимого вылова, налогообложения (как в настоящей работе) и др. [1,2].

Существуют различные способы учета неопределенности в моделях: стохастические эффекты, неопределенность модельных параметров и функций, величин запаса и промыслового усилия и т.п. Обширная литература посвящена анализу влияния различных

⁴ Работа выполнена при финансовой поддержке ЮФУ, проект №213.01-07.2014/07 ПЧВГ.

неопределенностей на стратегии вылова и соответствующую динамику биомассы [3-6]. Основной вопрос здесь заключается в поиске оптимальных природоохранных стратегий в таких ситуациях. Неопределенность - один из наиболее важных факторов перелова рыбных популяций.

В настоящей работе точные значения параметров уравнения динамики и функции выигрыша агента считаются неизвестными регулятору. Используется принцип гарантированного результата. Интерес к таким моделям рыболовства вырос в последнее десятилетие [7-10]. С другой стороны, работа развивает идеи [11, 12], рассматривая двухуровневую модель с дальновидным регулятором и близоруким рыбаком.

2. Двухуровневая модель эксплуатации рыбных ресурсов

Близорукий рыбак в каждый момент времени t максимизирует функцию выигрыша $p(u_t, \gamma_t) - q_t u_t$ по переменной $u_t \in [0, x_t]$. Здесь $q_t \in [0, 1]$ – определяемая регулятором налоговая ставка, $\gamma_t \in \Gamma$ – параметр функции выигрыша рыбака, неизвестный регулятору. Управление регулятора – последовательность функций $(q_t)_{t \in Z_+}$, $q_t : [0, 1] \rightarrow [0, 1]$. Уравнение динамики принимает вид

$$(1) \quad X_t = b(X_t - u(X_t, q_t(X_t), \gamma_t), \alpha_t), t \in Z, X_0 = x,$$

где $(\alpha_t)_{t \geq 0}$ – последовательность значений неопределенного параметра. Цель регулятора состоит в максимизации дисконтированных налоговых поступлений на бесконечном периоде:

$$(2) \quad J(x, q, \alpha, \gamma) = \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t u(X_t^{x, q, \alpha, \gamma}, q_t(X_t^{x, q, \alpha, \gamma}), \gamma_t) q_t(X_t^{x, q, \alpha, \gamma}).$$

Введем функцию значения (гарантированный результат ведущего)

$$(3) \quad v(x) = \sup_{(q_t)_{t \geq 0}} \inf_{(\alpha_t, \gamma_t)_{t \geq 0}} J(x, q, \alpha, \gamma).$$

Справедлива следующая

Теорема. Функция v есть единственное непрерывное решение уравнения Айзекса-Беллмана:

$$v(x) = \sup_{q \in [0,1]} \inf_{(\alpha, \gamma) \in A \times \Gamma} \{u(x, q, \lambda)q + \beta v(b(x - u(x, q, \gamma), \alpha))\}, x \in [0,1]$$

Для любой функции, удовлетворяющей условию

$$v(x) = \inf_{(\alpha, \gamma) \in A \times \Gamma} \{u(x, q^*(x), \gamma)q^*(x) + \beta v(b(x - u(x, q^*(x), \gamma), \alpha))\},$$

стационарная последовательность управлений $q_n = q^*$ оптимальна:

$$v(x) = \inf_{(\alpha_t, \gamma_t)_{t \geq 0}} \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t u(X_t^{x, q^*, \alpha, \gamma}, q_t^*(X_t^{x, q^*, \alpha, \gamma}), \gamma_t^*(X_t^{x, q^*, \alpha, \gamma})).$$

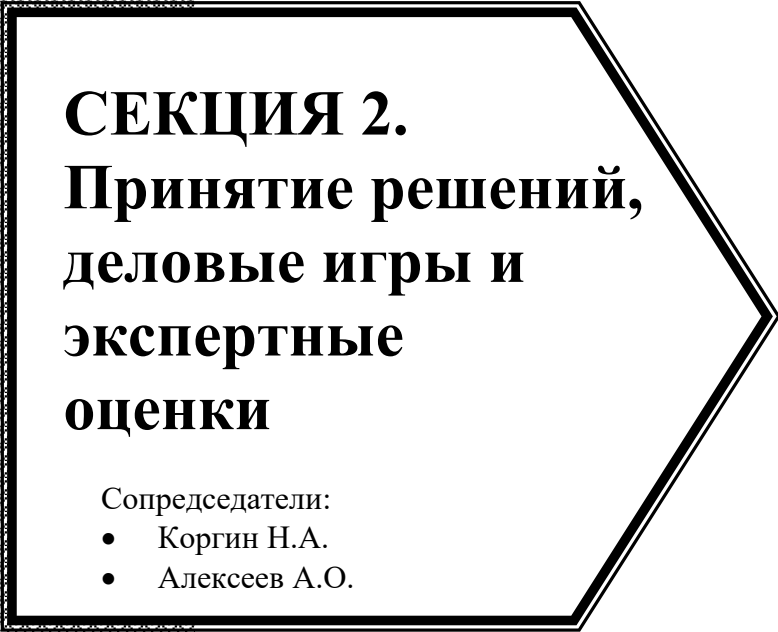
3. Заключение

Предложен механизм оптимального управления рыболовством и методы его реализации. Представляются естественными следующие направления будущих исследований: сравнение экономического (налогового) и административного (квотного) управления; явный учет требований гомеостаза рыбных популяций как фазовых ограничений модели [12]; анализ случая нескольких рыбаков (дифференциальные игры в нормальной форме и в форме характеристической функции, включая иерархические постановки).

Литература

1. CLARK C.W. *The worldwide crisis in fisheries. Economic models and human behavior*. Cambridge University Press, Cambridge, 2006.
2. ARNASON R. *Fisheries management and operations research* // Eur. J. Operations Res., 2009, 193(3), 741–751.
3. CHARLES A.T. *Living with uncertainty in fisheries: analytical methods, management priorities and the Canadian ground-fishery experience* // Fish. Res., 1998, 37, 37–50.
4. OLSON L.J., ROY S. *Dynamic efficiency of conservation of renewable resources under uncertainty* // J. Econ. Theory, 2000, 95, 186–214.
5. SETHI G. et. al. *Fishery management under multiple uncertainty* // J. Env. Econ. Management, 2005, 50(2), 300–318.
6. MITRA T., ROY S. *Optimal exploitation of renewable resources under uncertainty and the extinction of species* // Economic Theory, 2006, 28, 1–23.

7. DOYEN L., BENE C. *Sustainability of fisheries through marine reserves a robust modeling analysis* // J. Environ. Management, 2003, 1969, 1–13.
8. ANDERIES J.M. et. al. *Panaceas, uncertainty, and the robust control framework in sustainability science*. Proc. Nat. Acad. Sci. USA, 2007, 104(39), p. 15194–15199.
9. WOODWARD R.T., SHAW W.D. *Allocating resources in an uncertain world: water management and endangered species* // Amer. J. Agr. Econ., 2008, 90(3), 593–605.
10. XEPAPADEAS A., ROSETA-PALMA C. *Instabilities and robust control in natural resource management* // Port. Econ. J., 2013, 12, 161–180.
11. IL'ICHEV V.G., ROKHLIN D.B., UGOL'NITSKII G.A. *On economic control mechanisms for bioresources* // J. Comput. Sys. Sc. Int., 2000, 39(4), 585–591.
12. OUGOLNITSKY G.A. *Sustainable Management*. - N.Y.: Nova Science Publishers, 2011.



СЕКЦИЯ 2. Принятие решений, деловые игры и экспертные оценки

Сопредседатели:

- Коргин Н.А.
- Алексеев А.О.

МАТРИЧНЫЙ АНОНИМНЫЙ ОБОБЩЁННЫЙ МЕДИАННЫЙ МЕХАНИЗМ С ПРАВОМ ДЕЛЕГИРОВАНИЯ СООБЩЕНИЙ⁵

Алексеев А.О.¹, Коргин Н.А.²

*(1 – Пермский национальный исследовательский
политехнический университет;*

*2 – ИПУ им. В.А. Трапезникова РАН, Москва,
Московский физико-технический институт)*

alekseev@cems.pstu.ru, nkorgin@ipu.ru

Доказано, что при сообщении результата активной экспертизы при n экспертах, данное сообщение является результатом активной экспертизы при $n+1$ экспертах. Это позволяет организовать процедуру делегирования сообщений экспертов при использовании матричного анонимного обобщённого медианного механизма следующим образом – если эксперт считает необходимым делегировать право оценки некоего критерия, то вместо его оценки можно сообщить результат активной экспертизы, который получился бы без его участия.

Ключевые слова: механизм управления, активная экспертиза, медианный механизм, комплексное оценивание, матрицы свёртки, делегирование сообщений.

1. Введение

В работе [1] авторами был введён матричный анонимный обобщённый медианный механизм (МАОММ), который предназначен для комплексного оценивания сложных многокритериальных объектов, требующей групповой экспертизы. Целью настоящей работы является обсуждение возможности делегирования сообщений экспертами. Делегирование востребовано в ситуациях, когда к экспертизе привлекаются узкопрофильные специалисты, способные оценить

⁵ Работа подготовлена при частичной финансовой поддержке Гранта Президента Российской Федерации МД-6075.2015.9.

лишь часть свойств исследуемого объекта (класса объектов), а соответственно они вынуждены передать оценку непрофильных свойств компетентным в этом коллегам.

В настоящей работе будем использовать обозначения и определения, введённые в работе [4], однако для целей настоящей работы введём дополнительный индекс n сверху для обозначения количества экспертов, участвующих в процедуре активной экспертизы.

2. Делегирование путем сообщения результата активной экспертизе при $n-1$ экспертах

Пусть существует процедура π , которая используется для согласования оценок группы из n экспертов:

$$(1) \quad x^n = \pi(s^n),$$

где x^n – результат групповой экспертизы, s^n – вектор сообщений n экспертов: $s^n = \{s^1, \dots, s^n\}$. Сообщение эксперта i по любому критерию ограничено шкалой комплексного оценивания $s_i \in [d, D]$. Здесь и далее индекс сверху обозначает количество экспертов, а индекс снизу порядковый номер эксперта в ранжированном ряду, два индекса снизу определяют элемент матрицы свёртки.

Процедура π должна удовлетворять следующим условиям [5]:

A1. Функция $\pi(s)$ монотонна по всем переменным s .

A2. Функция $\pi(s)$ непрерывна по всем переменным s .

A3. Функция $\pi(s)$ удовлетворяет условию единогласия, то есть

$$\pi(s^n | s_i = a, \forall i = \overline{1, n}) = a.$$

Неманипулируемой активной экспертизой является такая процедура, что результатом экспертизы становится медиана множества, образованного n сообщениями экспертов – s^n и $n + 1$ сообщениями фантомов – w^n :

$$(2) \quad x^n = \text{med}(w^n, s^n)$$

где сообщения фантомов w^n определяются с помощью выбранной процедуры π :

$$(3) \quad w_k = \pi(s(k))$$

где вектор $s(k)$ образуется следующим образом:

$$(4) \quad s(k) = \begin{cases} k \text{ экспертов сообщает } D \\ n - k \text{ экспертов сообщает } d \end{cases}, \quad k = \overline{0, n}.$$

При n экспертах согласно (4) сообщений фантомов на единицу больше, чем сообщений экспертов, благодаря $k = 0$. Поэтому мощность объединённых множеств оценок $s^n \cup w^n$ определяется нечётным числом (n сообщений экспертов и $n + 1$ сообщений фантомов). В таком случае медианой множества $s^n \cup w^n$ является либо сообщение эксперта, либо оценка фантома, разделяющая все множество на левую и правую коалицию (определение коалиций см. [4, с. 42-43]). Не исключается случай, когда оценка эксперта совпадает со значением фантома.

Утверждение. Если для активной экспертизы с n экспертами используется обобщённая медианная схема (2), то результат активной экспертизы x^n является медианой ранжированного множества, образованного сообщениями n экспертов – s^n , дополнительного сообщения, совпадающего с результатами активной экспертизы с n экспертами, – $s_{n+1} = x^n$ и оценками фантомов, образованных при $k = 0, n + 1$, – w^{n+1} (5):

$$(5) \quad x^{n+1} = \text{med}(w^{n+1}, s^n, s_{n+1} = x^n)$$

$$(6) \quad x^{n+1} = x^n$$

Качественно это утверждение означает, что при сообщении результата активной экспертизы, полученной при n экспертах, в процедуре при $n + 1$ экспертах данное сообщение будет являться результатом активной экспертизы.

Доказательство. Доказательство разобьём на две части. Вначале рассмотрим случай строгой монотонности, как это требовалось ранее (см., например, [3, 4]), а затем рассмотрим не строгий случай [5].

1. В первом случае рассмотрим отдельно ситуации, когда медианой ранжированного множества (w^n, s^n) является сообщение фантома и сообщение эксперта.

1.1. Рассмотрим ситуацию, когда медианой ранжированного множества (w^n, s^n) является сообщение фантома, такое сообщение обозначим – w_{med}^n :

$$(7) \quad x^n = w_{med}^n$$

При увеличении числа экспертов выполняется следующее неравенство:

$$(8) \quad \forall k = \overline{0, n} : w_k^{n+1}(\pi(s^{n+1}(k))) < w_k^n(\pi(s^n(k))),$$

которое следует из условия A1 – строгой монотонности функции π . Для доказательства справедливости выражения (8) достаточно взглянуть на (4), где показано, что вектор s при $n + 1$ экспертах содержит на одну больше минимальных оценок d , при том же числе максимальных оценок D .

Поскольку при увеличении экспертов растёт количество оценок фантомов и условие (8) справедливо, то, очевидно, что при $n + 1$ экспертах оценка

$$w_j^{n+1} | j = \text{ind}_{k=0,n} \overline{\overline{w_k^n = w_{med}^n}},$$

которая была медианой и делила все множество оценок на два равных по мощности множества, смешается влево, одновременно увеличивая мощность левой коалиции на единицу. Согласно определению медианы, она делит ранжированный ряд на два равных по мощности множества: первое множество, значения которого не больше медианы, второго не меньше. Тогда любая оценка, которая больше или равна w_j^{n+1} будет принадлежать правой коалиции, и будет уравнивать мощности левой и правой коалиций.

Собственно, дополнительное сообщение $s_{n+1} = x^n$, которое больше w_j^{n+1} , согласно выражению (9), вытекающему из (8):

$$(9) \quad w_j^{n+1} < (w_j^n = x^n),$$

уравнивает мощности левой и правой коалиций.

В общем случае при $x^n = w_{med}^n$ медианой ранжированного ряда, образованного сообщениями экспертов ($w^{n+1}, s^n, s_{n+1} = x_n$) является любое число, лежащее в интервале от w_j^{n+1} до x^n , включая x^n , что, естественно, является частным случаем.

Так мы показали, что при $x^n = w_{med}^n$ оценка x^n является медианой множества ($w^{n+1}, s^n, s_{n+1} = x_n$). Осталось показать случай, при котором медианой является сообщение агента, которое не совпадает со значением фантома (очевидно, что в случае совпадения оценок фантома и эксперта утверждение справедливо в силу первой части доказательства).

1.2. Сообщение агента, являющегося медианой множества (w^n, s^n), обозначим – s_{med}^n :

$$(10) x^n = s_{med}^n, \forall k = \overline{0, n}, s_{med}^n \neq w_k^n.$$

В случае (10) существует k , образующая такие две ближайшие оценки фантомов к x^n , что w_k^n принадлежит левой коалиции L^n (11), а w_{k+1}^n принадлежит правой коалиции R^n (12).

$$(11) w_k^n < x^n, w_k^n \in L^n,$$

$$(12) w_{k+1}^n > x^n, w_{k+1}^n \in R^n.$$

В выражениях (11) и (12) использованы строгие ограничения, поскольку мы рассматриваем случай несовпадения оценки фантома с сообщением агента, определённый в (10).

Существование k для n экспертов следует из леммы, приведённой в [4, с. 44] и доказанной там же. Следует отметить, что в [4, с. 44] используется нестрогое ограничение, от которых мы отказались в силу (10).

Единственность k следует из монотонности (строгой монотонности) функции π .

Так выполняется следующее условие:

$$(13) w_{k+1}^n < (\leq) w_{k+2}^n, \quad \forall k = \overline{0, n-2}.$$

В таком случае, если существует k , для которого выполняется (11), то для $\forall i = \overline{1, k}$ оценка фантома w_{k+1}^n будет меньше (или равна) x^n в силу (13), и тогда для любой пары $k-i$ и $k-i+1$, ($i = \overline{1, k}$) будет выполняться только условие (11). Аналогично для $\forall j = \overline{1, n-k}$ у пары $k+i$ и $k+i+1$ будет выполняться только условие (12). Тогда может существовать единственная k , для которой выполняются одновременно (11) и (12).

При увеличении числа экспертов как показано выше оценки фантомов смешаются влево, соответственно оценка w_{k+1}^n , принадлежащая правой коалиции, может при некоторой функции $\pi(s^{n+1})$ оказаться меньше x^n , что увеличит мощность левой коалиции и соответственно оценка x^n уравнивает коалиции. В противном случае оценка w_{k+1}^{n+1} по-прежнему принадлежит правой коалиции, а оценка x^n тогда принадлежит левой.

Другими словами, медианной при $n + 1$ экспертах будет являться любая оценка от x^n до w_{k+1}^{n+1} , если $w_{k+1}^{n+1} \geq x^n$, в противном случае медианной является любая оценка от w_{k+1}^{n+1} до x^n . Таким образом, при $x^n = s_{med}^n$ оценка x^n также является медианой множества $(w^{n+1}, s^n, s_{n+1} = x^n)$.

2. Для нестрогого случая монотонности функции π , необходимо рассмотреть лишь случай $w_j^{n+1} = w_j^n$, при котором вполне очевидно, что x^n также является медианой множества $(w^{n+1}, s^n, s_{n+1} = x^n)$, поскольку интервалы, на которых определяется медиана, вырождается в точку x^n .

Следствие. Следствием из доказанного утверждения является то, что процедуру делегирования можно организовать предлагаемым способом – если эксперт считает необходимым делегировать право оценки некоего критерия, то вместо его оценки необходимо сообщить результат активной экспертизы, который получился бы без его участия в экспертизе.

3. Заключение

С целью наглядной демонстрации описанных в данной работе свойств и исследования поведенческих аспектов предлагаемых процедур был создан программный модуль экспериментального исследования устойчивости матричного анонимного обобщенного медианного механизма к стратегическому поведению агентов [6] и база данных [2] для сбора, обработки и хранения результатов соответствующих экспериментов.

Литература

1. АЛЕКСЕЕВ А.О., КОРГИН Н.А. *О применении обобщенных медианных схем для матричной активной экспертизы* [Электронный ресурс]: [статья] // Прикладная математика, механика и процессы управления: III Всерос. науч.-техн. интернет-конф. студентов, аспирантов и молодых учен., 30 нояб. – 5 дек. 2015 г. / Перм. нац. исслед. политехн. ун-т. Пермь, 2015. Режим доступа: http://pmpu.pstu.ru/media/paper_pdf_2015/%D0%90%D0%BB%

D0%B5%D0%BA%D1%81%D0%B5%D0%B5%D0%B2_%D0%9A%D0%BE%D1%80%D0%B3%D0%B8%D0%BD.pdf

2. *База данных результатов экспериментального исследования матричного анонимного обобщённого медианного механизма к стратегическому поведению агентов* [Текст заявки]: заявка на программу для ЭВМ № 2016621066 от 26 июля 2016 г. / Алексеев А.О., Коргин Н.А., Корепанов В.О., Мелехин М.И., Спирина В.С., Шайдулин Р.Ф. (РФ).
3. БУРКОВ В.Н. *Большие системы: моделирование организационных механизмов* / В.Н. Бурков, Б. Данев, А.К. Еналеев и др. — М.: Наука, 1989. — 245 с.
4. БУРКОВ В.Н., ИСКАКОВ М.Б., НА. КОРГИН *Применение обобщенных медианных схем для построения неманипулируемых механизмов активной экспертизы // Проблемы управления.* №4. 2008. С. 38-47
5. КОРГИН, Н.А. *Неманипулируемые механизмы принятия решений в управлении организационными системами* [Текст]: дис. ... д-ра техн. наук: 05.13.10, защищена 06.03.14: утверждена: 23.06.14 / Коргин Николай Андреевич. – Москва, 2013. – 286 с.
6. *Программный модуль экспериментального исследования матричного анонимного обобщённого медианного механизма к стратегическому поведению агентов* [Текст заявки]: заявка на программу для ЭВМ № 2016618179 от 26 июля 2016 г. / Алексеев А.О., Коргин Н.А., Корепанов В.О., Мелехин М.И., Спирина В.С., Шайдулин Р.Ф. (РФ).

МОДЕЛЬ ВЫБОРА С ВЫБИРАЕМОЙ СТРУКТУРОЙ ПРЕДПОЧТЕНИЙ

Виноградов Г.П., Виноградова Н.Г., Кузнецов В.Н.
(Тверской государственный технический университет)
wgp272ng@mail.ru, n-nataly08@mail.ru

Рассматривается проблема построения модели выбора агента с выбираемой структурой предпочтений. В основу подхода положены идеи субъективно рационального выбора. Показано, что мотивация выбора определяется как внешними, так и внутренними факторами. Внутренние факторы отражают интересы субъекта, индуцируемые его потребностями и этической системой. Оценки удовлетворенности текущей ситуацией целеустремленного состояния субъектом, могут приводить к изменению структуры интересов субъекта, и он может ее выбирать.

Ключевые слова: рефлексивное управление, принятие решений, модель, принятие решений.

1. Введение

Проблема управления в организационных системах отождествляется с человеческим фактором [1, 2], и, следовательно, с принятием решений в контексте интересов, связанных с использованием системы. Построению моделей принятия решений посвящено большое количество публикаций [3, 4 и др.], опирающихся на методологию системного анализа. Разработанные модели выбора ориентированы на: 1) достижение экзогенно заданной цели; 2) на «объективное понимание» состояния окружения. В практических задачах управления в условиях неопределенности и слабой структурированности состояния окружения субъект сталкивается с проблемой неоднозначности при построении модели окружения. Поэтому он вынужден выбирать представление о ситуации выбора x из некоторого множества X , используя процедуры идентификации. Следует учитывать, что мотивация выбора определяется как внешними, так и внутренними факторами. Внутренние факторы отражают интересы субъекта, индуцируемые его потребностями и этической системой, которой он

придерживается. Оценки удовлетворенности текущей ситуацией целеустремленного состояния субъектом могут приводить к изменению структуры интересов субъекта g , и он ее может выбирать из множества G [5]. Это и определяет индивидуальное поведение субъекта в организационной системе.

В докладе представлены результаты построения модели выбора, учитывающие указанные аспекты.

1. Модель принятия решений с изменяющейся структурой предпочтений

1. Выбор субъектом осуществляется на основе представлений о ситуации целеустремленного состояния. Компоненты представления отражают различные аспекты понимания субъектом ситуации целеустремленного состояния и образуют информационную структуру представлений. Множество возможных вариантов представлений обозначим через X . Формирование представлений осуществляется на основе процедур восприятия, осознания и анализа согласно с когнитивными возможностями субъекта.

2. Для множества состояний окружения S множество наблюдаемых состояний окружения удовлетворяют условию $S \cap X \neq \emptyset$, то есть представления субъекта могут содержать как объективную составляющую, так и фантомную.

3. Структурные альтернативы субъект выбирает в зависимости от оценок удовлетворенности значениями свойств ситуации целеустремленного состояния.

Субъект при принятии решений использует три множества альтернатив: управляющие C (способы действия), структурные G и идентификации X . Так как динамика процессов в окружении субъекта недоступна прямому восприятию, то представления о ней формируются путем применения процедур идентификации, суть которых сводится к выбору варианта представлений в зависимости от наблюдаемого состояния. Справедливо $X_s \subseteq X$ на допустимость альтернатив идентификации в зависимости от наблюдаемых состояний $s \in S$.

Исходя из этих предположений, следуя [1], введем определения стратегий.

Однозначное отображение $\lambda: X \rightarrow C$ такое, что $\lambda(x) \in C_x$, $x \in X$, называется функцией выбора или управления; упорядоченный набор

$(\lambda_1, \dots, \lambda_n) \equiv \lambda_1^n$ – стратегией выбора; $\lim \lambda_1^n = \lambda_1^\infty$ при $n \rightarrow \infty$ стратегией, направленной на достижение локального идеала, определяющего смысл существования субъекта.

Однозначное монотонное отображение $\xi: S \rightarrow X$ такое, что $\xi(s) \in X_s, s \in S$, называется функцией идентификации; упорядоченный набор $(\xi_1, \dots, \xi_n) \equiv \xi_1^n$ – стратегией идентификации; последовательность $\{\xi_1^n, n = 1, 2, \dots\}$ – стратегией идентификации на ограниченном горизонте. Поскольку субъект стремится к формированию полезных представлений, то существует $\lim \xi_1^n = \xi^\infty$ при $n \rightarrow \infty$.

Однозначное отображение $\xi: S \rightarrow X$ порождает разбиение множества S на подмножества $\xi^{-1}(x) = \cup\{s \in S : \xi(s) = x\} \subset S, x \in X$. Подмножества $\xi^{-1}(x) \subset S, x \in X$, являются связными множествами, то есть любой элемент $s \in \xi^{-1}(x)$ однозначно определяет соответствующее представление $x \in X$. Следовательно, можно говорить, что подмножества $\xi^{-1}(x) \subset S, x \in X$, образуют классы эквивалентных представлений. Это позволит для формализации представлений субъекта использовать методы теории нечетких множеств, например, так, как описано в [7].

Выбранная в момент n альтернатива является структурным выбором на n -м шаге принятия решений; упорядоченный набор $(\gamma_n, \dots, \gamma_1) \equiv \gamma_1^n \in G$ – стратегией структурного выбора. Поскольку субъект стремится к соответствию своей структуры интересов требованиям принятой им этической системы, то существует $\lim \{\gamma_1^n\} = \gamma^\infty$ при $n \rightarrow \infty$.

Согласно [6] критерий выбора стратегии управления имеет смысл ожидаемой удельной ценности целеустремленного состояния по результату, формализация которой имеет вид функции полезности $E\varphi^g(C \times S \times X)$, зависящей от структурной альтернативы $g \in G$ как от параметра. Поскольку процесс управления начинается с некоторой ситуации $x \in X$, то критерий $E\varphi_n(\lambda_1^n | \gamma_1^n)$ будет зависеть также и от ситуации как от начального условия. Так как при этом множество ситуаций

X конечно, то критерий $E\varphi_n(\lambda_1^n | \gamma_1^n)$ будет окончательно представляться вектором в пространстве R^X размерности $|X|$. По результату выбора субъект испытывает эмоциональное переживание, поэтому качество стратегии структурного выбора γ_1^n следует описывать в виде критерия, имеющего смысл «удовлетворенности результатами выбора». Тогда качество стратегии γ_1^n следует описывать сверткой вектора ожидаемой полезности $E\varphi_n(\lambda_n | \gamma_1^n) \in R^X$ в некоторый функционал $\mu: R^X \rightarrow R^1$, например, $\mu_n(\lambda_1^n | \gamma_1^n) = \mu(E\varphi_n(\lambda_1^n | \gamma_1^n)) \in R^1$.

Описанная формализация позволяет рассматривать человеческое поведение как последовательность целеустремленных событий с эндогенной формой целеполагания. Мотивацией к целеполаганию является стремление субъекта к реализации своих интересов. При этом он должен сформировать представления о своих интересах, состоянии ситуации выбора, способах действия, что также следует рассматривать как результат выбора.

3. Область применения

Развиваемые положения ориентированы на разработку алгоритмов информационного управления в организационных системах.

Литература

1. НОВИКОВ Д.А., ЧХАРТИШВИЛИ А.Г. *Рефлексивные игры*. М.: СИНТЕГ, 2003. – 149 с.
2. НОВИКОВ Д.А., ЧХАРТИШВИЛИ А.Г. *Рефлексия и управление: математические модели*. – М.: Издательство физико-математической литературы, 2013. – 412 с.
3. МАКАРОВ И. М. Теория выбора и принятия решений. М.: Наука, 1982. – 328 с.
4. Ларичев О.И. Теория и методы принятия решений, а также хроника событий в волшебных странах. М.: Логос, 2003. – 352 с.
5. БАРАНОВ В.В. *Динамические равновесия в задачах стохастического управления и принятия решений при неопределенностях* // Изв. РАН. Теория и системы управления. 2002. №3. С. 77-93.
6. ВИНОГРАДОВ Г.П., КУЗНЕЦОВ В.Н. *Моделирование поведения агента с учетом субъективных представлений о ситуации*

выбора. Искусственный интеллект и принятие решений. № 3, 2011. с. 58-72.

7. ВИНОГРАДОВ Г.П., БОРИСОВ П.А., СЕМЕНОВ Н.А. *Интеграция нейросетевых алгоритмов, моделей нелинейной динамики и методов нечеткой логики в задачах прогнозирования. Известия РАН. Теория и системы управления, 2008, №1. с.78-84.*

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ НА ОСНОВЕ НЕЧЁТКОЙ ЛОГИКИ ПРИ РАСПРЕДЕЛЕНИИ ОГРАНИЧЕННОГО РЕСУРСА С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕХАНИЗМА ОБРАТНЫХ ПРИОРИТЕТОВ

**Дементьева Е.П., Кузнецова М.А.,
Кузнецова О.А., Юдина С.В.**

(Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П.Королёва)
zaharchuk-liza@mail.ru, mkuz195@mail.ru,
olga_5@list.ru, lana.yudina.95@mail.ru

В статье исследуется механизм обратных приоритетов, как механизм распределения ограниченного количества ресурсов. Происходит сравнение экспериментальных данных двух групп, совпадающих по трём критериям, без использования программного приложения «Подсказчик» и с ним. Выявлена значимость данного приложения.

Ключевые слова: механизм обратных приоритетов, распределение ограниченного количества ресурса, динамическая модель, система поддержки принятия решений.

Ранее в работе «Разработка обучающего варианта деловой игры для исследования механизмов распределения заказа» [6] авторами был проведён анализ действия некоторых механизмов при распределении ограниченных ресурсов [1] с нетрансферабельной полезностью. Рассматривалась динамика достижения ситуации равновесия на малых и больших группах.

В результате была определена проблема максимизации прибыли игроками, для решения которой используются различные системы поддержки принятия решений (СППР). Под СППР подразумевается компьютерный алгоритм, помогающий участнику выбрать стратегию, таким образом, к СППР можно отнести инструменты, позволяющие рассчитать оптимальное значение заявки при различных условиях, в том числе, используемый в работе Коргина и Корепанова.[4]

Додонова М.В. и Кузнецова О.А. предложили использовать СППР с использованием нечёткой логики. [3]

Целью данной работы является оценка эффективности новой СППР в деловых играх распределения ресурсов с нетрансферабельной полезностью механизмом обратных приоритетов.[2]

В соответствии с целью были поставлены задачи:

1. провести эксперимент в виде деловой игры по распределению ограниченного ресурса механизмом обратных приоритетов на малых группах без использования СППР;
2. провести эксперимент в виде деловой игры по распределению ограниченного ресурса механизмом обратных приоритетов на малых группах с использованием игроками СППР;
3. провести сравнительный анализ динамики результатов игры.

В заявленных экспериментах наблюдается совпадение по трём критериям: состав участников, вид целевой функции, механизм распределения.

Было проведено несколько деловых игр с разными экспериментальными группами, а именно: в группе, игроки которой не имели опыт участия в подобных играх (первая группа), и в группе, в которой игроки имели опыт участия (вторая группа). Целью игроков являлась максимизация индивидуальной прибыли игроков. По окончании эксперимента были получены нижеприведенные результаты (рис.1,2,3,4).

Использование СППР всеми игроками продемонстрировало эффект достижения равновесного состояния в течение короткого периода. До использования СППР заявки игроков приводили к хаотичному распределению ресурса и прибыли; в течение 10 итераций игроки не пришли к равновесию. При внедрении СППР ситуация кардинально изменилась: приложение помогло агентам по истечении пяти итераций достигнуть равновесного состояния.

Результаты первой экспериментальной группы без использования СППР представлены на рисунке 1,3, с СППР – на рисунке 2,4.

Результаты второй экспериментальной группы без использования «Подсказчика» представлены на рисунке 5, с подсказчиком- на Рисунке 6.

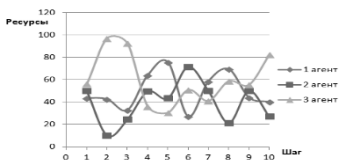


Рис. 1. Динамика распределен. ресурса 1-й группы без подсказчика

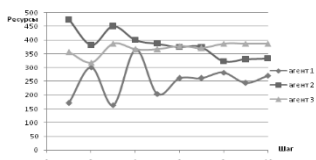


Рис. 2. Динамика ресурса 1-й группы с подсказчиком

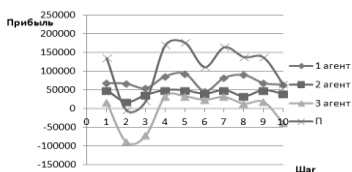


Рис. 3. Динамика прибыли игроков 1-й группы без подсказчика

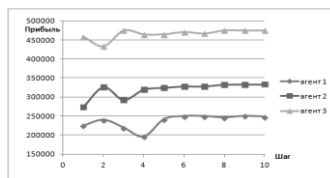


Рис. 4. Динамика эксперимента 1-й группы с подсказчиком

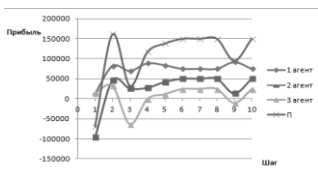


Рис. 5. Динамика прибыли 2-й группы без СППР

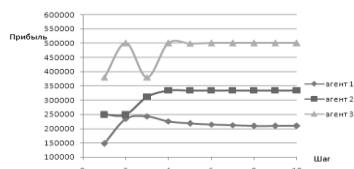


Рис. 6. Динамика прибыли 2-й группы с СППР

По результатам данных исследований, можно отметить, что использование СППР в ходе деловой игры является эффективным и приводит к достижению цели игроков и, соответственно, состояния равновесия за более короткий промежуток времени.

Литература

- 1) БАРКАЛОВ П.С., БУРКОВА И.В., ГЛАГОЛЕВ А.В., КОЛПАЧЕВ В.Н. *Задачи распределения ресурсов в управлении проектами* М.: ИПУ РАН, 2002. – С. 65.
- 2) 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. – С.51.

- 3) ДОДОНОВ М.В., ДОДОНОВА Н.Л., КУЗНЕЦОВА О.А. *Модель системы поддержки принятия решений с использованием нечёткой логики в деловых играх распределения ресурсов с не-трансферабельной полезностью*. Сборник XII Всероссийской школы-конференции молодых учёных «Управление большими системами» Самара: Самарский университет, 2016 (в печати).
- 4) КОРГИН Н.А., КОРЕПАНОВ В.О. *Решение задачи эффективного распределения ресурсов на основе механизма Гровса-Лейдярда при трансферабельной полезности* / Управление большими системами. Выпуск 46. М.: ИПУ РАН, 2013. С.216-265.
- 5) КУЗНЕЦОВА О.А., *Экономико-математическое моделирование*: учебное пособие, Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2015. С. 75.
- 6) КУЗНЕЦОВА О.А., КУЗНЕЦОВА М.А., ЗАХАРЧУК Е.П., ЮДИНА С.В. *Разработка обучающего варианта деловой игры для исследования механизмов распределения заказа* Сборник XII Всероссийской школы-конференции молодых учёных «Управление большими системами» Самара: Самарский университет, 2016 (в печати).

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕХАНИЗМА ШТРАФОВ ПРИ РАСПРЕДЕЛЕНИИ РЕСУРСА МЕТОДОМ «ЗАТРАТЫ - ЭФФЕКТ»

Динова Н.И., Щепкин А.В.
(ИПУ им. В.А.Трапезникова РАН, Москва)
din@ipu.ru, sch@ipu.ru

В работе проводится анализ модели распределения ресурса методом «затраты-эффект», рассматриваются возможности побудить потребителей ресурса не превышать оценку эффекта.

Ключевые слова: механизм распределения, штраф, оценка затрат, эффект, оценка эффекта, целевая функция.

При распределении ресурса методом «затраты - эффект» для выполнения проектов основным показателем является эффективность проекта [1,2].

Обозначим через:

N – множество выполняемых проектов;

\mathcal{E}_i – максимальный эффект, который может быть получен при выполнении i -го проекта;

r_i – объем финансирования, необходимый для выполнения i -го проекта;

x_i – выделенный объем финансирования для выполнения i -го проекта.

R – объем финансирования для всех проектов;

Если $x_i < r_i$, то есть полученных средств на выполнение проекта не хватает, агент добавляет собственные средства. Предполагается, что агент, выполняющий проект, получает p -ю часть от полученного эффекта ($0 < p < 1$). При этом считаем, $p\mathcal{E}_i - r_i < 0$, что означает, что своими средствами агенту выполнять проект не выгодно. Обозначим через Q_i оценку эффекта проекта, сообщенную i -м агентом, тогда целевую функцию агента можно записать в виде

$$f_i = p\mathcal{E}_i + x_i - r_i - h(Q_i - \mathcal{E}_i).$$

Здесь $h(Q_i - \mathcal{E}_i)$ – штраф за не обеспечение заявленного эффекта.

Эффективность w_i i -го проекта определяется как частное от деления эффекта на затраты (объем финансирования, необходимый для выполнения проекта), то есть $w_i = \mathcal{E}_i / r_i, i \in N$.

На практике нередко встречается ситуация, когда информация об эффекте проекта и средствах, необходимых для его реализации поступает от агентов выполняющих проект и здесь уже появляется заинтересованность этих агентов манипулировать соответствующей информацией.

В случае, когда $\sum_{i \in N} r_i = R$, то есть финансовых средств хватает на выполнение всех проектов агенты при сообщении в Центр истинных значений своих затрат получают необходимые средства и суммарный эффект от выполнения всех проектов будет равен $\sum_{i \in N} \mathcal{E}_i$, значения целевых функций агентов будут равны $f_i = p \mathcal{E}_i, i \in N$. Но в силу того, что эффективность проектов определяется на основе информации, поступающей от агентов ситуация может меняться.

Итак, рассмотрим случай, когда информация об эффекте проекта известна, а информацию о затратах на реализацию проекта формируют агенты, выполняющие проект.

Обозначим через s_i – заявку на финансирование i -го проекта. В [3] показано, что если для заявок $\{s_i^*\}, i \in N$ справедливы условия $\sum_{i \in N} s_i^* = R$, и $\mathcal{E}_1 / s_1^* = \mathcal{E}_2 / s_2^* = \dots = \mathcal{E}_n / s_n^*$ то заявки $\{s_i^*\}, i \in N$ являются равновесными по Нэшу.

При этом

$$s_i^* = \frac{\mathcal{E}_i}{\sum_{j \in N} \mathcal{E}_j} R,$$

а значение целевой функции равно

$$f_i^* = p \mathcal{E}_i + \frac{\mathcal{E}_i}{\sum_{j \in N} \mathcal{E}_j} R - r_i.$$

Пусть агенты с номерами $i = 1, 2, \dots, k-1, k+1, \dots, n$ сообщают $Q_i = \mathcal{E}_i$ и $s_i = s_i^*$, а k -й агент сообщает Q_k и \hat{s}_k . Для того, чтобы k -й агент получил ресурс $\hat{s}_k > s_k^*$, должно выполняться неравенство

$$(1) \quad \frac{Q_k}{\hat{s}_k} \geq \frac{\Theta_k}{s_k^*} + \delta,$$

где $\delta > 0$ – коэффициент чувствительности. При этом $Q_k - \Theta_k > \delta s_k^*$.

Значение целевой функции k -го агента будет равно

$$(2) \quad f_k = p\Theta_k + \hat{s}_k - r_k - h(Q_k - \Theta_k).$$

Завышать оценку эффекта $Q_k > \Theta_k$ и заявку на финансирование $\hat{s}_k > s_k^*$ k -му агенту будет невыгодно, если справедливо неравенство

$$(3) \quad p\Theta_k + \frac{\Theta_k}{\sum_{j \in N} \Theta_j} R - r_k > p\Theta_k + \hat{s}_k - r_k - h(Q_k - \Theta_k).$$

Из (3) следует, что значение коэффициента штрафа h , обеспечивающего сообщение истинного значения эффекта и равновесного значения заявки на ресурс должно удовлетворять неравенству

$$(4) \quad h > \frac{1}{Q_k - \Theta_k} \left(\hat{s}_k - \frac{\Theta_k}{\sum_{j \in N} \Theta_j} R \right).$$

Фактически неравенство (4) означает, что значение коэффициента штрафа h должно быть больше отношения разницы полученного ресурса и равновесного значения ресурса к разнице заявленного эффекта и фактического.

С учетом (1) выражение (4) можно переписать в виде

$$h > \frac{\hat{s}_k - s_k^*}{\left(\frac{\hat{s}_k}{s_k^*} - 1\right)\Theta_k + \delta s_k^*} = \frac{1 - s_k^*/\hat{s}_k}{\left(1/s_k^* - 1/\hat{s}_k\right)\Theta_k + \delta} /$$

Так как информация о реальном объеме финансирования r_i и максимальном эффекте Θ_i Центру неизвестна, то в подобных исследованиях всегда предполагается, что известен диапазон изменения требуемых данных [4]. В данном случае Центру достаточно знать границы $r_i \in [d_i, D_i]$.

В этом случае верхнюю оценку коэффициента h , можно определить из условия

$$h > \frac{1}{\delta} \left(1 - \min_{i \in N} \frac{d_i}{D_i} \right).$$

Анализ поведения агентов осуществлялся с помощью игрового эксперимента. Автоматы в эксперименте выбирали стратегии в соответствии с гипотезой индикаторного поведения [4]. Пример изменения стратегий для случая, когда имеется пять проектов, $R=2000$, $\Theta_1=300$; $\Theta_2=640$; $\Theta_3=100$; $\Theta_4=300$; $\Theta_5=160$; $r_1=500$; $r_2=800$; $r_3=100$; $r_4=200$; $r_5=400$ приведен на рис. 1.

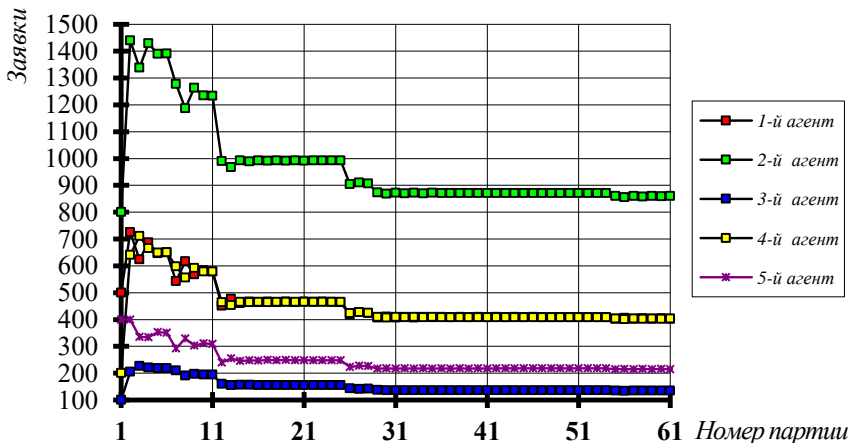


Рис. 1. График изменения стратегии автоматов

В данном примере чувствительность выбрана $\delta=0,1$. Не информированность Центра составляет $r_1 \in [400;600]$, $r_2 \in [700;900]$, $r_3 \in [50;150]$, $r_4 \in [100;300]$, $r_5 \in [300;500]$. Отсюда легко видеть, что

$$\min_{i=1,2,3,4,5} \frac{d_i}{D_i} = 0,33.$$

Таким образом, значение коэффициента h должно удовлетворять неравенству $h > 6,67$.

Литература

1. ДРАНКО О.И., ИРИКОВ В.А. Метод «затраты–эффективность» как инструмент выбора приоритетных проектов предпочтительней // Управленческий учет, 2011, №4.

2. BOARDMAN A.E., GREENBERG D.H., VINING A.R., WEIMER D.L. *Cost-Benefit analysis. Concepts and Practice*. Pearson. 2013. Ed. 4. 541 p.
3. БОНДАРИК В.Н., ЦВЕТКОВ А.В., ЩЕПКИН А.В. *Игровое моделирование механизма распределения ресурса методом «затраты-эффект»* // Экономика и менеджмент систем управления, 2012, 4.3(6). – С. 341-349.
4. БУРКОВ В.Н. *Основы математической теории активных систем*. – М.: Наука. – 1977. – 256 с.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СИСТЕМ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ИГРАХ С ТРАНСФЕРАБЕЛЬНОЙ ПОЛЕЗНОСТЬЮ, РЕАЛИЗУЮЩИХ МЕХАНИЗМ ОБРАТНЫХ ПРИОРИТЕТОВ

Додонова Н.Л., Кузнецова О.А.

(Самарский национальный исследовательский
университет имени академика С.П.Королёва)

ndodonova@bk.ru, olga_5@list.ru

В статье рассматриваются результаты игр, реализующих механизм обратных приоритетов при распределении ограниченного ресурса, в ходе которых игрокам предлагались две различные системы поддержки принятия решений.

Ключевые слова: деловая игра, механизм, система поддержки принятия решений, полезность.

Деловые игры активно используются для моделирования различных экономических и социальных ситуаций и решения социально-экономических вопросов, таких как справедливое (эффективное) распределение ограниченных ресурсов [1-4] и оценки эффективности экономических механизмов [3]. Отличительными характеристиками деловых игр являются наличие нескольких игроков с индивидуальными целевыми функциями и конфликт интересов.

В работе [1] предложена система расчёта заявок игроков, максимизирующая выигрыш. Данная система в условиях неизменности заявок конкурентов вычисляет «наилучший ответ» игрока. В основе системы лежит решение задачи максимизации целевой функции агента. Система реализована для механизма Гровса-Лейдьярда и может помочь игроку в принятии решения о стратегии поведения в игре.

В работе [5] разработана система поддержки принятия решений о величине заявки на основе нечёткой логики. Учитывая опыт экс-

пертов, система предлагает стратегию повышения (понижения, неизменности) заявки и рассчитывает оценку её привлекательности в промежутке $[0;1]$. Система разработана для игр с механизмом обратных приоритетов.

В данной статье ставилась цель провести сравнительный анализ представленных систем поддержки принятия решений.

Для проведения анализа была реализована система, вычисляющая «наилучший ответ» в условиях неизменности ставок конкурентов для игр с механизмом обратных приоритетов и проведен ряд вычислительных экспериментов.

При разработке системы поддержки принятия решений предполагалось большое количество участников игры. Систему «наилучших ответов» обычно применяют в играх с малым количеством игроков. Было принято решение провести эксперимент как для малых (3 игрока) так и для больших групп (8 игроков).

Описание эксперимента

Игра 1. В группе из 8 игроков проведена игра по распределению ресурса $R = 2800$ на основе механизма обратных приоритетов. Целевые функции игроков имели вид $ax - bx^2 + c$, где параметры a , b , c индивидуальны и известны только игроку. При этом накладывалось условие существования «конфликта», т.е. заданное количество ресурса не позволяло всем игрокам одновременно достичь максимума своей функции полезности.

Игра проводилась:

- a) без использования систем поддержки принятия решений;
- b) с использованием системы, вычисляющей «наилучший ответ»;
- c) с использованием системы, предлагающей стратегию поведения и ее привлекательность.

Игра 2. Проводилась аналогично, с ограничением ресурса $R = 1000$:

- a) без использования систем поддержки принятия решений;
- b) с использованием системы, вычисляющей «наилучший ответ»;
- c) с использованием системы, предлагающей стратегию поведения и ее привлекательность.

На рисунках 1-3 представлена динамика распределения ресурса между игроками в игре 1.

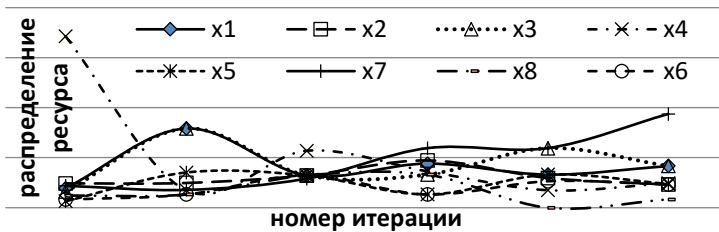


Рисунок 1. Распределение ресурса. Игра 1(а)

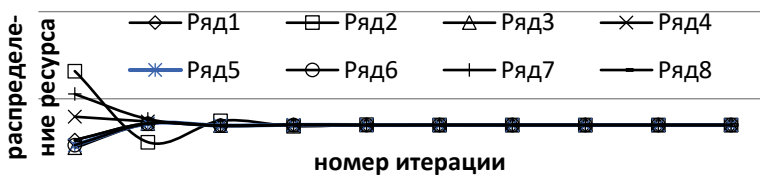


Рисунок 2. Распределение ресурса. Игра 1(б)

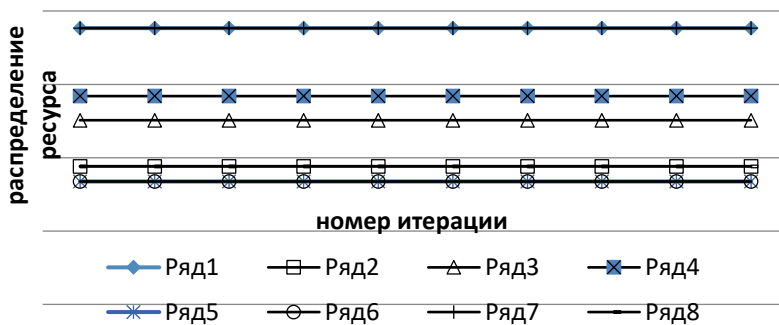


Рисунок 3. Распределение ресурса. Игра 1(с)

На рисунках 4-6 представлена динамика распределения ресурса между игроками в игре 2.

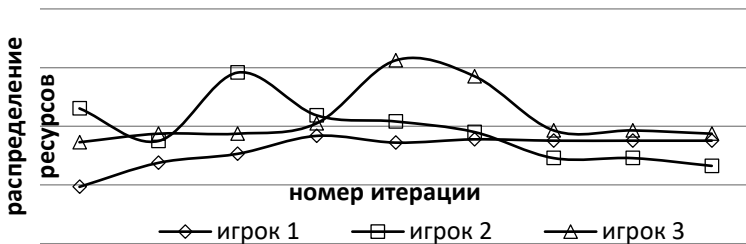


Рисунок 4. Распределения ресурса. Игра 2(а)

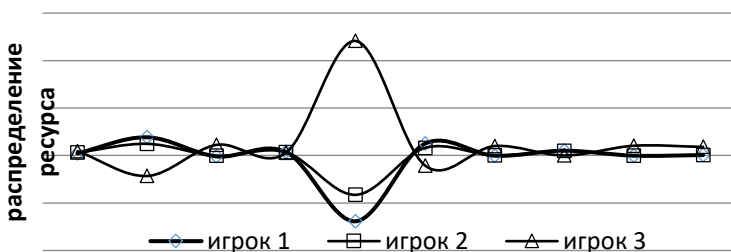


Рисунок 5. Распределения ресурса. Игра 2(б)

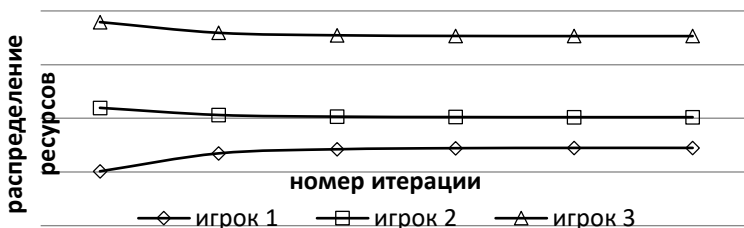


Рисунок 6. Распределения ресурса. Игра 2(с)

Результаты, полученные в ходе проведения экспериментов, позволяют сделать вывод о том, что:

1. Использование систем поддержки принятия решений целесообразно в играх с большим количеством участников (более 5).

2. Использование системы, вычисляющей «наилучший ответ» приводит к ситуации равномерного распределения ресурса между игроками.

3. Применение системы, предлагающей стратегию поведения и ее привлекательность позволяет игрокам максимизировать индивидуальную функцию полезности.

Литература

1. КОРГИН Н. А., КОРЕПАНОВ В.О. *Решение задачи эффективного распределения ресурсов на основе механизма Гровса-Лейдярда при трансферабельной полезности* // Управление большими системами: сборник трудов. 2013. № 46. С. 216-266.1
2. БАРКАЛОВ П.С., БУРКОВА И.В., ГЛАГОЛЕВ А.В., КОЛПАЧЕВ В.Н. *Задачи распределения ресурсов в управлении проектами*. – М.: ИПУ РАН, 2002. – 65 с.
3. 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.
4. GERASKIN M.I. *Transferable utility distribution algorithm for multicriteria control in strongly coupled system with priorities* // CEUR Workshop Proceedings, 2016; 1638: 542-551. DOI: 10.18287/1613-0073-2016-1638-542- 551. <http://ceur-ws.org/Vol-1638/Paper67.pdf>
5. ДОДОНОВ М.В., ДОДОНОВА Н.Л., КУЗНЕЦОВА О.А., ЕЛИСТРАТОВ А.А. *Модель системы поддержки принятия решения с использованием нечёткой логики в деловых играх распределения ресурсов с нетрансферабельной полезностью*. – XIII Всероссийская школа конференция молодых ученых «Управление большими системами», 5-10 сентября 2016г. – М.: ИПУ РАН. – 2016. – (в печати).

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДАМИ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ОЦЕНОК ЛАТЕНТНЫХ ПЕРЕМЕННЫХ ПО МОДЕЛИ РАША

Кобелев В.С., Моисеев С.И.

(Воронежский государственный технический университет)
mail@moiseevs.ru

В работе проводится анализ устойчивости оценок латентных переменных, полученных по модели Раша, основанной на МНК. Показано, что относительная погрешность оценок латентных переменных меньше погрешности индикаторных переменных и убывает с увеличением объема данных.

Ключевые слова: имитационное моделирование, латентные переменные, модель Раша, устойчивость.

В сложных социальных, гуманитарных, образовательных и многих других системах для описания многофакторных показателей используют латентные (то есть скрытые, неявные) переменные. Существует несколько подходов к измерению латентных переменных, но, по мнению многих исследователей, наиболее эффективной является модель Раша [3, 4], что обуславливает ее широкое применение в последние годы.

В основе модели Раша лежит логистическая функция, позволяющая найти вероятность того, что будет положительная оценка j -м субъектом i -го объекта, если эти субъекты и объекты оцениваются латентными переменными β и θ :

$$(1) \quad p_{ij} = \frac{e^{\theta_i - \beta_j}}{1 + e^{\theta_i - \beta_j}}.$$

Индикаторные переменные, являющиеся исходными данными модели, формируются в результате тестов или опросов. Пусть имеются n объектов, которые оценивают m субъектов. На основании частных оценок объектов субъектами определяется некоторая латентная величина θ , характеризующая объекты. С другой стороны, и

сами тестируемые характеризуются некоторой латентной величиной β , определяющей отношения субъектов к объекту.

В качестве исходных данных используются индикаторные переменные x_{ij} , имеющие смысл оценки i -го объекта j -м субъектом. В вычислительном подходе модели Раша, основанном на методе наименьших квадратов (МНК) [1, 2], параметры θ_i и β_j подбираются так, чтобы сумма квадратов отклонений эмпирических данных x_{ij} от расчетных вероятностей p_{ij} (1) была наименьшей. Задача сводится к оптимизационной задаче:

$$(2) \quad S(\theta_i, \beta_j) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (x_{ij} - p_{ij})^2 = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \left(x_{ij} - \frac{e^{\theta_i - \beta_j}}{1 + e^{\theta_i - \beta_j}} \right)^2 \rightarrow \min .$$

Очевидно, что точность оценок латентных переменных переменными β и θ зависят от значений индикаторных переменных. Ставится задача - проверить, как случайные колебания (с заданной точностью) индикаторных переменных влияют на разброс значений латентных переменных.

Проведен следующий вычислительный эксперимент. Многократно производилась генерация некоторой случайной величины Δ , которая будет имитировать ошибку измерения индикаторной переменной для случайно выбранного столбца (или строки) матрицы x_{ij} , и каждый раз вычисляются оценки θ_i и β_j в соответствии с (2). При этом случайная величина должна быть распределена нормально с нулевым математическим ожиданием и дисперсией $\sigma\Delta = d$. Стандартная ошибка индикаторной переменной $x_{ij} + \Delta$ будет равна d . Ее можно интерпретировать как абсолютную ошибку измерения индикаторных переменных. А так, как шкала индикаторных переменных единичная, то данную величину можно рассматривать и как относительную ошибку.

В ходе выполнения вычислительного эксперимента, в качестве ошибки индикаторной переменной d были протабулированы значения от 0 до 0,4 с шагом 0,05. Исходная матрица x_{ij} генерировалась случайно, ее значения были распределены равномерно в интервале от 0 до 1 и размер матрицы для приведенных ниже результатов был 10×10 . Также были проведены подобные эксперименты для матриц и другой размерности. Результаты вычислительного эксперимента приведены на рис. 1 и рис. 2.

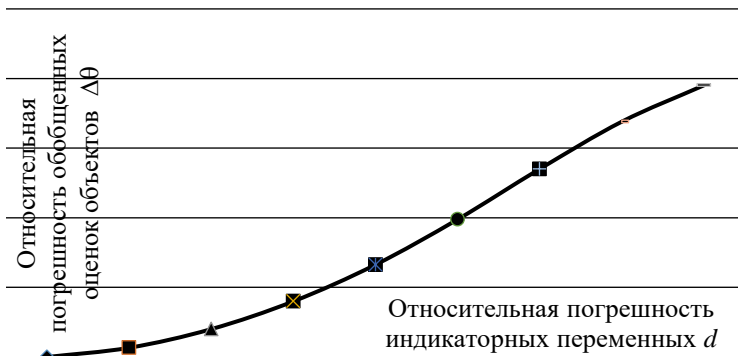


Рис. 1. Зависимость относительной точности оценки объектов от погрешности индикаторных переменных d .

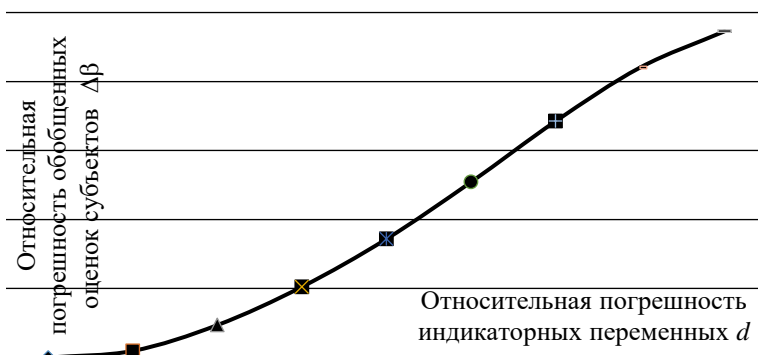


Рис. 2. Зависимость относительной точности оценки субъектов от погрешности индикаторных переменных d .

В результате проведения вычислительного эксперимента можно сделать следующие выводы:

- Точность оценок латентных переменных не зависят от значений элементов матрицы индикаторных переменных.
- Погрешность измерения латентных переменных не зависит от строки (столбца) матрицы индикаторных переменных, в котором наблюдается разброс измерений.

- При замене столбца матрицы индикаторных переменных, в котором наблюдается разброс значений на строку, зависимости $\Delta\theta(d)$ и $\Delta\beta(d)$ меняются местами.
- С ростом размерности матриц отношение погрешности в оценке латентных переменных к погрешности индикаторных переменных уменьшается, то есть относительная точность оценок растет.
- Отношения погрешности измерения латентных переменных к погрешности индикаторных переменных есть величина меньше единицы, что говорит о том, что модель устойчивая к малым ошибкам индикаторных переменных.

Литература

1. БАРКАЛОВ С.А., МОИСЕЕВ С.И., СОЛОВЬЕВА Е.В. *Применение метода наименьших квадратов при оценке латентных переменных методом Раша.* / Научный вестник Воронежского ГАСУ, сер. «Управление строительством», выпуск № 1 (6), Воронеж, 2014, С. 98-100
2. МОИСЕЕВ С.И. *Модель Раша оценки латентных переменных, основанная на методе наименьших квадратов* / Экономика и менеджмент систем управления. Научно-практический журнал. № 2.1 (16), 2015.- С. 166-172
3. RASCH G. *Probabilistic Models for Some Intelligence and Attainment Tests* / G. Rasch.- Copenhagen, Denmark: Danish Institute for Educational Research, 1960.
4. *Rasch Models. Foundations, Recent Developments and Applications* / Editors Fischer G. H., Molenaar I.W. Springer, 1997.

РАЗРАБОТКА ПРОЦЕДУР ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОРГАНИЗАЦИОННОЙ СТРУКТУРЫ

Лихачева Т.Г., Порядина В.Л.

(Воронежский государственный технический университет)

tatianagl1956@mail.ru, poryadina08@mail.ru

В статье разработана процедура оценивания результатов деятельности, которая предоставляет широкие возможности для описания гибкой управленческой стратегии, ориентированной на руководителя.

Ключевые слова: комплексное оценивание, процедура комплексного оценивания, оценка результатов деятельности.

При управлении социально-экономическими системами на различных этапах подготовки и принятия решений, связанных с разработкой планов, организацией стимулирования, распределением ресурсов и т.д. возникает задача выбора альтернатив, сравнение объектов. Основой для ее решения является сравнительная оценка вариантов (объектов).

При разработке методов комплексного оценивания и построении процедур оценки необходимо учитывать специфику конкретного объекта оценки. Объектом комплексного оценивания может быть научно-технический уровень изделия, проект сложной технической системы, социально-экономическая эффективность принимаемых управленческих решений и т.д.

Сложность описания объекта определяется наличием набора разнородных показателей, характеризующих различные аспекты его деятельности и имеющих различную относительную важность (значимость), которая может меняться в различные периоды функционирования.

Активность объекта управления связана с наличием в составе объекта людей, которые могут иметь интересы, отличные от целей

системы, что влияет на результаты деятельности, достоверность сообщаемой информации.

При разработке процедур комплексного оценивания необходимо как можно полнее учесть указанные особенности объекта оценки.

Сложность, плохая структурируемость объекта, трудности формального моделирования социально-психологических качеств человека – все это приводит к необходимости использовать в процедурах комплексного оценивания неформальные, эвристические, экспертные методы.

С точки зрения использования экспертных методов можно выделить два основных типа процедур комплексного оценивания:

- процедуры, использующие экспертные методы в процессе самого оценивания, когда результаты деятельности уже известны;
- процедуры, которые используют экспертные методы на стадии разработки и настройки правил оценивания.

Процедуры первого типа заключаются в том, что эксперты, на основе своих собственных неявных критериев и алгоритмов, оценивают реальные элементы по фактическим результатам их деятельности на конкретный истекший период функционирования. Такие процедуры, как правило, используются в случаях, когда структура критериев не имеет явного выражения, а исходные показатели представлены преимущественно в качественной форме.

В тех случаях, когда структура критериев задана, а исходные показатели могут быть получены в количественном виде, правила оценки вырабатываются априори, с учетом мнений экспертов о важности показателей, значимости тех или иных результатов некоторого абсолютного, а не конкретного элемента. Оценивание фактических результатов деятельности осуществляется по установленному алгоритму, это есть правила оценивания известны априори и ориентируют элементы на достижение конкретных результатов.

Наиболее распространенными процедурами такого типа являются процедуры оценки по сумме мест и по среднему значению, однако, они могут применяться только для оценки элементов, сопоставимых по критериям функционирования, и при равноценных показателях.

Выбор типа процедуры формирования комплексной оценки результатов деятельности и настройка параметров процедуры – один

из способов реализации политики управления Центра, направленной на достижения стоящих перед системой целей. Процедура должна предоставлять широкие возможности для описания гибкой управленческой стратегии, которая ориентирована на руководителя, и предполагать использование его опыта, знаний при построении процедуры, определении значимости и надежности, стоящих перед элементами целей и тех результатов, которые они достигают.

Процедура характеризуется следующими основными принципами:

- комплексность оценки;
- обеспечение сопоставимости оцениваемых элементов;
- учет значимости показателей и достигнутых по ним результатов с точки зрения целей элементов и системы в целом;
- возможность оперативной настройки процедуры на цели и задачи конкретного периода функционирования.

Процедура формирования комплексной оценки результатов деятельности элементов осуществляется последовательно, в несколько этапов, по приведенной ниже схеме (рис. 1).

1 этап – расчет пронормированных значений исходных показателей. Для каждого показателя P_j задан соответствующий показатель оценки или правило нормирующего преобразования исходного показателя. В соответствии с этим правилом осуществляется сравнение фактически достигнутого по данному показателю результата y_{ij} и планового значения x_{ij} .

В качестве показателей оценки могут использоваться различные правила, вид которых определяется из соображений удобства работы содержательного смысла каждого показателя. Обычно показатели оценки выбирают таким образом, чтобы обеспечить их единую направленность – чем больше пронормированное значением $d_{ij} = PO_j(x_{ij}, y_{ij})$, тем лучше.

В результате этапа 1 каждому объекту ставится в соответствии d_i отнормированных значений исходных показателей,

$$d_i = (d_{i1}, \dots, d_{ij}, \dots, d_{im}), \quad i = \overline{1, n}, \quad j = \overline{1, m}.$$

2 этап – расчет для каждого элемента оценок по показателям (частных оценок) $k_{ij} = \varphi_j(d_{ij})$. Частные оценки k_{ij} выполняют роль оценки достигнутого элементом \mathcal{E}_i результата по показателю функции

На 3 этапе в соответствии с заданной структурой «дерева оценки» производится последовательное агрегирование (свертка) частных оценок в промежуточные обобщенные оценки (оценки по группам показателей, областям и направлениям деятельности и т. д.), которые, в свою очередь, агрегируются в итоговую комплексную оценку.

Процедура, схема которой представлена выше, является основой при разработке процедур оценивания для реальных систем и может быть модифицирована с учетом специфики конкретной системы оцениваемых элементов, механизмов, в которых она будет использована.

Литература

1. БАРКАЛОВ С.А. *Механизмы активной экспертизы в задачах комплексного оценивания* / С.А. Баркалов, В.Н. Бурков, В.Л. Порядина. Вестник Воронежского государственного технического университета. 2009. Т. 5. № 6. С. 64-66.
2. БУРКОВ В.Н. *Механизмы функционирования социально-экономических систем с сообщением информации* / В.Н. Бурков, А.К. Еналеев, Д.А. Новиков. Автоматика и Телемеханика. 1996. № 3. С. 3 - 25.
3. БУРКОВ В.Н. *Построение оптимальных процедур коллективной экспертизы* / В.Н. Бурков, В.Л. Порядина, А.Г. Янин. Системы управления и информационные технологии. 2008. Т. 32. № 2.1. С. 151-153.
4. ПОРЯДИНА В.Л. *Основы научных исследований в управлении социально-экономическими системами* / В.Л. Порядина, С.А. Баркалов, Т.Г. Лихачева. Воронежский ГАСУ. — Воронеж, 2015. — 262 с.
5. ПОРЯДИНА В.Л. *Управление социально-экономическими проектами: конкурсный подход*: монография. – Воронеж: Издательско-полиграфический центр "Научная книга", 2015. – 230 с.
6. ПОРЯДИНА В.Л. *Метод обобщенных аддитивных сверток в задачах принятия решений*: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / В.Л. Порядина. Воронежский государственный архитектурно-строительный университет. Воронеж, 2008.

7. ПОРЯДИНА В.Л. *Модель оптимальной процедуры коллективной экспертизы.* / В.Л.Порядина, Л.П. Мышовская. Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Управление строительством. 2013. № 1(4). С. 31-40.
8. Barkalov S.A., Poryadina V.L. *Model of competitive management of regional building projects* / Barkalov S.A., Poryadina V.L. // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника. – 2016. – Т. 16. – № 2. – С. 131-136.

ИССЛЕДОВАНИЕ РИСКОВ ПРИ ПЛАНИРОВАНИИ ПРОДАЖ НА ОСНОВЕ ДЕЛОВЫХ ИГР

Марин О.Л.

(ООО «ПК Аквариус», Москва)

2marin.oleg@gmail.com

В работе рассмотрены задача повышения эффективности менеджеров по продажам производственной компании. В основу предложенного метода легло построение системы управления рисками при планировании продаж выпускаемой продукции на базе механизмов встречных планов. Дается постановка и решение задачи оптимального прогнозирования продаж произведенной продукции при ограниченном запасе комплектующих с учетом выбранных в системе механизмов стимулирования. Для проверки изложенных методов предложено проведение экспериментальных деловых игр с участием группы игроков.

Ключевые слова: встречное планирование, стимулирование, затраты, экспериментальные и деловые игры.

1. Введение

Частным случаем применения предлагаемых методик является задача прогнозирования реализации продукции для производственной компании. Одним из критически важных процедурных моментов работы подобной компании является прогнозирование продаж и наполнение склада необходимыми комплектующими для создания конкурентной продукции.

Важно отметить и то, что объем закупаемых комплектующих для реализации готовой продукции напрямую зависит от прогнозов менеджеров по продажам.

Однако потери центра от ошибок в объеме продаж и ошибок в плане закупок можно разделить, так как реализация складских запасов возможна в различных видах продукции.

Как правило, при планировании продаж основной акцент делается на влияние внешних факторов на организационную структуру и

процессы закупок комплектующих: количество и качество контрагентов, риски поставок и прочие факторы [1, 3]. Однако в текущем случае рассматриваются планы менеджеров по продажам производственной компании со связными вероятностями.

В работе предложены к использованию методы, являющиеся развитием моделей встречного планирования [2]. Для данного случая предлагается использование децентрализованных механизмов встречного планирования в производственной компании, что является нераспространенной практикой. В связи с этим предполагается проведение серии деловых игр с целью отработки предложенных механизмов, демонстрации их работы на основе упрощенной модели производственного цикла компании. Для данной цели был разработан алгоритм и сценарий деловой игры, моделирующий этап планирования и принятия решения на основе выбранной центром системы стимулирования менеджеров по продажам. Разработанный сценарий предполагается к проведению в качестве экспериментальной игры.

2. Описание деловой игры

Деловая игра должна показать на примере простой производственной цепочки основные идеи механизмов встречного планирования и продемонстрировать возможность внедрения штрафов за предоставление недостоверной информации. Важно отметить, что штрафы могут быть вынесены как за невыполнение плана (классическая модель), так и за перевыполнение плана, т.е. завышенные потребности в продукции, что для производственной компании может повлечь дополнительные расходы и риски, связанные с несвоевременным или срочным приобретением комплектующих, необходимых для сборки готовой продукции.

Предлагается ввести механизмы стимулирования (штрафы) по двум показателям: объему реализуемой продукции и суммарной выручке от продажи продукции по сообщенному объему.

За основу возьмем деловую игру по механизмам встречных планов [4]. В рамках разработанной деловой игры каждый игрок выступает в роли менеджера по продажам. В начале игры задача каждого менеджера спрогнозировать объем продаж и возможную выручку от

реализации предложенного им вида продукции, учитывая разнообразные условия рынка. Для наглядности информацию можно представить в табличном виде, таблица 1.

Таблица 1. Прогноз объема продаж игрока

	n_1	n_2	n_3
P_1	$P(P \geq P_1, n \geq n_1)$	$P(P \geq P_1, n \geq n_2)$	$P(P \geq P_1, n \geq n_3)$
P_2	$P(P \geq P_2, n \geq n_1)$	$P(P \geq P_2, n \geq n_2)$	$P(P \geq P_2, n \geq n_3)$
P_3	$P(P \geq P_3, n \geq n_1)$	$P(P \geq P_3, n \geq n_2)$	$P(P \geq P_3, n \geq n_3)$

P – объем продаж (выручка), n – объем реализованной продукции.

Предполагается, что каждый менеджер знаком с реалиями рынка, хорошо знает область и имеет статистическое представление о предыдущих результатах работы по данному направлению.

Альтернативным сценарием для игры может быть выдача игрокам исходных данных для выбора прогноза – уже заполненных таблиц вероятностей реализации той или иной ячейки.

В свою очередь руководство компании (в ее роли выступает ведущий деловой игры) задает параметры системы стимулирования, вводятся штрафы за невыполнение и перевыполнение плана по реализации

$$(1) \quad E\sigma_P = \int_0^{\omega} \left[\gamma P - \begin{cases} \alpha(x_P - P), & x_P \geq P \\ \beta(P - x_P), & x_P < P \end{cases} \right] dF_n(P)$$

$$(2) \quad E\sigma_n = - \int_0^{\tau} \left[\gamma n + \begin{cases} a(x_n - n), & x_n \geq n \\ b(n - x_n), & x_n < n \end{cases} \right] dF_P(n)$$

Выбирая тот или иной план, менеджер может видеть при помощи системы, с какой вероятностью он получит выплату (с какой вероятностью реализуется тот или иной прогноз).

Для наглядности планируемое вознаграждение также вычисляется системой. Получая эти данные, менеджер сможет иметь представление о вознаграждении при реализации того или иного прогноза с учетом вероятности ее реализации, на основе чего игрок сможет выбрать наиболее приемлемый для себя вариант и сообщить его ведущему.

Среди основных ожидаемых результатов игры можно выделить следующие:

- подтверждение заложенных принципов модели, когда ведущий получает от игроков такой план, который будет удовлетворять заранее выбранной надежности реализации продукции;
- подтверждение того, будут ли игроки сообщать ведущему те значения, которые действительно являются наилучшими для них при заданных параметрах системы стимулирования в сценарии использования заранее подготовленных таблиц вероятностей реализации продукции.

3. Заключение

Для проверки предложенных механизмов стимулирования по двум показателям и моделирования поведения участников коммерческого цикла в компании разработан сценарий проведения деловой игры.

Важной предпосылкой проведения деловой игры является проверка обоснованности выбора частного случая применения разработанной системы стимулирования, которым является один из циклов реализации продукции в производственной компании. Также по итогам проведения экспериментальных деловых игр появится понимание того, в состоянии ли представители конкретной прикладной области представлять данные по оценке рисков в той форме, которая предусматривается разработанной деловой игрой.

Еще одним результатом работы должны стать рекомендации к внедрению разработанной системы и ее интеграция в управленческие процессы различных игроков рынка производственных предприятий, а также разработка деловых игр для данной отрасли.

Литература

1. БРАТУХИНА Е.А., ТИХОНОВ Ю.А. *Факторы, влияющие на управленческие решения в сфере закупок промышленных предприятий.* // Журнал Концепт № S4/2014.
2. БУРКОВ В.Н. *Основы математической теории активных систем.* – М.: Наука. – 1977. – 255 с.
3. ПЛЕЩЕНКО В.И. *Влияние внешней среды на закупочную деятельность промышленных предприятий: особенности, риски,*

неопределенность // Управление рисками предприятия URL:
<http://econf.rae.ru/article/6142>.

4. BURKOV V., KORGIN N. *Management games: Implementing Advanced Robust Incentive Schemes.* / Game Theory and Management. Collected abstracts of papers, presented on the Fifth International Conference Game Theory and Management. Spb.: Graduate School of Management SPbU. 2011. P. 43-45.

СЦЕНАРНЫЕ ИГРЫ НА СЛОИСТОМ ПЛАЦДАРМЕ

Реут Д.В., Тишина Е.А.

(Национальный исследовательский
ядерный университет МИФИ, Москва)
dmreut@gmail.com, evgeniyatishina@gmail.com

Продолжена разработка игрового подхода к управлению крупномасштабными системами (КМС), заявленного на конференции TAS-2014. Перечислены сформировавшие его «опорные точки» в философской литературе и науке: 1) творчество Л. Кэррола, 2) Исследования Э. Остром, 3) «Пикник на обочине» А., Б. Стругацких, 4) современная организация европейской медицины, 5) рефлексия современной практики и теории управления КМС, 6) теория игр, в частности, модельная игра, предложенная на TAS-2014, 7) методы структурной идентификации систем, 8) сценарные методы планирования, 9) энтропийные методы оценки реализации многомерных сценариев развития систем. Человек осознает отдельные моменты стихийно складывающегося института управления крупномасштабными системами и при достижении «критической массы» таких наблюдений научаются его совершенствовать.

Ключевые слова: крупномасштабная система, динамическая, дискретная, иерархическая игра, сценарный анализ, модель.

1. Предпосылки предлагаемого подхода

1. Пространственные, временные, функциональные, субъектные характеристики окружающего мира и нас самих не являются константами, о чем в гротескной форме повествует Л. Кэррол в глубокой философской работе [3]. Нас подстерегают неожиданные и кардинальные изменения.

2. Лауреат Нобелевской премии Э. Остром исследовала проблему управления потреблением и воспроизводством природных ресурсов, находящихся в общем пользовании большого количества людей. Ни государство, ни рынок не предлагают убедительных организационных технологий управления процессом. Автором проанализирован большой объем эмпирического материала. Описаны

исторически сформировавшиеся в некоторых общинах и проверенные временем успешные алгоритмы, основанные на добровольной циклической передаче права доминирования в хозяйственной деятельности. Подчеркнем, что исследователем показано существование эффективного «третьего пути» в организации хозяйственно-экономической деятельности человека – в противоположность рынку и плану [4].

3. «Пикник на обочине» – лидирующий по числу переводов на иностранные языки роман братьев Стругацких [9]. В нем ведущие писатели-фантасты советской эпохи моделируют варианты нравственного выбора людей (сталкеров), добровольно и последовательно встречающихся в Зоне с недоступными их пониманию и – что важно – нестационарными явлениями и ситуациями, как благоприятными для человека, так и смертельно опасными. Может быть, по своему психологическому типу сталкер – не фантастический персонаж, а всего лишь исследователь – тот, кто «ужален» непостижимостью обыденности в отличие от «толстокожего» обывателя?

4. Современная модель европейской медицины включает врачей и медицинские учреждения, специализирующиеся на лечении той или иной определенной группы болезней и часто не обращающие должного внимания на перекрестные влияния назначаемого ими лечения на другие подсистемы организма и организуемой таким образом медицинской практики на социальные, экономические и иные процессы в обществе [5].

5. Проводимые в ИПУ РАН исследования и регулярные международные конференции выполняют функции коллективной рефлексии общественной практики управления КМС [11]. Они выявляют локальные и глобальные проблемы управления, способствуют их классификации, поиску подходов и решений. Мы придерживаемся трактовки КМС, изложенной в монографии [6].

6. Как известно, теория игр – это совокупность математических методов изучения и построения оптимальных стратегий в конфликтных ситуациях [1, 7]. В случае крупномасштабной (глобальной) системы может возникнуть конфликт между краткосрочными и долгосрочными целями субъекта.

7. Одна из важнейших задач конфликтующего субъекта – структурная идентификация противостоящих ему сил [2].

8. Если понимать под сценарным планированием «часть стратегического планирования, относящуюся к инструментам и технологиям, которые позволяют управлять неопределенностью будущего» [8], то его сутью можно считать исследование внешней среды на наличие predetermined элементов (predetermined elements) и ключевых неопределенностей (key uncertainties) и комбинирование их для актуализации альтернативных сценариев будущего. В случае слоистой (многоуровневой) структуры неопределенность растет.

9. Конфликтующему субъекту и его оппонентам важно ранжировать вероятности сценариев развития системы. КМС – плацдарм конфликта – есть слоистая многоуровневая структура, отдельные подсистемы которой выделяются по принципу принадлежности различным областям практической деятельности или/и научным предметам. По мере увеличения масштаба управляемой системы роль энтропийно-вероятностных методов описания протекающих в системе процессов возрастает [10].

2. Суть сценарной игры на плацдарме КМС

Сценарной она названа по преобладающей единице анализа. Субъект конфликтует не только с другими субъектами своего и чужих уровней. Разрушителен конфликт между сценариями, ориентированными на его ближние и дальние по времени цели. Суть игры – «не дать миру уничтожить себя» (А. Камю).

Литература

1. ЗАХАРОВ А.В. *Теория игр в общественных науках*. – М.: Издательский дом Высшей школы экономики, 2015. – 304 с.
2. КАРАБУТОВ Н.Н. *Структурная идентификация систем. Анализ информационных структур*. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009. – 176 с.
3. КЭРРОЛ Л. *Приключения Алисы в Стране чудес. Сквозь зеркало и что там увидела Алиса. Или Алиса в Зазеркалье*. – М. Наука, 1991. – 369 с.
4. ОСТРОМ Э. *Управляя общим. Эволюция институтов коллективной деятельности*. – М.: ИОИСЭН, Мысль, 2010. 447 с.

5. РЕУТ Д.В. *Здоровье в аспектах управления, контроллинга, экономики, рекреации*. Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. 2012. – 336 с.
6. РЕУТ Д.В. *Крупномасштабные системы: управление, методология, контроллинг*. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2013. – 182 с.
7. РЕУТ Д.В. *Игровая модель управления крупномасштабными системами /Теория активных систем (ТАС-2014) [Электронный ресурс]:* Материалы Междунар. научно-практич. конф., 17–19 нояб. 2014 г, Москва / под общ. ред. В.Н. Буркова, Ин-т проблем упр. им. В.А. Трапезникова. – М.: ИПУ РАН, 2014, с. 181 – 182.
8. РИНГЛАНД ДЖ. *Сценарное планирование для разработки стратегии*. – М.: ООО И. Д. Вильямс, 2008. – 560 с.
9. СТРУГАЦКИЙ А., СТРУГАЦКИЙ Б. *Пикник на обочине: Фантастическая повесть / Аврора*. – 1972. – № 7. – С. 28-43; № 8. – С. 38-51; № 9. – С. 38-51; № 10. – С. 42-51.
10. ТИШИНА Е. А., РЕУТ Д.В. *Разработка многоуровневых моделей сценариев трансформации НИЯУ МИФИ как крупномасштабной системы и оценка реалистичности сценариев // Труды междунар. Конф. MLSD'2016 (в печати)*.
11. *Управление развитием крупномасштабных систем / Под ред. А.Д. Цвиркуна*. – М.: Изд-во физ-мат литер., 2012. 496 с.

ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ ЕВРОСОЮЗА

Шумов В.В.

(Отделение погранологии и Международной
академии информатизации, Москва)

vshum59@yandex.ru

Безопасность определяется через дихотомию ценностей развития и сохранения, конкуренции и кооперации. Оценка параметров разнородности стран ЕС выполнена с использованием показателей географической разнородности, суверенного исторического развития и показателя, характеризующего отношение к Германии в годы второй мировой войны. В модели учитываются предпочтения граждан при выборе страны проживания. В существующем составе дальнейшая интеграция ЕС может сопровождаться выходом части стран из него.

Ключевые слова: модель безопасности, развитие, сохранение, интеграция.

1. Введение

Анализируя данные по ВВП [3], можно заметить, что после вступления в Евросоюз темпы роста ВВП на душу населения снижаются относительно среднемировых. Многими исследователями отмечается, что Евросоюз страдает от глубокого кризиса идентичности, созданные институты плохо управляемы, избыточное регулирование душит конкуренцию, ЕС отделился от избирателей и утратил живую связь с ними [1].

Проблемы в сфере безопасности (нелегальная миграция, терроризм), ожидаемый выход Великобритании из ЕС побуждают к дальнейшим исследованиям в сфере анализа процессов интеграции и дезинтеграции над- и межгосударственных образований.

2. Модель безопасности

Дихотомии пары ценностей (их непреодолимой связности) можно поставить в соответствие бинарную связку конъюнкции &

(«и», логическое умножение). В математике дихотомии соответствует мультипликативная функция. Функцию u_i безопасности i -го государства определим через дихотомию ценностей развития и сохранения:

$$(1) \quad u_i = w_i q_i,$$

где: w_i – функция развития (суверенности) i -го государства; q_i – функция его сохранения.

Функция суверенности i -го государства определяется с учетом его важнейших характеристик: демография, география, технологии:

$$(2) \quad w_i = (1 + I_i)^\chi \left(\frac{z_i}{z_{\max}} \right)^\omega \left(\frac{s_i}{s_{\max}} \right)^{1-\omega},$$

где: I_i – индекс социальных технологий i -й страны; z_i – численность населения в ней; s_i – ее площадь; s_{\max} – площадь крупнейшей страны (России); z_{\max} – численность населения самой многочисленной страны (Китая). Значения степени фактора социальных технологий $\chi \approx 0,2-0,5$ и параметра эластичности $\omega \approx 0,5$ оценены в работе [2].

Функция сохранения i -го государства определяется с использованием распределения Парето, обладающего свойством самоподобия:

$$(3) \quad q_i = \left(\frac{\zeta_i}{z_i} \right)^{\delta_i \mu_i},$$

где: ζ_i – численность государствообразующего этноса; $\delta_i > 0$ – параметр притяжения; $\mu_{ij} \geq 1$ – параметр разнородности.

Положим, что функция суверенитета Союза (меж- или надгосударственного образования) есть сумма значений функций суверенитета (возможно, взятая с определенным весовым коэффициентом), а функция сохранения подчиняется распределению Парето (в силу свойства самоподобия). Тогда функция безопасности Союза вычисляется по формулам:

$$(4) \quad u_S = w_S q_S, \quad w_S = \sum_{i=1}^n \beta_i w_i, \quad q_S = \left(\zeta_S / \sum_{i=1}^n z_i \right)^{\sigma \mu},$$

где: n – количество стран – членов Союза; ζ_S – численность населения союзообразующей страны (стран); z_i – численность населения i -й страны; σ – параметр притяжения союзообразующей страны (стран); $0 < \beta_i \leq 1$ – степень участия i -й страны в Союзе.

3. Безопасность Евросоюза

Полагая, что союзообразующим государством является Германия (самое крупное по численности населения и объему ВВП государство – член ЕС), частными показателями разнородности государств могут быть: показатель $\mu^{(1)}$, характеризующий отношение к Германии в годы второй мировой войны; показатель $\mu^{(2)}$ суверенного исторического развития государства; показатель $\mu^{(3)}$ географической разнородности.

Наряду с исследователями, безопасность стран оценивают сотни тысяч граждан, мигрируя в более благополучные и безопасные с их точки зрения страны. Значение параметра $\sigma \approx 0,4$ сохранения для Германии как союзообразующей страны получено методом наименьших квадратов с учетом данных миграции.

При текущем конфедеративном устройстве ЕС ($\beta_i \approx 0,25$ – доля полномочий и компетенций, переданная союзным органам) значение его функции сохранения равно $q_S = 0,42$, что свидетельствует о неоптимальном его составе. На рис. 1 показана динамика значений функции сохранения и функции безопасности ЕС при последовательном присоединении стран к федерации ($\beta_i = 0,5$), создаваемой Германией.

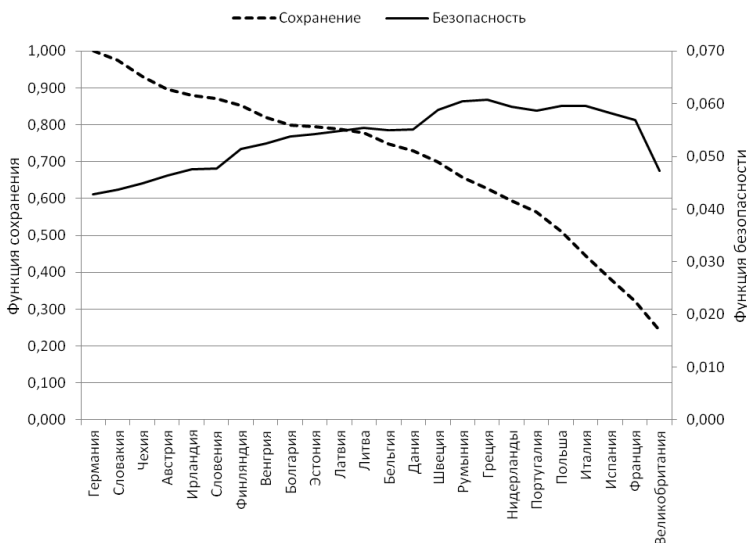


Рис. 1. Компоненты функции безопасности Евросоюза

Страны отсортированы по мере увеличения параметра разнородности и численности населения.

Присоединение к федерации Польши делает политическое образование неустойчивым – значение функции сохранения понижается ниже 0,5. Значение функции безопасности можно увеличить, если создавать ассиметричную федерацию (разные страны имеют различные полномочия).

Литература

1. БУТЛ Р. *Траблы с Европой. Почему Евросоюз не работает, как его реформировать и чем его заменить* / Пер. а англ. Е. Лалаян. М.: КоЛибри, Азбука-Аттикус, 2015. 416 с.
2. ШУМОВ В.В. *Государственная и общественная безопасность: Моделирование и прогнозирование*. М.: ЛЕНАНД, 2016. – 144 с.
3. *Maddison Project*. – URL: <http://www.ggd.net/maddison/maddison-project/data.htm> (дата обращения 07.10.2016).



СЕКЦИЯ 3. Управление проектами

Сопредседатели:

- Щепкин А.В.
- Баркалов С.А.

ДИВЕРСИФИКАЦИЯ ИНВЕСТИЦИОННОГО ПОРТФЕЛЯ С УЧЕТОМ ОТРАСЛЕВЫХ РИСКОВ

Андреянова И.И.¹, Буркова И.В.², Санина Н.В.¹

(1 – Воронежский государственный технический Университет; 2 – ИПУ им. В.А.Трапезникова РАН, Москва)
irbur27@mail.ru

Рассматривается постановка задачи диверсификации при формировании портфелей проектов с учетом возможных рисков по отраслям инвестирования. Компенсация рисков осуществляется за счет диверсификации инвестиций. Поставленная задача решается методом дихотомического программирования.

Ключевые слова: инвестиционный портфель, риск, диверсификация, метод дихотомического программирования.

Рассматривается задача формирования инвестиционного портфеля банка с учетом доходности и рисков в различных отраслях. Снижение рисков обеспечивается за счет диверсификации, что есть распределение инвестиций по нескольким отраслям. Решается задача формирования оптимального (по суммарному ожидаемому доходу) портфеля при заданной стратегии диверсификации.

При инвестировании в различные отрасли важно учитывать, что риски проектов одной отрасли взаимосвязаны в том смысле, что ухудшение экономической ситуации в отрасли увеличивает риски проектов отрасли. Поэтому для уменьшения рисков банки применяют стратегию диверсификации, суть которой в распределении объемов финансирования по нескольким отраслям (принцип «не класть все яйца в одну корзину»). Рассмотрим задачу определения стратегии диверсификации и решение задачи формирования оптимального инвестиционного портфеля в условиях выбранной стратегии диверсификации.

Определение 1. Стратегией диверсификации называется выбор величины инвестиционного фонда, подлежащей диверсификации и распределения этой величины по отраслям.

Стратегия диверсификации зависит от отношения агента (банка) к риску. Как известно, существуют три типа отношений к риску [1, 4].

1. Агент нейтрален к риску, то есть его функция полезности линейна по ожидаемому доходу.
2. Агент не склонен к риску, то есть его функция полезности является вогнутой функцией ожидаемого дохода
3. Агент склонен к риску, то есть его функция полезности является выпуклой функцией ожидаемого дохода.

Рассмотрим задачу формирования диверсифицированного портфеля.

Имеются m_i возможных проектов инвестирования в i -ю отрасль $i = \overline{1, m}$.

Каждый проект i -ой отрасли характеризуется затратами C_{ij} и величиной ожидаемого дохода α_{ij} , $j = \overline{1, m}$, $i = \overline{1, m}$. Задана величина инвестиционного фонда R и доля фонда R_g , распределяемая в соответствии с стратегией диверсификации. Примем, что величина R_g распределяется по отраслям прямо пропорционально весам $\{\beta_i\}$ ($\sum_i \beta_i = 1$), определяемыми в результате максимизации функции полезности (например, $\{\beta_i\}$ может быть прямо пропорциональны τ_i).

Обозначим $x_{ij} = 1$, если j -ый проект i -ой отрасли входит в портфель; $x_{ij} = 0$, в противном случае. Тогда возникает следующая задача: определить $x = \{x_{ij}\}$, $i = \overline{1, m}$, $j = \overline{1, m_i}$ такие, что

$$(1) \quad A(x) = \sum_{ij} a_{ij} x_{ij} \rightarrow \max$$

при ограничениях

$$(2) \quad \sum_{ij} x_{ij} c_{ij} \leq R,$$

$$(3) \quad \sum_j x_{ij} c_{ij} \geq \beta_i R_g, \quad i = \overline{1, m_i}.$$

Задачу будем решать в два этапа. На первом этапе решаются m независимых задач: максимизировать

$$(4) \quad A_{ji}(x_{ij}) = \sum_j x_{ij} \alpha_{ij};$$

при ограничении

$$(5) \quad \beta_i R_g \leq \sum_j x_{ij} c_{ij} \leq R.$$

Обозначим $B_i(Q_i)$ – максимальную величину (4) в зависимости от параметра Q_i

$$(6) \quad \beta_i R_g \leq Q_i \leq R$$

На втором этапе решается задача максимизации

$$(7) \quad B(Q) = \sum_i B_i(Q) \rightarrow \max$$

При ограничениях (6) и

$$(8) \quad \sum_i Q_i \leq R.$$

Задачи первого этапа и задачи второго этапа решаются на основе метода дихотомического программирования [2, 3].

Таким образом, рассмотрена задача формирования диверсифицированного портфеля с учетом отраслевых рисков. В том случае, когда задана величина инвестиционного фонда R и доля фонда R_g , распределяемая в соответствии с стратегией диверсификации задача, показано, что задача описывается выражениями (1) – (3) и ее решение осуществляется в два этапа, на каждом из которых применяется метод дихотомического программирования.

Литература

1. АВСИДКО М.Н. *Кредитный портфель банки и оценка его качества* // Минск: Дикта: Лешанта, 2012. – 160 с.
2. БАРКАЛОВ С.А., БУРКОВА И.В., КУРОЧКА П.Н. *Модели и механизмы управления недвижимостью* // М.: Уланов-пресс, 2007. – 309 с.
3. БУРКОВ В.Н., БУРКОВА И.В. *Задачи дихотомической оптимизации* // М.: Радио и связь. – 2003. – 156 с.
4. ЗИЛЬБЕРОВ Р.Д., КУРОЧКА П.Н. *Модель формирования инновационной политики строительного предприятия* // Экономика и менеджмент систем управления. 2014. Т. 13. №3.1. – с. 128 – 134.
5. КЕНДАЛЛ И., РОЛЛИНЗ К. *Современные методы управления портфелями проектов и офис управления проектами: максимизация ROI* // М.: ПМСОФТ, 2004. – 576 с.

ФОРМИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПРОГРАММЫ ПРЕДПРИЯТИЯ С УЧЕТОМ СИНЕРГЕТИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА

Баркалов С.А., Зенищева Г.В.

(Воронежский государственный технический университет)
vlab17@bk.ru

Приведены модели и алгоритмы решения задач определения последовательности выполнения проектов, минимизирующих упущенную выгоду с учетом эффектов от взаимозависимости проектов, то есть синергетического эффекта их совместной реализации. В качестве критерия принималась минимизация упущенной выгоды, то есть чем в более позднем периоде выполняется проект, тем больше упущенная выгода. Для решения поставленной задачи предлагается использовать метод дихотомического программирования.

Ключевые слова: упущенная выгода, синергетический эффект, граф взаимозависимостей, нижние оценки, метод дихотомического программирования.

Рассматривается задача определения последовательности выполнения проектов, минимизирующей упущенную выгоду с учетом эффектов от взаимозависимости проектов.

Имеются n проектов. Каждый проект характеризуется эффектом a_i от его реализации и временем τ_i его реализации. Если выполнить два проекта i и j , то возникает дополнительный (синергетический) эффект b_{ij} . Для описания взаимозависимости проектов определим граф взаимозависимостей G , вершины которого соответствуют проектам, а дуги отражают наличие дополнительного эффекта при реализации обоих проектов. Проекты выполняются последовательно. Если t_i – момент окончания проекта i , t_j – момент окончания проекта j , то дополнительный эффект возникает в момент $t = \max(t_i, t_j)$. Чем позже реализован проект, тем больше упущенная выгода от его реализации.

Пусть $\pi = (i_1, i_2, \dots, i_n)$ некоторая последовательность реализации проектов. Тогда упущенную выгоду можно записать в виде

$$(1) \quad F(\pi) = \sum_k a_{ik}(t_{ik}) + \sum_{(i_k, i_j) \in G} b_{i_k i_j} \max(t_{i_k}, t_{i_j})$$

где $t_{ik} = \sum_{j=1}^k \tau_{ij}$, $k = \overline{1, n}$.

Если эффекта взаимозависимости нет (все $b_{ij} = 0$), то получаем классическую задачу максимизации упущенной выгоды. Ее решение состоит в упорядочении проектов по убыванию величины

$$(2) \quad q_i = \frac{a_i}{\tau_i}, \quad i = \overline{1, n}.$$

Учет синергетического эффекта делает задачу существенно более сложной.

Рассмотрим возможность получение нижних оценок. Для этой цели представим

$$(3) \quad b_{ij} = u_{ij} + v_{ij}, \quad (i, j) \in G.$$

Имеет место неравенство

$$(4) \quad u_{ij}t_i + v_{ij}t_j \leq b_{ij} \cdot \max(t_i, t_j).$$

Действительно

$$u_{ij}t_i + v_{ij}t_j \leq u_{ij} \max(t_i, t_j) + v_{ij} \max(t_i, t_j) = b_{ij} \max(t_i, t_j).$$

Подставляя в (1), получаем

$$(5) \quad \tilde{F}(\pi) = \sum_k \left(a_{ik} + \sum_{(i_k, i_j) \in U} u_{i_k i_j} + \sum_{(i_j, i_k) \in U} v_{i_j i_k} \right) \cdot t_{i_k}.$$

Обозначим

$$(6) \quad b_i(u, v) = a_i + \sum_{(i, j) \in U} u_{ij} + \sum_{(j, i) \in U} v_{ji}$$

где U – множество дуг графа G . Получаем оценочную задачу: определить последовательность π такую, что

$$(7) \quad \tilde{F}(\pi) = \sum_k b_{i_k}(u, v) \cdot t_{i_k} \rightarrow \min.$$

Ее решение известно – необходимо упорядочить проекты по убыванию

$$(8) \quad p_i = \frac{b_i(u, v)}{\tau_i}, \quad i = \overline{1, n}.$$

Для описания взаимозависимости проектов используется граф взаимозависимостей G и способ решения рассматриваемой задачи будет во многом зависеть от свойств этого графа.

Рассмотрим случай произвольного графа взаимосвязей. Для решения задачи в этом случае рассмотрим приближенный алгоритм, в основе которого лежит метод локальной оптимизации для решения обобщенной двойственной задачи:

1 шаг. Задаем начальные значения u^1, v^1 переменных обобщенной двойственной задачи.

2 шаг. Определяем $b_i(u^1, v^1), p_i(u^1, v^1)$, оптимальную последовательность проектов π_1 и оценку снизу упущенной выгоды $w(u, v)$.

3 шаг. Для полученного решения определяем реальную величину упущенной выгоды $F(\pi_1)$. Если погрешность $\Delta_1 = F(\pi_1) - W(u, v)$ в пределах допустимой, алгоритм закончен.

Таким образом, рассмотрена задача определения последовательности выполнения проектов, минимизирующей упущенную выгоду с учетом эффектов от взаимозависимости проектов, то есть синергетического эффекта. Для описания взаимозависимости проектов используется граф взаимозависимостей G и способ решения рассматриваемой задачи будет во многом зависеть от свойств этого графа.

Литература

1. БАРКАЛОВ С.А., КУРОЧКА П.Н., МАИЛЯН Л.Р., СУРОВЦЕВ И.С. *Модели и методы управления проектами при организационно-технологическом проектировании строительства* // Воронеж. 2013. – 440 с.
2. БУРКОВ В.Н., БУРКОВА И.В. *Задачи дихотомической оптимизации* // М.: Радио и связь. – 2003. – 156 с.
3. ДАВНИС В.В., ХЛЕБНИКОВА Е.А. *Портфель ценных бумаг с оптимальной предикторной структурой* // Научно-технические ведомости СПбГПУ, № 6-3(48), 2006. – 154 – 158 с.
4. КУРОЧКА П.Н., ЕФРЕМОВ М.А., ДУДИН А.М. *Модель выбора альтернативных вариантов управления недвижимостью в условиях риска* // Вестник Воронежского института высоких технологий, № 2, 2007. – с. 15.
5. НЕДОСЕКИН А.О. *Нечетко-множественный анализ риска фондовых инвестиций* // СПб. 2002. – 181 с.

МОДЕЛИ И МЕТОДЫ КАЛЕНДАРНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ СЕРТИФИКАЦИОННЫХ СЕССИЙ В УПРАВЛЕНИИ ПРОЕКТАМИ

Васильчук А.Б.

(НП «Ассоциация «СОВНЕТ», г. Москва)

vaandrei@sovnet.ru

В данной статье рассмотрены проблемы, возникающие при организации и проведении сертификационного процесса в НП «Ассоциация «СОВНЕТ». Проанализированы характерные особенности организации и проведения сертификационного процесса. Выявлены основные проблемы формирования календарного плана. На основе применения методов и средств календарного планирования, автором предложены возможные модели и способы решения вопросов календарного планирования при проведении сертификационных сессий.

Ключевые слова: модели календарного планирования, сертификационный процесс, задачи назначения.

1. Введение

НП «Ассоциация управления проектами «СОВНЕТ» основана в 1990 г., как профессиональная некоммерческая организация, действующая на основе Российского законодательства.

Основными направлениями текущей деятельности НП «Ассоциация «СОВНЕТ» являются:

- Международная сертификация специалистов по управлению проектами по системе 4-L-C IPMA-СОВНЕТ;
- Международная сертификация организаций по модели IPMA Delta;
- Сертификация консультантов по управлению проектами по программе IPMA-СОВНЕТ;
- Обучение, семинары и мастер-классы для специалистов проектного управления;
- Членство в СОВНЕТ;
- Аккредитация учебных программ;

- Организация и проведение национального конкурса «Лучший проект года»;
- Развитие деятельности молодежной ассоциации «YOUNG CREW СОВНЕТ».

Важной составляющей деятельности НП «Ассоциация «СОВНЕТ» является сертификация специалистов по управлению проектами, о ней поговорим более подробно в последующих разделах статьи.

2. Описание сертификационного процесса

Процесс сертификации состоит из нескольких этапов, на каждом из которых осуществляется оценка кандидата. Порядок проведения оценки на каждом этапе определен в зависимости от уровня компетентности А, В, С и D.

Порядок проведения оценки, объем решаемых задач, привлекаемые специалисты на каждом этапе определен в зависимости от уровня компетентности А, В, С и D, на который оценивается кандидат.

Одной из главных задач, требующих особого внимания, является составление расписания сертификационных сессий для составления, которого учитывается:

- возможность участия ассессоров в данные даты проведения сертификации;
- обязательность участия всех действующих ассессоров в течение определенного временного периода в сертификационной сессии при условии минимального количества оцененных кандидатов;
- наличие 1-го из 2-х ассессоров имеющего опыт работы в сфере деятельности (отрасли), которую представляет кандидат на сертификацию;
- соответствие назначаемых ассессоров уровню кандидатов, участвующих в сертификации;
- наличие свободной аудитории для проведения сертификации;
- наличие экзаменатора установленной категории для данного уровня участников сертификационной сессии.

3. Модели календарного планирования

Рассмотрим ряд моделей календарного планирования и процесса сертификаций. Примем, что имеется база (список) из n ассессоров, имеющих право проводить сертификацию и m претендентов на получение сертификата.

Модель 1. Определены даты сертификации и удобные дни претендентов. Известны какие возможности ассессоров участвовать в сертификации в те или иные даты. Задача состоит в назначении ассессоров на сертификационные сессии (по два ассессора на каждую сессию) так, чтобы все сессии были обеспечены ассессорами. Для формальной постановки задачи определим двудольный граф, состоящий из $n+m$ вершин (n вершин первого слоя, соответствующих ассессорам и m вершин второго слоя, соответствующих сертификационным сессиям).

Каждую вершину i первого слоя соединим с вершиной j второго слоя другой пропускной способностью 1, если ассессор i может участвовать в сессии j .

Обозначим A_i максимальное число сессий, в которых согласен участвовать ассессор i , $B_j = 2$ число ассессоров, необходимых для проведения сессии j , $X_{ij} = 1$, если ассессор i участвует в сессии j , $X_{ij} = 0$, в противном случае.

Задача 1. Определить X_{ij} , $i = \overline{1, n}$, $j = \overline{1, m}$.

$$(1) \quad \varphi(x) = \sum_{(i,j) \in U} X_{ij}$$

при ограничении

$$(2) \quad \sum_{j \in U_{i^+}} X_{ij} \leq A_i, \quad i = \overline{1, n}$$

$$(3) \quad \sum_{i \in U_{j^-}} X_{ij} = 2, \quad j = \overline{1, m}$$

где U множество дуг графа, U_{i^+} – множество дуг, исходящих из вершины i первого слоя, U_{j^-} – множество дуг, заходящих в вершину j второго слоя.

Задача относится к классу транспортных задач (точнее к задачам о назначении), для которых существуют эффективные методы решения. [1]

Пусть X_0 – оптимальное решение задачи.

Теорема 1. Если $\varphi(X_0) = 2m$, то существует расписание сессий, при котором все сессии обеспечены ассессорами.

Доказательство очевидно, поскольку каждому решению задачи соответствует некоторое расписание работы ассессоров.

Пример 1. Имеются 5 сессий и 4 ассессора. В таблице 1 указаны возможности ассессоров участвовать в сессиях.

Таблица 1 Возможности ассессоров участвовать в сессиях

$i \backslash j$	1	2	3	4	5
1	1	1	1		
2	1		1	1	
3		1		1	1
4			1	1	1

Соответствующий двудольный граф приведен на рис.1

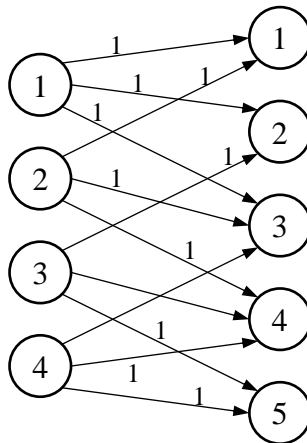


Рис. 1. Двудольный граф

Примем $A_i = 3, i = \overline{1,4}$

Одно из решений приведено на рис. 1 (числа у дуг соответствует назначениям ассессоров на сессии).

Если не удастся обеспечить все сессии ассессорами, то проводим опрос ассессоров по их возможностям участвовать в той или иной сессии за дополнительную плату. Обозначим C_{ij} дополнительную оплату ассессору i , если он согласен участвовать в сессии j , $i = \overline{1, n}$, $j = \overline{1, m}$.

Задача заключается в назначении ассессоров на сертификационные сессии с минимальными дополнительными затратами. Задача является частным случаем транспортной задачи [1]. Дадим ее математическую постановку.

Задача 2. Определить X_{ij} , $j = \overline{1, m}$, $i = \overline{1, n}$ такие, что

$$(4) \sum_{i,j} C_{ij} X_{ij} \rightarrow \min$$

при ограничениях

$$(5) \sum_i X_{ij} = 2, \quad j = \overline{1, m},$$

$$(6) \sum_j X_{ij} \leq A_i, \quad i = \overline{1, n}.$$

Алгоритмы решения транспортной задачи хорошо известны. [1]

Литература

1. БУРКОВ В.Н., ЗАЛОЖНЕВ А.Ю., НОВИКОВ Д.А. *Теория графов в управлении организационными системами.*, Серия «Управление организационными системами». – М.: СИНТЕГ. – 2001. – 124 с.
2. АНДРЕЕВ А.А. *Основы профессиональных знаний, Национальные требования к компетентности специалистов.* / Авторский коллектив: Андреев А.А., В.Н. Бурков, В.И. Воропаев, В.Р. Дорожкин, М.Ф. Дубовик, Е.В. Карлинская, Д.Г. Максн, Л.В. Миронина, В.С. Палагин, А.В. Полковников, Г.И. Секлетова, Б.П. Титаренко А.С. Товб, Ю.Ю. Трубицин, Г.Л. Ципес. Под научной редакцией В.И. Воропаева *Основы профессиональных знаний, Национальные требования к компетентности специалистов.* – М.: ЗАО «Проектная ПРАКТИКА». – 2014. – 259 с.

МОДЕЛЬ КОМПЕТЕНЦИЙ УЧАСТНИКОВ КОМАНДЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТОМ В РЕШЕНИИ ЗАДАЧИ СОГЛАСОВАНИЯ ИНТЕРЕСОВ

Калинина Н.Ю.

(Воронежский государственный технический университет)

kalinina@vgasu.vrn.ru

Решается задача согласования интересов для двух участников команды управления проектом в условиях полной их информированности.

Ключевые слова: управление проектами, команда, компетенции, механизм компромисса.

В проектно-ориентированных организациях задача согласования интересов членов команды управления осложняется тем, что один и тот же исполнитель оказывается одновременно подчинен нескольким руководителям. При этом важным условием эффективной работы команды управления, является наличие у ее членов компетенций, необходимых для выполнения профессиональных задач и осуществления согласованной, скоординированной деятельности.

В данной работе для двух участников команды управления проектом – Главного инженера проекта и Менеджера по снабжению и закупкам, в подчинении у которых, находится Специалист по закупкам, решалась задача согласования интересов. Используемый механизм компромисса [0] для команды управления позволяет учитывать различия в уровне компетенций центров и предпочтения исполнителей (агентов).

Действие Специалиста по закупкам, приносящее доход, как Главному инженеру проекта, так и Менеджеру по снабжению и закупкам – процент экономии от сметной стоимости материалов. Затраты Специалиста определялись как оплата по тарифу в соответствии с плановым сроком выполнения закупок. Исходными данными для определения целевых функций участников рассматриваемой системы являются компетенции и процент экономии от сметной стоимости материалов.

Методом экспертных оценок разработаны модели компетенций участников системы, представляющие эталон профессионально-деловых качеств. Комплексные оценки компетенций участников системы определялись методом «сравнения профилей» [0], основанном на определении коэффициента ранговой корреляции Спирмена. Наилучшим считается кандидат с наибольшей корреляцией ранговых номеров кандидата и работы, задаваемой моделью компетенций. Получены оценки компетенций: для главного инженера проекта – $C_1 = 0,7165$; менеджера по снабжению и закупкам – $C_2 = 0,7706$; специалиста по закупкам – $r = 0,7217$.

Функция затрат Специалиста по закупкам моделируется зависимостью вида

$$c(y, r) = a + b \cdot \frac{y^2}{r},$$

где y – экономия от сметной стоимости материалов, %; r – компетенция Специалиста по закупкам ($r = 0,7217$); a – свободный член; b – коэффициент регрессии. Вид функции выбран на основании предположений, что она должна быть непрерывна по всем переменным; большие действия требуют больших затрат; с ростом компетенции Специалиста затраты убывают. Параметры a и b линейного уравнения парной регрессии находятся методом наименьших квадратов (МНК) [0]. Полученная зависимость имеет вид:

$$(1) \quad \hat{c}(y, r) = 13064,95 + 107,27 \cdot \frac{y^2}{r}.$$

Доходы Главного инженера проекта и Менеджера по снабжению и закупкам напрямую зависят от уровня компетенций (более компетентные специалисты могут управлять «более эффективно»), а также от экономии средств, получаемой в виде премии. Такое предположение позволяет использовать для аппроксимации функций доходов Главного инженера проекта и Менеджера по снабжению и закупкам зависимости вида $H_1(y, C_1) = a_1 + b_1 C_1 y$ и $H_2(y, C_2) = a_2 + b_2 C_2 y$, где y – экономия от сметной стоимости материалов (%); H_1 и H_2 – совокупный месячный доход (руб.), а C_1 и C_2 – компетенции Главного инженера проекта и Менеджера по снабжению и закупкам соответственно. Зависимости, полученные МНК, имеют вид:

$$(2) \quad H_1(y, C_1) = 43672,1968 + 3526,9434 \times C_1 y$$

$$(3) \quad H_2(y, C_2) = 13637,29 + 3240,0269 \times C_2 y$$

В соответствии с [0] полезности Главного инженера проекта и Менеджера по снабжению и закупкам от «самостоятельного» взаимодействия со Специалистом по закупкам, равны:

$$(4) \quad W_1 = \max_{y \in A} \left[43672,1968 + 3526,9434 \cdot 0,7165y - (13064,95 + 107,27 \cdot \frac{1}{0,7217} \cdot y^2) \right],$$

$$(5) \quad W_2 = \max_{y \in A} \left[13637,29 + 3240,0269 \cdot 0,7706 \cdot y - (13064,95 + 107,27 \cdot \frac{1}{0,7217} \cdot y^2) \right].$$

При допустимых значениях процента экономии от сметной стоимости материалов в диапазоне $A = [5; 20]$ получены значения $W_1 = 42942,07$ и $W_2 = 9702,71$. Максимум суммарного выигрыша рассматриваемой системы в соответствии с [0] составил:

$$(6) \quad W_0 = \max_{y \in A} \left[(43672,1968 + 3526,9434 \cdot 0,7165 \cdot y) + (13637,29 + 3240,0269 \cdot 0,7706 \cdot y) - (13064,95 + 107,27 \cdot \frac{1}{0,7217} \cdot y^2) \right] = 86934,39$$

а оптимальный план – $x^* = 16,89$.

Так как выполняется условие $W_0 \geq W_1 + W_2$, следовательно, область компромисса не пуста и имеет место режим сотрудничества членов команды управления проектом [0]. Эффективность взаимодействия определяется как:

$$\Delta = 86934,3 - (42942,07 + 9702,71) = 4289,61.$$

Область компромисса в данном случае задается системой неравенств:

$$(7) \quad \begin{cases} \lambda_1 \leq H_1(x^*, C_1) - W_1 \\ \lambda_2 \leq H_2(x^*, C_2) - W_2, \\ \lambda_1 + \lambda_2 = c(x^*, r) \end{cases}$$

которая при определенных выше значениях $C_1, C_2, r, x^*, W_1, W_2$ имеет решение: $\lambda_1 \in [9130,37; 46624,43]$ и $\lambda_2 \in [9130,37; 46624,43]$. Для выбора точки внутри области компромисса был реализован механизм равных рентабельностей [0]:

$$(8) \quad \begin{cases} \frac{H_1(x^*, C_1) - \lambda_1}{\lambda_1} = \frac{H_2(x^*, C_2) - \lambda_2}{\lambda_2}, \\ \lambda_1 + \lambda_2 = c(x^*, r) \end{cases}$$

которому соответствуют значения $\lambda_1 = 34\,997,48$; $\lambda_2 = 20\,757,32$.

Литература

1. БАРКАЛОВ С.А., ДАВЫДОВА Т.Е., КАЛИНИНА Н.Ю., КУРНОСОВ В.Б. *Компетентностный подход в управлении персоналом: оценка, обучение*. – Воронеж: Научная книга. – 2010 г. – 184 с.
2. БАРКАЛОВ С.А., КАЛИНИНА Н.Ю., НОВИКОВ Д.А. *Механизмы компромисса в моделях функционирования команд управления объектами* // Вестник Воронежского государственного технического университета. Воронеж: ВГТУ. – 2008 г. – Т. 4. – № 7. – С.47-50.
3. НОВИКОВ Д.А. *Теория управления организационными системами*. – М.: Физматлит, 2007. – 584 с.
4. НОВИКОВ Д.А., ЦВЕТКОВ А.В. *Механизмы функционирования организационных систем с распределенным контролем*. – М.: ИПУ РАН. – 2001. – 118 с.
5. *Системный анализ и его приложения: учеб. пособие* / под ред. В.Н. БУРКОВА. – Воронеж: Научная книга. – 2008. – 439 с.

ЗАДАЧА ФОРМИРОВАНИЯ ПОРТФЕЛЕЙ БИЗНЕСОБРАЗУЮЩИХ ПРОЕКТОВ

Кашенков А.Р.¹, Моисеева Ю.В.²

(1 – Вологодский государственный университет,

2 – ЗАО ПМСОФТ, Москва)

alex27k@mail.ru, alex@pmconsult.ru

Рассматривается задача формирования портфеля бизнесобразующих проектов, то есть проектов, реализация которых позволяет развить целый ряд других бизнесов (сопутствующих бизнесов). Получены необходимые и достаточные условия существования сетевого представления задач со структурой дихотомического дерева. Описан алгоритм решения задачи, основанный на методе сетевого (дихотомического) программирования.

Ключевые слова: цена преступления, функция совокупного спроса, функция совокупного предложения, комплексная оценка.

1. Введение

Задаче формирования портфеля посвящено значительная число работ [1, 2 и др.]. Среди них можно видеть задачи формирования портфеля взаимозависимых проектов [3]. В статье рассматривается особый вид взаимозависимости – так называемые бизнесобразующие проекты. Это проекты, реализация которых позволяет развивать целый ряд сопутствующих бизнесов. Так, например, проект по обучению персонала методам управления проектами позволяет повышать эффект от бизнесов компании. Строительство электростанции позволяет создать целый ряд бизнесов и т.д. В статье дается постановка задачи формирования портфеля бизнесобразующих проектов и дается алгоритм решения на основе метода сетевого программирования [4].

2. Постановка задачи

Имеются m бизнесобразующих проектов (БО-проектов). Каждый такой проект позволяет реализовать n_i сопутствующих бизнес-

проектов. Обозначим $\overline{\alpha}_i$ – эффект от реализации i -го бизнесобразующего проекта $i = \overline{1, m}$, $\overline{\alpha}_{ij}$ – эффект от реализации j -го сопутствующего проекта, $j = \overline{1, n_i}$ в случае если i -й бизнесобразующий проект реализован, $\overline{\delta}_{ij}$ – эффект от реализации j -го сопутствующего проекта, если i -й БО-проект не реализован, c_i – затраты на реализацию i -го БО-проекта, c_{ij} – затраты на реализацию j -го проекта, сопутствующего для i -го бизнесобразующего проекта $j = \overline{1, n_i}$. Обозначим $x_i = 1$, если i -ый БО-проект включен в состав портфеля, $x_i = 0$, в противном случае; $x_{ij} = 1$, если j -ый проект, сопутствующий i -му БО-проект включен в состав портфеля, $x_{ij} = 0$, в противном случае.

Постановка задачи. Определить $x_i, i = \overline{1, m}$ и $x_{ij}, i = \overline{1, m}, j = \overline{1, n_i}$ такие, что

$$(1) \quad A(x) = \sum_{i=1}^n \overline{\alpha}_i x_i + \sum_{i,j} \overline{\alpha}_{ij} x_i x_j \rightarrow \max$$

при ограничении

$$(2) \quad \sum_{i=1}^n c_{ij} x_i + \sum_{i,j} c_{ij} x_{ij} \leq R,$$

где R – величина инвестиционного фонда.

3. Алгоритм решения

Покажем тот факт, что существует сетевое представление задачи со структурой сетевого представления типа дихотомического дерева. Чтобы показать это рассмотрим общую задачу формирования портфеля взаимозависимых проектов [3]. Имеется n проектов. Задана матрица, элементы α_{ij} которой определяют эффект (можно сказать, синергетический эффект), если реализуется и проект i , и проект j . Задача заключается в определении $x = \{x_i\}, i = \overline{1, n}$ таких, что

$$(3) \quad A(x) = \sum_{i,j} \alpha_{ij} x_i x_j \rightarrow \max$$

при ограничении

$$(4) \quad \sum c_i x_i \leq R.$$

Нетрудно показать, что задача (1)-(2) является частным случаем задачи (3)-(4).

Определим граф взаимосвязей проектов. Он состоит из n вершин (по числу проектов). Две вершины i и j соединены ребром (i, j) если $a_{ij} > 0$.

Дадим определение особого вида графа взаимосвязей – «кустарник». Рассмотрим граф, рис. 1. Фактически этот граф отражает ситуацию с несколькими БО-проектами, каждый из которых имеет несколько сопутствующих проектов. Как известно граф, состоящий из нескольких деревьев, называется лесом. В нашем случае мы имеем дело не с деревьями, а скорее с «кустами». Поэтому естественно назвать граф, состоящий из нескольких «кустов», кустарником.

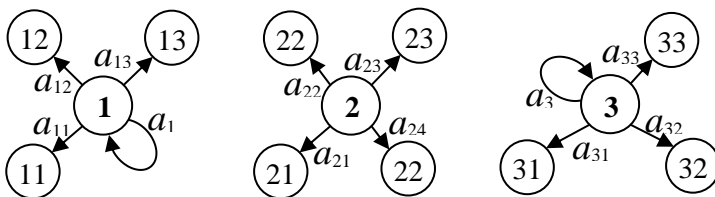


Рис. 1.

Зададим вопрос, в каких случаях задача (3) (4) допускает сетевое представление с структурой дихотомического дерева. Ответ на этот вопрос дает следующая теорема.

Теорема. Для того чтобы задача (3)-(4) допускала сетевое представление дихотомического дерева при любых $a_{ij} \neq 0$ необходимо и достаточно чтобы граф взаимосвязей проектов был кустарником.

Доказательство. Достаточность очевидна. Действительно «кустарник» допускает сетевое представление со структурой дихотомического дерева. Такое представление для одного куста приведено на рис.2.

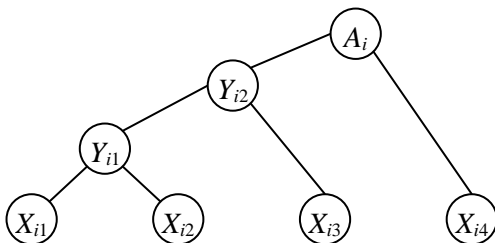


Рис. 2.

$$y_{i1} = a_{i1}x_{i1} + a_{i2}x_{i2}$$

$$y_{i2} = y_{i1} + a_{i3}x_{i3}$$

$$A = (y_{i2} + a_i)x_i$$

Необходимость. Пусть граф взаимосвязей – не кустарник, т.е. в нем всегда найдется цепь длины 3. Но такая цепь не может быть реализована при произвольных $a_{ij} \neq 0$ структурой дихотомического дерева, что легко проверить.

Замечание. Если в кустарнике имеется куст i с «одной веткой» то в этом случае соответствующий проект $(i, 1)$ может иметь и независимый бизнес, то есть $\delta_{i1} > 0$.

4. Алгоритм решения задачи

Поскольку сетевое представление имеет структуру дихотомического дерева, то применяем метод дихотомического программирования.

1 шаг. Решаем для каждого куста i задачу определения x_{ij} , $j = \overline{1, n_i}$, $i = \overline{1, m}$ таких, что

$$A_i(x_i) = \sum_j \alpha_{ij} x_{ij} \rightarrow \max$$

при ограничении

$$\sum_j c_{ij} x_{ij} \leq R_i - c_i,$$

где R_i – параметр.

Задачу решаем методом дихотомического программирования. В результате получаем зависимость максимального эффекта от затрат на проекты i -го куста $A_i(R_i)$, $i = \overline{1, n}$.

2 шаг. Применяем метод дихотомического программирования, объединяя направления попарно.

Литература

1. КЕНДАЛЛ Н., РОЛЛИНЗ К. *Современные методы управления портфелями проектов и офис управления проектами: Максимизация ROT*: пер. с англ. – М.: ПМСОФТ, 2004. – 576 с.
2. МАТВЕЕВ А.А. НОВИКОВ Д.А., ЦВЕТКОВ А.В. *Модели и методы управления портфелями проектов.* – М.: ПМСОФТ. – 2005. – 206 с.

3. ЗУБАРЕВ В.В. *Задача выбора оптимального портфеля взаимозависимых проектов с ограничением по времени.* // Вестник Воронежского государственного технического университета Т.4, № 10, 2008.
4. БУРКОВА И.В. *Методы сетевого программирования в задачах нелинейной оптимизации.* // Автоматика и телемеханика. – 2009. – № 9.

ЭФФЕКТИВНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ГРУППОВЫХ РАБОТ В ПОДХОДЕ ТЕОРИИ ЛАТЕНТНЫХ ПЕРЕМЕННЫХ

Кобелев В.С., Моисеев С.И.

(Воронежский Государственный Технический Университет)

mail@moiseevs.ru

В работе рассмотрены модели организации групповых работ, основанные на модели Раша оценки латентных переменных. Рассмотрены случаи формирования трудовых коллективов, индивидуального и группового выполнения работ проекта.

Ключевые слова: менеджмент труда, групповые работы, латентные переменные, модель Раша.

Одной из актуальных задач в области менеджмента и организации труда является задача оптимальной организации выполнения работ группой исполнителей. В данной работе предлагается оригинальный подход решения этой проблемы, основанный на модели Раша оценки латентных переменных [5]. В основе модели Раша лежит логистическая функция, позволяющая найти вероятность p_{ij} того, что будет положительная оценка j -м субъектом i -го объекта, если субъекты и объекты оцениваются латентными переменными β и θ :

$$(1) \quad p_{ij} = \frac{e^{\theta_i - \beta_j}}{1 + e^{\theta_i - \beta_j}}.$$

Согласно [2, 3], параметры θ_i и β_j модели (1) можно выбирать так, чтобы сумма квадратов отклонений эмпирических данных x_{ij} , имеющих смысл оценок субъектами объектов, от теоретических вероятностей p_{ij} была наименьшей:

$$(2) \quad S(\theta_i, \beta_j) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (x_{ij} - p_{ij})^2 = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \left(x_{ij} - \frac{e^{\theta_i - \beta_j}}{1 + e^{\theta_i - \beta_j}} \right)^2 \rightarrow \min.$$

Рассматривается некоторый комплекс работ (проект), который должна выполнить группа исполнителей. Обычно, проект содержит несколько работ, каждую работу может выполнить как один, так и

несколько исполнителей. Рассмотрим три модели организации выполнения групповых заданий.

Модель формирования рабочих коллективов. Пусть число работ в проекте m , а число исполнителей в группе n .

На первом этапе выполняется опрос или тестирование, позволяющее предварительно оценить, может ли исполнитель выполнить каждое задание. В результате получаем матрицу:

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если } i\text{-й исполнитель может выполнить работу } j; \\ 0, & \text{если } i\text{-й исполнитель не может выполнить работу } j. \end{cases}$$

Данная матрица обрабатывается методами Раш-анализа оценки латентных переменных. В результате получаем оценки параметров θ_i – уровень возможностей i -ого исполнителя, и β_j – трудность j -ого задания. На основании полученных оценок можно найти вероятность p_{ij} качественного выполнения i -м тестируемым j -й работы, которое определяется логистической функцией (1).

Эти оценки уже можно использовать для выявления сильных и слабых исполнителей и сложных и легких работ. Вероятности (1) показывают оценки возможностей исполнителей в выполнении конкретных работ, но не всего задания в целом, кроме этого нет оценки такого итогового показателя, как вероятность выполнения задания всей группой.

В основе первой модели, позволяющей разделить группу участников на подгруппы с разной ответственностью и ролями, лежит модель, основанная на теории парных матричных игр [1].

Согласно модели, группа исполнителей играет роль игрока А, выигрыш которого (способность выполнить весь проект) максимизируется. В качестве платежной матрицы игры выступает матрица вероятностей p_{ij} (1). Одним из общих методов решения игровых задач, является приведение модели к задаче линейного программирования. Вводим некоторые переменные x_i , $i=1,2,\dots,n$, для которых составляется целевая функция и ограничения вида:

$$(3) \quad \sum_{i=1}^n x_i \rightarrow \min; \quad \sum_{i=1}^n p_{ij} x_i \geq 1, \quad j = 1, 2, \dots, m; \quad x_i \geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, n.$$

Из решения (3) находим оптимальные значения переменных x_i^* , на основании которых определяем цену игры:

$$v = \left(\sum_{i=1}^n x_i^* \right)^{-1}$$

и вероятности стратегий в смешанной: $P_i = vx_i^*$. Данные вероятности можно интерпретировать как оптимальные доли участия исполнителей в общем задании или, по-другому, как степень доверия участнику, его надежность. Цена игры v имеет смысл вероятности всей группе выполнить все задание целиком.

Модель индивидуального назначения исполнителей на работы, а именно, индивидуальное выполнение работ группового задания, каждую работу выполняет только один исполнитель и наоборот, каждый исполнитель выполняет только одну работу.

Из постановки задачи очевидно, что имеем типичную задачу о назначениях [4]. На первом этапе получают Раш-оценки как в предыдущем случае. В качестве матрицы выигрышей с максимальной стоимостью будем использовать матрицу вероятностей (1), но она должна быть квадратной. Обозначим за y_{ij} матрицу назначений, которая определяется как:

$$y_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если } i - \text{й исполнитель будет выполнять задание } j; \\ 0, & \text{если } i - \text{й исполнитель не будет выполнять задание } j. \end{cases}$$

Тогда, математическая модель задачи будет иметь вид:

$$(4) \quad \begin{aligned} & \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n p_{ij} y_{ij} \rightarrow \max; \\ & \sum_{i=1}^n y_{ij} = 1, \sum_{j=1}^n y_{ij} = 1, i = \overline{1, n}; j = \overline{1, n}; y_{ij} \geq 0, y_{ij} - \text{целое.} \end{aligned}$$

Решение поставленной задачи будет давать оптимальное распределение исполнителей по работам группового задания. Оценка вероятности выполнения всего группового задания равна среднему из вероятностей выполнения всех работ.

Модель совместного выполнения работ группового задания. Рассмотрим теперь ситуацию, когда каждый участник может выполнять каждую из работ (в той или иной доле) и каждую работу делают все исполнители (также в определенной доле). Эти доли можно рассчитать, используя подход решения транспортной задачи [1, 4], но с максимизацией результата. Матрица y_{ij} не будет дискретной и ее значения будут иметь смысл доли участника i в работе с номером j . За

исходные данные вновь берем матрицу вероятностей (1), полученную в результате решения (2). Математическая модель задачи для числа участников равного числу работ будет аналогична (4), но без условия целочисленности u_{ij} .

Литература

1. БАРКАЛОВ С.А., МОИСЕЕВ С.И., ПОРЯДИНА В.Л. *Математические методы и модели в управлении и их реализация в MS Excel* / Воронежский ГАСУ. – Воронеж, 2015.- 265 с.
2. БАРКАЛОВ С.А., МОИСЕЕВ С.И., СОЛОВЬЕВА Е.В. *Применение метода наименьших квадратов при оценке латентных переменных методом Раша* / Научный вестник Воронежского ГАСУ, сер. «Управление строительством», выпуск № 1 (6), Воронеж, 2014, С. 98-100
3. МОИСЕЕВ С.И. *Модель Раша оценки латентных переменных, основанная на методе наименьших квадратов* / Экономика и менеджмент систем управления. Научно-практический журнал. № 2.1 (16), 2015.- С. 166-172
4. МОИСЕЕВ С.И., ОБУХОВСКИЙ А.В. *Математические методы и модели в экономике*. Воронеж: АОНО ВПО "Ин-т менеджмента, маркетинга и финансов". - Изд. 2-е, испр., 2009. – 156 с.
5. RASCH G. *Probabilistic Models for Some Intelligence and Attainment Tests* / G. Rasch.- Copenhagen, Denmark: Danish Institute for Educational Research, 1960.

УЧЕТ ОГРАНИЧЕНИЙ НА ПЛОЩАДЬ ЗЕМЕЛЬНОГО УЧАСТКА

Куручка П.Н., Пинаева М.А.

(Воронежский государственный технический университет)

kpn55@rambler.ru

Рассматривается коммерческое строительство и ставится задача максимизации прибыли от программ жилищного строительства с учетом ограничений на ресурсы и площадь застройки. Дается также постановка задачи с учетом рисков.

Ключевые слова: метод дихотомического программирования, сеть всех допустимых решений, задача транспортно-го типа, вогнутая функция стоимости строительства.

Рассматриваются задачи оптимальной застройки района по критерию прибыли. Пусть имеется n участков возможного строительства и m типов проектов. Задача состоит в выборе числа домов каждого типа, обеспечивающих максимальную прибыль от продажи квартир. Для решения задач предлагается метод дихотомического программирования.

Имеются m типов домов. Стоимость строительства домов i -го типа $C_i(x_i)$, зависит от числа x_i домов i -го типа, включенных в план застройки и является вогнутой функцией $0 \leq x_i \leq b_i$. Имеются n участков для строительства домов. Строительство дома i -го типа на участке j требует дополнительных затрат Δ_{ij} . Известно количество S_i жилой площади домов i -го типа и рыночная цена p_i 1 м^2 жилой площади домов i -го типа. Обозначим $y_{ij}=1$, если на j -м участке строится дом i -го типа и $y_{ij}=0$ в противном случае, $i = \overline{1, m}$, $j = \overline{1, n}$.

Прибыль от продажи квартир $x_i = \sum_j y_{ij}$ домов i -го типа равна

$$Q_i = p_i s_i x_i - \sum_j \Delta_{ij} y_{ij} - C_i(x_i).$$

Тогда возникает задача следующего типа: определить $\{y_{ij}\}$ $i = \overline{1, m}$, $j = \overline{1, n}$ такие, что

$$Q = \sum_{i,j} (p_i s_i - \Delta_{ij}) y_{ij} - \sum_i c_i \sum_j y_{ij} \rightarrow \max ,$$

при ограничениях

$$\sum_i y_{ij} = 1, \quad j = \overline{1, n}, \quad \sum_i y_{ij} \leq b_i, \quad i = \overline{1, m} .$$

В линейном случае $C_i(x_i) = q_i x_i$ и задача принимает вид

$$Q = \sum_{i,j} t_{ij} \cdot y_{ij} ,$$

где $t_{ij} = p_i s_i - \Delta_{ij} - q_i$,

что задача является частным случаем транспортной задачи [1,4].

Если принять во внимание ограничение на площадь земельного участка, то это приводит к появлению дополнительного ограничения в задаче. Обозначим t_i – площадь, требуемую для строительства дома i -го типа, N – общая площадь земельного участка, отведенного под строительство жилых домов. Ограничимся случаем линейной зависимости стоимости строительства от числа домов каждого типа. Задача заключается в максимизации площади жилых помещений

$$(1) \quad S(x) = \sum_i x_i s_i ,$$

при ограничениях

$$(2) \quad C(x) = \sum_i c_i x_i \leq R ,$$

$$(3) \quad T(x) = \sum_i t_i x_i \leq N .$$

Получили задачу целочисленного линейного программирования с двумя ограничениями. Для ее решения можно применить стандартные программы [2, 3].

Рассмотрим, однако, другой подход, в основе которого лежит метод сетей всех допустимых решений (ВДР), предложенный Бурковым В.Н. [2]. Идея метода состоит в следующем. Рассмотрим первое ограничение (2) и построим сеть всех допустимых решений для этого ограничения. Способ построения такой сети описан, например в [1, 5]. Примем для упрощения вычислений, что дома строятся пакетами. Положим $x_i=1$, если строится пакет домов i -го типа (пакет содержит определенное число домов), $x_i=0$, в противном случае. Имеет место следующие теоремы.

Теорема 1. Сеть ВДР содержит все допустимые решения системы неравенств (2), (3).

Теорема 2. Длина максимального пути в сети ВДР определяет оценку сверху для исходной задачи (1)-(3).

Рассмотренный алгоритм естественно обобщается на случай, когда x_i принимает значения не только 0 или 1, а любые целочисленные значения на отрезке $[0; b_i]$, $i = \overline{1, n}$. В этом случае просто несколько усложняется построение сетей всех допустимых решений.

Можно не строить сеть ВДР, а использовать табличный способ вычислений.

Если число переменных равно n , то потребуется $(n - 1)$ основных шагов, чтобы получить все допустимые варианты строительства.

Заметим, что по сути дела мы получаем дерево, содержащее все допустимые (и возможно недопустимые) решения задачи (1)-(3).

Таким образом, для задачи максимизации жилой площади при ограничениях на стоимость строительства и площадь земельного участка разработан алгоритм сетей допустимых решений для получения верхних оценок.

Литература

1. БАЧУРИНА С.С. *Мегаполис: методы и модели управления процессами комплексной реконструкции сложившейся застройки* // М.: СИНТЕГ. – 2004. – 224 с.
2. БУРКОВ В.Н., БУРКОВА И.В. *Задачи дихотомической оптимизации* // М.: Радио и связь. – 2003. – 156 с.
3. КУРОЧКА П.Н., СЕФЕРОВ Г.Г. *Модель управления объемами незавершенного производства при произвольной связи между проектами* // Вестник Воронежского государственного технического университета, Том 7, № 4, 2011. – с. 178 – 182.
4. КУРОЧКА П.Н., ПОРЯДИНА В.Л. *Алгоритм решения задачи оптимизации программы при условии ее надежности* // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Управление строительством. 2013. №1(4). – с. 22 – 30.
5. СИГАЛ И.Х., ИВАНОВА А.П. *Введение в прикладное дискретное программирование: модели и вычислительные алгоритмы* // М.: Физматлит. – 2007. – 304 с.

ПОВЫШЕНИЕ УРОВНЯ ЗРЕЛОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ В ОБЛАСТИ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТАМИ НА ОСНОВЕ МЕХАНИЗМОВ КОНВЕРГЕНЦИИ

Пужанова Е.О., Цветков А.В.

(ИПУ им. В.А.Трапезникова РАН, ЗАО ПМСОФТ, Москва)

alex@pmconsult.ru

Рассматривается задача повышения уровня зрелости организации на основе механизмов конвергенции. Суть этих механизмов в переносе эффективных элементов различных методологий управления проектами, программами и портфелями проектов (лучших практик) на методологию управления проектами, программами и портфелями проектов данной организации с целью повышения ее уровня зрелости в области управления проектами. В статье дается постановка и методы решения задачи оптимального выбора элементов методологий с целью повышения уровня зрелости организаций с минимальными затратами средств и (или) времени.

Ключевые слова: уровень зрелости, конвергенция, управление проектами, программы, портфели проектов.

1. Введение

Определение. Методология управления проектами, программами и портфелями проектов – система принципов, подходов, жизненных циклов, моделей, методов и механизмов, определяющих процессы и регламенты управления проектами, программами и портфелями проектов в определенной организационной и культурной среде [1].

Предлагаемый подход к созданию и развитию методологии управления проектами, программами и портфелями проектов (УПП и ПП) базируется на механизмах конвергенции, то есть на отборе наиболее эффективных достижений в смежных дисциплинах (междисциплинарном подходе), тесном взаимопроникновении системно полных и проверенных передовым опытом методологий УПП и ПП.

Основная специфика применения механизмов конвергенции состоит в том, что они ориентированы на практическую разработку и

внедрение на предприятиях, имеющих значительные портфели крупных, комплексных программ и проектов.

2. Постановка задачи

Дадим постановку задач оптимизации методологий УПП и ПП предприятия на основе конвергенции [2].

Пусть имеем некоторую методологию, которая используется в организации. Для этой методологии:

1. Каждый элемент имеет оценку качества в баллах;
2. Существует граничная оценка, не ниже которой имеет каждый элемент по компетентности;
3. Необходимо улучшить заданное число элементов, повысив оценку до граничной.

Выбираем элемент другой методологии. Проводим тестовую конвергенцию и оцениваем затраты на имплементацию в нашу методологию – предварительный шаг.

Задача 1. Минимизация затрат (времени) на формирование новой методологии. Для формальной постановки задачи обозначим a_j - затраты на доведение ценности элемента j до уровня v , включая адаптацию нового элемента к организации, b_j - время, требуемое для этого, $x_j = 0$ в противном случае. Формальная постановка задачи: определить $x = \{x_j\}$ такие, что

$$(1) \quad A(x) = \sum_j a_j x_j \rightarrow \min \quad \text{или}$$

$$(2) \quad B(x) = \sum_j b_j x_j \rightarrow \min \quad \text{и}$$

$$(3) \quad \sum_j x_j = m.$$

Алгоритм решения. Отбираем элементы в порядке возрастания затрат (времени), пока не наберем требуемое количество m .

Рассмотрим теперь задачу с 2 критериями – затраты и время.

Задача 2. Определить $x = \{x_j\}$ такие, что $A(x) \rightarrow \min$ и $B(x) \rightarrow \min$ при ограничении (3). Это двухкритериальная задача. Возьмем линейную свертку этих критериев:

$$\Phi(x, \alpha) = \alpha A(x) + (1 - \alpha) B(x).$$

При заданной α отбираем элементы в очередности возрастания

$$\alpha a_j + (1 - \alpha) b_j,$$

пока не наберем требуемое количество m . При этом рассматриваются дискретные значения α (например, 0,1; 0,2; ...; 0,9; 1,0). Выбор α осуществляется экспертами.

Для сведения задачи 2 к однокритериальной (например, отбор по критерию «затраты»), превратим один из критериев в ограничение. Тогда получим задачу минимизации $A(x)$ при ограничениях (3) и (4)

$$(4) \quad B(x) = \sum_{j=1}^m b_j x_j \leq T.$$

Приведем задачу (1), (3), (4) к задаче на максимум. Для этого положим

$$c_j = A - a_j, \quad j = \overline{1, m}, \quad \text{где } A < \max_j a_j$$

и сформулируем следующую задачу:

$$(5) \quad C(x) = \sum_{j=1}^m c_j x_j$$

при ограничениях (3) и (4). Задача (3), (4), (5) эквивалентна задаче (1), (3), (4). Действительно,

$$(6) \quad \sum_{j=1}^m c_j x_j = \sum_{j=1}^m (A - a_j) x_j = mA - \sum_{j=1}^m a_j x_j$$

и, следовательно, максимизация (6) эквивалентна минимизации (1).

3. Метод множителей Лагранжа

Получим верхнюю оценку (6) на основе метода множителей Лагранжа. Определим функцию Лагранжа

$$(7) \quad L(x, \lambda, \mu) = \sum_{j=1}^n c_j x_j - \lambda \left(\sum_{j=1}^n b_j x_j - T \right) - \mu \left(\sum_{j=1}^m x_j - m \right)$$

Как известно, максимум функции Лагранжа по x дает верхнюю оценку (5) для любого допустимого решения исходной задачи. Двойственная задача заключается в определении

$$\min_{\lambda, \mu} \max_x \mathcal{L}(x, \lambda, \mu).$$

Для ее решения зафиксируем λ и определим ее минимум по μ .

$$(8) \quad \max_x \sum_j (c_j - \lambda b_j - \mu) x_j + \lambda T + \mu m$$

Перебирая затем конечное число λ , получаем оценку сверху. Эту оценку используем в методе ветвей и границ.

Литература

1. ШТАНЬКО А.И. *Конкурентные преимущества и организационные способности проектно-ориентированных компаний* // Вестник университета № 24. – М.: Государственный университет управления, 2009.
2. КАЛИНИНА Н.Ю., ПУЖАНОВА Е.О. *Разработка программы повышения уровня зрелости организации в области управления проектами* // Экономика и менеджмент систем управления – 2015. – № 1(15). – С. 57-65.

ФОРМИРОВАНИЕ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО РИСКА

Сидорова Е.А.

(Воронежский Государственный Технический Университет)

kireewa.e.a@yandex.ru

Проблема управления производственными рисками связана с тем, что в последние годы неуклонно возрастает необходимость их учета на самых различных промышленных предприятиях страны, а также создании инструментов и механизмов комплексной оценки этих рисков, как средства повышения экономической эффективности и уменьшения потерь.

Ключевые слова: риск, вероятность, оценка.

Следует отметить, что повышение производственных рисков в условиях глобальной политической, экономической и социальной нестабильности является общемировой тенденцией.

Особенно важно, что указанные процессы увеличивают неопределенность экономической среды и требуют качественно новых методов и моделей, позволяющих обеспечить формирование адекватных управленческих решений при работе промышленных предприятий.

Решение таких задач основано на методологии формирования интегральной оценки риска путем реализации стандартных формальных и экспертных процедур. В Институте проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН разработана методология комплексного оценивания, которая обобщила подходы к построению комплексной оценки, встречающиеся во многих областях хозяйственной деятельности. Основоположником разработки такой методологии является Бурков Владимир Николаевич, который отмечает, что существует достаточно большое число экономических механизмов, направленных на снижение риска, одним из таких является метод интегральной оценки риска. Основной целью данного метода является стратегическое, тактическое и оперативное управление уровнем опасности на производстве. Для этого определяется степень опасности рискового

события, которое зависит, как от вероятности его наступления, так и от величины ущерба при его наступлении (произведение вероятности события на ожидаемый ущерб):

$$(1) D = p \times S.$$

На практике, как правило, рассматриваются качественные оценки вероятности ущерба и степени опасности. Для упрощения вычислений предлагается рассматривать только три уровня вероятности и ущерба и, соответственно, три уровня степени опасности – минимальный (1), средний (2) и высокий (3).

Вводится дискретная шкала для вероятности рискового события и для ущерба. Для определения степени опасности вводится матрица, строки которой соответствуют различным уровням вероятности, а столбцы - различным уровням ущерба (рис. 2).

	3	2	2	3
	2	1	2	3
	1	1	1	2
P S		1	2	3

Рис. 2. Матрица степени опасности

Предлагается определять степень опасности сложных рисков на основе простых рисков. Обозначим через p_i , S_i и d_i , соответственно, вероятность, ущерб и степень опасности i -го простого риска для некоторого сложного риска. Тогда степень опасности сложного риска равна

$$D = \sum_i d_i = \sum_i p_i S_i$$

отсюда получаем:

$$(2) p = \frac{D}{S} = \frac{\sum p_i S_i}{\sum S_i}.$$

Задача – снизить степень опасности рискового события до требуемого уровня с минимальными затратами. Снижение степени

опасности достигается за счет мероприятий двух типов. Мероприятия первого типа уменьшают вероятность наступления рискового события, а мероприятия второго типа снижают ущерб при наступлении рискового события.

Рассмотрим задачу снижения уровня вероятности для некоторого фактора риска из таблицы 1. Для решения задачи снижения вероятности введем некоторые обозначения: n – мероприятия, уменьшающие вероятность наступления рискового события; a_i – уменьшение вероятности p при проведении i -го мероприятия; b_i – затраты на проведение i -го мероприятия; A_1 – величина снижения вероятности, требуемая для перевода данного фактора в категорию минимального риска из категории высокого риска; A_2 – величина снижения вероятности, требуемая для перевода фактора в категорию среднего риска из категории высокого риска.

Обозначим $x_i = 1$, если i -е мероприятие вошло в программу снижения риска, $x_i = 0$ в противном случае.

Таким образом, нам нужно определить мероприятия, которые войдут в программу снижения риска с минимальными затратами, т.е. определить x_i , $i = \overline{1, n}$, такие, что

$$\sum_i b_i x_i \rightarrow \min,$$

при ограничении

$$\sum_i a_i x_i \geq A_1.$$

Это задача о ранце, эффективно решаемая методом дихотомического программирования при целочисленных значениях параметров. На рис. 3 приведён пример структуры дихотомического представления задачи. Вершины x_1 - x_6 соответствуют набору мероприятий. В вершинах y_1 - y_5 происходит матричная свертка соответствующих показателей нижнего уровня.

Решая такого типа задачи для каждого фактора, получаем затраты cb_{ij} , требуемые для снижения вероятности от высокого уровня до уровня $j = 1, 2, 3$.

При этом величина cb_{i3} соответствует затратам на сохранение высокого уровня риска (не допустить катастрофы).

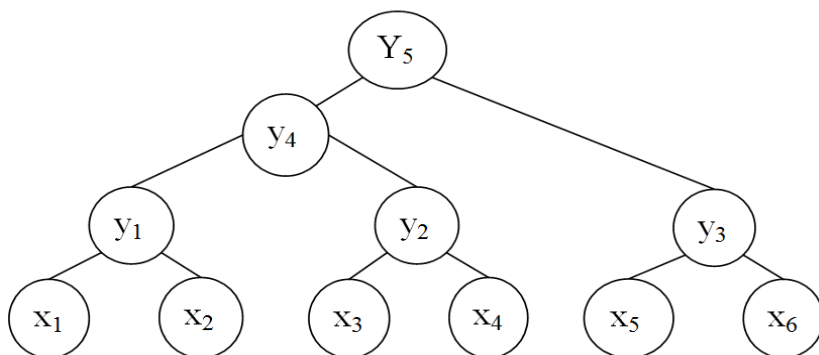


Рис. 3. Структура дихотомического представления задачи

Аналогичные задачи решаются для определения минимальной величины затрат cy_{ij} , требуемых для снижения величин ущерба до минимального или среднего уровня.

Алгоритм разработки программы снижения риска:

1. Определяем минимальные затраты на достижение каждой из интегральных оценок с помощью матричной свертки. Первое число в матрице – величина оценки, второе – затраты на достижение (или сохранение) этой оценки. Двигаясь снизу вверх, получаем для каждой интегральной оценки минимальные затраты c_{ij} (на уменьшение степени опасности от высокого уровня до среднего и низкого). Для этого из клеток матрицы с одинаковыми оценками (первое число) выбираем клетку с минимальными затратами (второе число).

2. Формирование варианта программы, т.е. совокупности оценок факторов, обеспечивающих требуемое значение интегральной оценки с минимальными затратами, происходит методом обратного хода. Для этого последовательно, сверху вниз, определяем, какие исходные значения соответствуют выбранной клетке матрицы. Установив эти значения находим их в матрицах нижнего уровня. Повторяем это, пока не достигнем нижнего уровня структуры дихотомического представления, т.е. конкретных оценок факторов риска. Набор этих оценок и является результатом действия алгоритма.

Таким образом, подобный алгоритм комплексного оценивания производственных рисков позволяет обеспечивать допустимый уровень опасности с минимальными затратами в процессе работы предприятия.

Литература

1. БУРКОВ В.Н., ДЗЮБКО С.И., ЩЕПКИН А.В. *Модели и методы управления безопасностью*. М.: Синтег 2001.
2. БУРКОВ В.Н., ЗАЛОЖНЕВ А.Ю., НОВИКОВ Д.А. *Управление риском: механизмы взаимного и смешанного страхования* // Автоматика и Телемеханика. 2001. № 10. С. 125 – 131.
- БЗ. УРКОВ 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.

МЕТОДЫ ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОГРАММАМИ

Уандыков Б.К.

(Институт проблем управления РАН, Москва)

vlab17@bk.ru

Рассматриваются задачи оперативного управления программами и методы их решения. Отличительной особенностью таких задач являются дополнительные затраты, возникающие при исключении ряда проектов из программы. Задачи сведены к модификации задач о ранце. Рассмотрен также случай сложных проектов, когда это совокупность нескольких подпроектов, некоторые из которых могут исключаться из программы. Для решения задач предложены методы дихотомического и сетевого программирования.

Ключевые слова: программа, оперативное управление, дихотомическое программирование.

1. Введение

Программой называется множество проектов, объединенных общей целью (целями) и выполняемых в условиях ограниченного времени и ресурсов. Портфелем проектов (программ) называется множество проектов, выполняемых для реализации стратегических целей организации. Разница между программой и портфелем проектов незначительная. Поэтому будем рассматривать задачи оперативного управления программой и портфелем проектов вместе. Предметная область программы (портфеля) определяется составом входящих в нее проектов. Управление предметной областью включает в себя пять стадий: инициация, планирование, организация и контроль, анализ и регулирование, закрытие.

Будем считать, что проекты программы (портфеля) независимы между собой. Каждый проект программы будем описывать двумя параметрами – стоимость проекта (затраты на его реализацию) c_i и эффект от реализации портфеля a_i .

Итак, пусть имеется программа, содержащая n проектов. Имеется также m новых проектов, которые могут быть включены в программу. Необходимость корректировки состава проектов может возникнуть по многим причинам. Ряд проектов программы, которые были оценены как высокоэффективные, оказались далеко не такими. Более того, появился ряд новых проектов с высокой эффективностью. Может сократиться финансирование программы, что может привести к корректировке целей и т.д.

2. Постановка задачи

Корректировка предметной области программы заключается в исключении из программы не эффективных проектов и включение в нее эффективных при учете ограничений на финансирование программы. Отличие оперативного управления (корректировки) от планирования состоит в том, что при исключении проекта из программы возникают дополнительные затраты, связанные с закрытием проекта (закрытие контрактов, выплата компенсаций исполнителям, разрешение спорных вопросов и т.д.). При большой величине этих дополнительных затрат иногда более целесообразно оставить проект в программе, чем его исключить. Обозначим эти дополнительные затраты b_i .

Рассмотрим математическую постановку задачи. Пусть проекты пронумерованы так, что множество «старых» проектов (которые есть в программе) имеют номера от 1 до n , а множество новых проектов имеют номера от $(n+1)$ до $(n+m)$. Обозначим $x_i = 1$, если проект остался в программе или включен в нее, $x_i = 0$, если проект исключен из программы или не вошел в нее.

Постановка задачи. Определить x_i , $i = \overline{1, n+m}$ такие, что

$$(1) \quad A(x) = \sum_i a_i x_i \rightarrow \max$$

при ограничении

$$\sum_{i=1}^{n+m} c_i x_i + \sum_{i=1}^n (1 - x_i) b_i \leq R,$$

где R – величина финансовых средств, выделенных на программу. Это ограничение несложно преобразовать к виду

$$(2) \quad \sum_{i=1}^n g_i x_i + \sum_{i=1}^{n+m} c_i x_i \leq B$$

где $g_i = c_i - b_i, i = \overline{1, n+m}, B = R - \sum_{i=1}^n b_i$.

Это классическая задача о ранце, эффективно решаемая при целочисленных значениях параметров методом дихотомического программирования.

3. Учет наличия сложных проектов

Сложным проектом называется проект, состоящий из нескольких подпроектов. Для сложного проекта допускается его частичное выполнение, то есть выполнение не всех, а некоторого числа подпроектов. Примером является проект застройки района, состоящий в строительстве нескольких домов. В силу сокращения финансирования или других причин возможно частичное выполнение проекта, то есть строительство только части домов.

Рассмотрим программу, состоящую из n невыполненных проектов. Примем, что проект i , входящий в программу, состоит из m_i подпроектов, каждый из которых описывается затратами c_{ij} и эффектом $a_{ij}, i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m_i}$.

При исключении из проекта i подпроекта (i, j) возникают дополнительные затраты b_{ij} , связанные с завершением выполненной части подпроекта (i, j) . Пусть, например, проект i состоит из строительства m_i домов. Исключение дома (i, j) из проекта приводит к необходимости фазы завершения выполненной части подпроекта. Обозначим $x_{ij} = 1$, если подпроект j остался в портфеле, $x_{ij} = 0$, в противном случае.

Пусть цель портфеля проектов – максимизация эффекта при ограничении финансировании. Заметим, что суммарные затраты

$$C(x) = \sum_{i,j} c_{ij} x_{ij} + \sum_{i,j} b_{ij} (1 - x_{ij}) = \sum_{i,j} x_{ij} (c_{ij} - b_{ij}) + B,$$

$$B = \sum_{i,j} b_{ij}, d_{ij} = c_{ij} - b_{ij}, i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m_i}.$$

Задача 1. Определить $\{x_{ij}, i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m_i}\}$ такие, что

$$(3) A(x) = \sum_{i,j} a_{ij} x_{ij} \rightarrow \max$$

при ограничении

$$(4) \sum_{i,j} d_{ij} x_{ij} \leq R - B = D,$$

где R – величина выделенных средств.

Методы решения

Для решения задачи 1 эффективен метод сетевого программирования (при целочисленных значениях параметров) [1]. Пример структуры сетевого представления приведен на рис. 1 для случая $m_i = 3$, $i = \overline{1, n}$, $n = 3$.

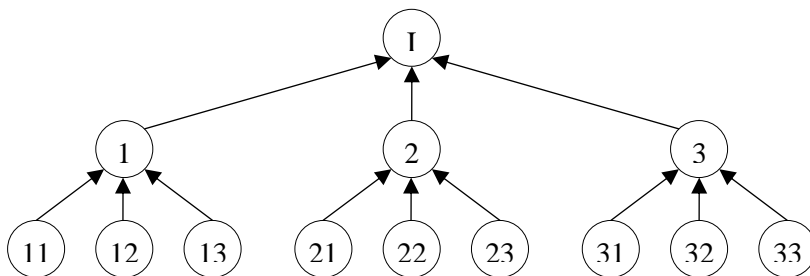


Рис. 1.

Описание алгоритма

I этап. Решаются для каждого проекта задачи максимизации

$$(5) A_i(x_i) = \sum_j a_{ij} x_{ij} \rightarrow \max$$

при ограничении

$$(6) C_i(x_i) = \sum_j d_{ij} x_{ij} \leq Y_i,$$

где Y принимает значения

$$(7) 0 \leq Y_i \leq \sum_j d_{ij} = D_i.$$

Обозначим $A_i(Y_i)$ зависимость эффекта A_i от Y_i в оптимальном решении задачи.

II этап. Определяем $Y = \{Y_i, i = \overline{1, n}\}$ такие, что

$$(8) \sum_i A_i(Y_i) \rightarrow \max$$

при ограничениях (7), (9):

$$(9) \sum_i Y_i \leq D.$$

Оптимальные $x_{ij}^0 (i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m_i})$ определяются методом обратного хода.

Литература

1. И.В.БУРКОВА. *Метод сетевого программирования в задачах нелинейной оптимизации* // Автоматика и телемеханика. – 2009. – № 10. – С. 15-21.



СЕКЦИЯ 4. Прикладные задачи ТАС

Сопредседатели:

- Цыганов В.В.
- Бондаренко Ю.В.

КОМПЕТЕНТНОСТНЫЙ ПОДХОД К ПОТРЕБИТЕЛЯМ КАК ИНСТРУМЕНТ ИННОВАЦИОННОГО МАРКЕТИНГА

Аверина Т.А., Хрипунова Ю.С.

(Воронежский Государственный Технический Университет)

ta_averina@mail.ru

В работе обоснована актуальность применения компетентностного подхода к потребителям. Рассмотрены различные компетенции потребителей, описано их значение для организации, предложены мероприятия по их развитию посредством использования элементов втягивающего маркетинга.

Ключевые слова: инновационный маркетинг, втягивающий маркетинг, компетенции потребителей, управление.

Для успешного функционирования каждая организация должна иметь такую систему управления, которая может обеспечивать устойчивую конкурентную позицию на рынке, что в свою очередь предполагает использование современного маркетингового инструментария.

Инновационный маркетинг – это такая концепция управления маркетингом, которая:

- использует методику и инструментарий новых, современных видов маркетинга;
- направлена на удовлетворение потребностей потребителей более эффективными и совершенными по сравнению с компаниями-конкурентами способами.

Единым фундаментальным принципом как традиционного, так и инновационного маркетинга является идея удовлетворения человеческих потребностей.

Основой деятельности любого предприятия является необходимость производства того, что необходимо рынку, что будет востребовано потребителем.

В настоящее время с целью увеличения сбыта продукции каждой компании целесообразно вовлечь потребителей в процессы совместного создания стоимости.

Клиент XXI века – весьма компетентный, осведомленный клиент, обладающий правом голоса, желающий участвовать в процессе разработки и производства товара.

Технический прогресс и актуальная идея вовлечь потребителя в реальные взаимоотношения с предприятием заставляют компании вводить в действие стратегию мультиканального маркетинга. Эта стратегия находит свое развитие через новые возможности коммуникаций, а также благодаря бурному росту различных источников информации.

Компетентный подход к потребителям в рамках теории маркетинга знаний – это совокупность действий, направленных на делегирование полномочий потребителям посредством совместного развития их компетенций [5].

Опираясь на вышеописанные основные составляющие знаний потребителей, в рамках концепции наделения клиентов полномочиями рассматриваются следующие компетенции: когнитивная, инструментальная, трансверсальная, понятийная, реляционная [5].

Когнитивная компетенция клиента - это осознанная способность клиента анализировать представленную на рассмотрение информацию о продукте, его назначении и пр.

Развитие и использование когнитивной компетенции клиента позволит предприятию вовлечь клиента в двухсторонний диалог для дальнейшего обоснования востребованности и эффективности планируемых нововведений, учитывая знания и опыт потребителей, а также их постоянно растущие потребности.

Инструментальная компетенция – это способности, навыки клиента, позволяющие самостоятельно ввести в действие продукт для использования его потребительских свойств.

Развитие и использование инструментальной компетенции потребителя позволит предприятию вовлекать инициативных и креативных клиентов в процессы разработки новых инновационных предложений, опираясь на их специфические знания, а также желание заниматься творческой деятельностью и получать удовлетворение от ее результатов.

Трансверсальная компетенция – это умение клиента определить такого компетентного посредника, который своими услугами может компенсировать отсутствие у клиента необходимого уровня инструментальной, и в некоторых случаях, когнитивной компетенции.

Наличие такой группы потребителей на рынке позволит предприятию успешно реализовывать программы сервисного и гарантийного обслуживания.

Под понятийной компетенцией понимаются знания и навыки потребителя, появившиеся вследствие его владения определенными понятиями, которые связаны с конкретным продуктом.

Развитие и использование данной компетенции клиента позволит предприятию снизить издержки на содержание большого штата консультирующих специалистов, которые затрачивают большое количество времени на разъяснение клиентам различных терминов.

Реляционная компетенция представляет собой навыки клиента по организации его взаимоотношений с предприятием.

Развитие и использование реляционной компетенции клиента позволит предприятию избежать затягивания заключения договоров, предоставляя потребителям комфортные условия в оформлении сделок от выбора продукта до его получения и дальнейшего сервисного обслуживания.

Алгоритм работы с компетенциями потребителей можно представить следующим образом:

- тестирование потребителей с помощью опросников;
- обработка заполненных потребителями опросников;
- определение доминирующих компетенций потребителей;
- разработка мероприятий по развитию компетенций.

Значимость развития потребительских компетенций для предприятия заключается в том, что вовлекая клиента в диалог и устанавливая долгосрочные и взаимовыгодные с ним отношения, формируется позитивный имидж организации и повышается уровень лояльности покупателей.

Для развития потребительских компетенций необходимо использовать элементы втягивающего маркетинга [1, 9], главная задача которого - формирование лояльности у потенциального покупателя и увеличение уровня его доверия к компании, такие как:

- размещение нового качественного наполнения на официальном сайте компании;

- организация тематических мастер-классов для клиентов;
- создание на официальном сайте компании конкурса на лучший видео-отзыв клиента о качестве как предпродажного, так и после-продажного обслуживания;
- создание на официальном сайте объемного справочника терминов, касающихся непосредственно той отрасли, в которой действует компания;
- создание на официальном сайте раздела «Виртуальный тур», где клиент может увидеть производственные помещения компании в режиме онлайн и др.

Литература

1. АВЕРИНА, Т.А. *Информационные технологии в продвижении новых товаров* /Т.А. Аверина/ Экономика и менеджмент систем управления. 2014. Т. 14. № 4.1. С. 120-127.
2. АВЕРИНА, Т.А. *Современные маркетинговые технологии для малых инновационных предприятий* /Т.А. Аверина, Е.А. Авдеева/ Экономика и менеджмент систем управления. 2015. Т. 16. № 2.2. С. 208-214.
3. БАРКАЛОВ, С.А. *Инновационный менеджмент* / Т.А. Аверина, С.А. Баркалов, И.С. Суровцев, И.Ф. Набиуллин/ учеб. пособие. – Воронеж: ВГАСУ, 2010. – 483 с.
4. БУРКОВ, В.Н. *Механизмы умного управления* / Бурков В.Н., Буркова И.В./ В книге: Управление развитием крупномасштабных систем MLSD'2015 Материалы Восьмой международной конференции: в 2 томах. Институт проблем управления им. В.А.Трапезникова РАН; Под общей редакцией С.Н. Васильева, А.Д. Цвиркуна. 2015. С. 19-24.
5. КУРБАТОВ, О.Ю. *Маркетинг знаний: результат исследований компетенций клиентов*. Мировые тенденции в маркетинге: сб. научн. тр. по итогам XI междунар. научн. конф. – Италия, 2012. – 28 с.
6. СЕКЕРИН, В.Д. *Инновации в маркетинге* / Секерин В.Д., Нижегородцев Р.М., Горохова А.Е., Секерин Д.В. / Москва, 2013.
7. ВДОВИНА, О.А. *Управление компетенциями: структура, институты, механизмы* / Вдовина О.А., Вертакова Ю.В., Гонтарева И.В., Кондратьев Э.В., Коновалов Ю.В., Ланкина М.Ю.,

- Лизнева А.Ю., Нижегородцев Р.М. и др. / под общ. ред. Р.М. Нижегородцева и С.Д. Резника. Москва, 2016.
8. KURBATOV O., MARIE LOUYOT-GALLICHER «*3D Knowledge Marketing*» et la *Physique Quantique : résultat de recherches en 10 ans sur la compétence-client (2001-2011)* 11th International marketing trends conference Venice, January 19-21 2012. - 28p.
 9. BRIAN HALLIGAN AND DHARMESH SHAH *Inbound Marketing, Revised and Updated: Attract, Engage, and Delight Customers Online*. John Wiley & Sons Inc., Hoboken, New Jersey, 2014.
 10. <http://www.hubspot.com/>

ОПТИМИЗАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ПЛАНИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ ПЕРСОНАЛА

Азарнова Т.В., Аснина Н.Г., Ухин А.Л.
(Воронежский государственный университет)
ivdas92@mail.ru

В статье предложена оптимизационная математическая модель и построенный на ее базе алгоритм планирования процесса повышения квалификации с отрывом от производственной деятельности персонала компании. Модель оптимизирует не только график повышения квалификации сотрудников, но и выбор наиболее эффективных программ для каждого типа персонала.

Ключевые слова: повышение квалификации персонала, расписание, математическая модель, целочисленная задача линейного программирования, метод ветвей и границ.

В условиях современных темпов инновационного экономического развития повышение квалификации персонала занимает особую позицию среди направлений адаптации бизнеса к изменяющимся условиям и реализации перспективных стратегических решений. Как показывает опыт наиболее успешных отечественных и зарубежных компаний, инвестиции в персонал, создание условий для роста работников и повышения их профессионального потенциала достаточно часто дают более высокую отдачу, чем средства, направленные на решение исключительно производственных задач [1,2].

Эффективно управлять организацией процесса повышения квалификации в масштабах всей компании или отдельного подразделения можно только на основе тщательного планирования данного процесса [4]. Процесс должен встраиваться в основные производственные и управленческие циклы компании и отвечать целям развития бизнеса.

В статье предложена математическая модель планирования процесса повышения квалификации. Цель моделирования заключается в

составлении оптимального графика, в котором будет отражаться выбор программ повышения квалификации для каждого сотрудника, период начала и окончания обучения по данным программам. Планирование осуществляется на T временных периодов ($j = \overline{1, T}$ – номера периодов планирования).

Рассмотрим группу из N сотрудников ($i = \overline{1, N}$), которые должны пройти повышение квалификации в течение некоторого планового периода времени, для каждого сотрудника предусмотрен список программ обучения $k = \overline{1, K_i}$. Программы отличаются продолжительностью q_i^k , методикой и целью. Производительность сотрудника до прохождения программы обозначим через r_i . Рассматривается упрощенная статическая модель, считается, что производительность сотрудника до прохождения программы обучения является постоянной, после прохождения программы резко возрастает и, в последствии также остается на постоянном уровне [3]. Обозначим p_i^k процентное увеличение производительности после обучения i -го сотрудника по k -ой программе.

Известно, что во время обучения выполнение должностных обязанностей сотрудника прекращается, поэтому организация несет определенные потери. Все затраты на обучение $C^k(r_i)$ компенсирует организация.

Введем в рассмотрение переменные

$$(1) \quad z_{ij}^k = \begin{cases} 1, & \text{если для } i\text{-го сотрудника выбрана} \\ & k\text{-я программа в } j\text{-й период;} \\ 0 & \text{в противном случае} \end{cases}$$

и перейдем к описанию ограничений и целевой функции модели.

Ограничение 1. Каждому сотруднику за период планирования может быть предложено прохождение не более одной программы:

$$(2) \quad \sum_{j=1}^T \sum_{k=1}^{K_i} z_{ij}^k \leq 1, \quad i = \overline{1, N}.$$

Ограничение 2. На каждый период времени $j = \overline{1, T}$ предприятие планирует определенный объем работы V_j .

$$(3) \sum_{i=1}^N \left[\left(1 - \sum_{l=1}^j \sum_{k=1}^{K_i} z_{ij}^k \right) + \sum_{k=1}^{K_i} (1 + p_i^k k) r_i \left(1 - \sum_{l=T}^{j-q_i^k+1} z_{ij}^k \right) \right] \geq B_j$$

Ограничение 3. Организация имеет отдельный фонд средств M , направляемых на повышение квалификации:

$$(4) \sum_{j=1}^T \sum_{i=1}^N \sum_{k=1}^{K_i} z_{ij}^k C^k(r_i) \leq M.$$

В качестве целевой функции модели рассматривается максимизация суммарной производительности сотрудников на конец планового периода:

$$(5) \sum_{i=1}^N r_i \left(1 + \sum_{k=1}^{K_i} p_i^k \sum_{j=1}^T z_{ij}^k \right) \rightarrow \max$$

Формализованная модель соответствует целочисленной задаче линейного программирования (ЦЗЛП) с булевыми переменными. Для решения полученной целочисленной задачи линейного программирования разработан специальный алгоритм, основанный на методе ветвей и границ. Ветвление множеств осуществляется по значениям переменных $z_{ij}^k = \{1, 0\}$, $i = \overline{1, N}$, $j = \overline{1, T}$, $k = \overline{1, K_i}$ левая ветвь – $z_{ij}^k = 1$, правая ветвь соответственно $z_{ij}^k = 0$. Используется левосторонний метод обход дерева. Для получения оценок вершин в работе используется построение двойственной задачи. Структура двойственной задачи позволяет без ее решения найти ряд допустимых точек. По допустимым точкам двойственной задачи формируется оценка исходной.

Литература

1. АЗАРНОВА Т.В. *Процедура обработки экспертной лингвистической информации при формировании моделей компетенций сотрудников коллекторского подразделения банка* / Т.В. Азарнова, Р.В. Рындин, И.Н. Терновых // Современная экономика: проблемы и решения. – 2012. – №3. – С.117-129.
2. АЗАРНОВА Т.В. *Повышение эффективности методов управления развитием персонала на основе нейросетевых моделей и нечетких экспертных технологий* / Т.В. Азарнова, В.В. Степин,

- И.Н. Щепина // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Экономика и управление. – 2014. – №3. – С.121-130.
3. БУРКОВ В.Н. *Модель динамики трудовых ресурсов* / В.Н. Бурков, Л.Г. Перфильева, А.А. Тихонов // Механизмы функционирования организационных систем: теория и приложения. – М.: ИПУ. – 1982. – С. 120 – 124.
- 4/ КАШИРИНА И.Л. *Применение генетических алгоритмов для составления расписания учебных занятий* / И.Л. Каширина, А.Л. Ухин // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Управление строительством. – 2015. – № 2 (7). – С. 229-235.

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ВЫБОРА МЕРОПРИЯТИЙ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ПРОГРАММЫ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ МУНИЦИПАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Бондаренко Ю.В., Чикомазов А.Н.

*(Воронежский государственный
архитектурно-строительный университет)*

bond.juliav@mail.ru

В докладе предлагается подход к выбору мероприятий программы социально-экономического развития муниципального образования, основанный на многокритериальной модели оптимизации, учитывающий эффект реализации комплекса мероприятий и влияние показателей экономической деятельности хозяйствующих субъектов на социальные показатели программы.

Ключевые слова: муниципальное образование, программа социально-экономического развития, формирование программы, задача выбора

Одним из основных современных направлений в управлении социально-экономическим развитием государства является ориентация на достижение конкретных результатов, отражаемых системой показателей и индикаторов, и как следствие, широкое распространение программно-целевого подхода.

Процесс эффективного внедрения программно-целевого подхода в территориальное (в том числе и муниципальное) управление предполагает решение целого комплекса проблем, связанных с процессом формирования программы [1], управлением и контролем реализации [4], финансированием [2] и т.п.

Вместе с тем, как показал анализ, не менее значимой современной проблемой на уровне муниципального образования (МО) является выбор мероприятий программы социально-экономического развития, обеспечивающих (в условиях ограниченных финансов)

достижение требуемого значения качества жизни населения. Сложность такого выбора обуславливается, во-первых, зависимостью социальных показателей развития не только от мероприятий в социальной сфере, но и от показателей экономической деятельности хозяйствующих субъектов МО [3], а во-вторых – учетом синергетического эффекта реализации комплекса мероприятий. Поддержку выбора мероприятий программы развития МО мы предлагаем осуществлять на основе применения математического инструментария.

Считаем, что разработчиками (администрацией МО) сформулирована цель социально-экономической программы и определен набор H ($h = \overline{1, H}$) ее социальных целевых индикаторов (показателей). Каждый целевой индикатор является, как правило, сложным показателем и его значение в каждый момент времени определяется M_h значениями простых показателей программы или ее подпрограмм: $R_h = \psi(w_1^h, \dots, w_{M_h}^h)$.

Будем полагать, что администрацией МО разработан перечень мероприятий, каждое из которых оказывает положительное влияние на изменение показателей программы: $\Omega = \{\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_Q\}$. Поскольку большинство социальных индикаторов программы зависит от экономических показателей хозяйствующих субъектов МО, то в число мероприятий необходимым образом должны включаться мероприятия по регулированию их деятельности.

Проведение каждого мероприятия q требует финансовых затрат средств федерального и областного бюджетов, местных бюджетов, собственных средств, а также кредитных и других (соответственно $J_q^\phi, J_q^o, J_q^m, J_q^c, J_q^k$).

Некоторые мероприятия множества Ω могут оказывать влияние на показатели программы только в комплексном применении, некоторые – в индивидуальном. На основе этого факта сформируем подмножества $\Omega: \tilde{\Omega} = \{\Omega_1, \dots, \Omega_G\}$, где $G \leq 2^Q$, $\Omega_g \subseteq \Omega$. Мероприятия каждого подмножества Ω_g могут применяться только совместно.

Для каждого показателя w_m^h выделим такие комплексы мероприятий, которые обеспечивают его положительные изменения:

$\tilde{\Omega}_m^h \subseteq \tilde{\Omega}$, где $\tilde{\Omega}_m^h = \{\Omega_{m1}^h, \Omega_{m2}^h, \dots, \Omega_{mn_m}^h\}$, $\bigcup_{h,m} \tilde{\Omega}_m^h = \tilde{\Omega}$. Величину изме-

нения данного показателя программы на конец ее реализации в результате применения комплекса мероприятий Ω_{mi}^h обозначим через Δw_{mi}^h . Затраты каждого вида на проведение комплекса мероприятий Ω_{mi}^h вычисляются по формуле $(J_{mi}^h)^\eta = \sum_{q: \xi_q \in \Omega_{mi}^h} J_q^\eta$; где $\eta \subseteq \{\phi, o, c, \kappa\}$.

Комплекс мероприятий может быть включен в программу или же отклонен. Введем в рассмотрение булевы переменные $z_i^h \in \{0, 1\}$, где $z_i^h = 1$, если m_i – комплекс мероприятий для достижения показателя h включается в программу развития, и $z_i^h = 0$ иначе. В результате реализации программы ожидается достижение ее показателями следующих значений:

$$w_m^h = w_{m0}^h + \sum_{i=1}^{n_m} z_i^h \cdot \Delta w_{mi}^h,$$

где w_{m0}^h – значение показателя до начала реализации программы развития.

Без ограничения общности считая, что благоприятным для целевых индикаторов программы является их увеличение, сформирован модельный и алгоритмический инструментарий выбора мероприятий программ развития, в основу которого положена многокритериальная модель выбора мероприятий программы развития, обеспечивающих максимальные значения целевых показателей с учетом ограниченности финансов.

Для построения модели будем считать определенными максимальные значения каждого вида финансовых средств, которые могут быть задействованы при реализации программы: \tilde{J}^ϕ , \tilde{J}^o , \tilde{J}^c , \tilde{J}^κ . В этом случае задача имеет вид:

$$R_h = \psi(w_1^h, \dots, w_{M_h}^h) \rightarrow \max, \quad h = \overline{1, H},$$

$$w_m^h = w_{m0}^h + \sum_{i=1}^{n_m} z_i^h \cdot \Delta w_{mi}^h, \quad h = \overline{1, H}, \quad m = \overline{1, m_h};$$

$$\sum_{h=1}^H \sum_{m=1}^{m_h} \sum_{i=1}^{n_m} z_i^h \cdot (J_{mi}^h)^\eta \leq \tilde{J}^\eta, \quad \eta \in \{\phi, o, m, c, k\};$$

$$z_i^h \in \{0, 1\}, \quad h = \overline{1, H}, \quad m = \overline{1, m_h}, \quad i = \overline{1, n_m}.$$

Модель представляет собой многокритериальную задачу дискретной оптимизации, а ее реализация предполагает построение функций цели с использованием эконометрических методов. В докладе предполагается рассмотреть практическую реализацию представленного подхода на примере формирования программы комплексного социально-экономического развития Хлевенского муниципального района Липецкой области.

Литература

1. АЛИПОВ А.С. *Экономико-математическая модель формирования среднесрочных программ социально-экономического развития муниципального образования* / автореф. дис. канд. наук. – СПб., 2007. – 23 с.
2. БУРКОВ В.Н., ЗАЛОЖНЕВ А.Ю., ЛЕОНТЬЕВ С.В., НОВИКОВ Д.А., ЧЕРНЫШЕВ Р.А. *Механизмы финансирования программ регионального развития* – М.: ИПУ РАН, 2002. – 55 с.
3. ГОРОШКО И.В., БОНДАРЕНКО Ю.В. *Согласование социальных и экономических показателей развития региона: понятие и механизмы* // Проблемы управления. 2015. № 1. – С. 63-72.
4. *Управление и контроль реализации социально-экономических целевых программ* / [Под ред. В.В. Кульбы и С.С. Ковалевского]. – М.: ЛИБРОКОМ, 2009. – 400 с.

МЕХАНИЗМЫ УПРАВЛЕНИЯ В ИЕРАРХИЧЕСКИХ ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Горелик В.А., Золотова Т.В.
(ВЦ ФИЦ ИУ РАН, Финансовый университет
при Правительстве РФ, Москва)
gorelik@ccas.ru, tgold11@mail.ru

В рамках информационной теории иерархических систем рассмотрены механизмы управления в эколого-экономических системах, позволяющие согласовать интересы центра и подсистем.

Ключевые слова: иерархическая система, идеальная согласованность интересов, экологический платеж, лимиты, штрафы.

В сложных организационных, в частности эколого-экономических, системах механизмы управления основаны на иерархической декомпозиции. Адекватным математическим аппаратом для анализа иерархических систем управления служит теория игр. Развитие теоретико-игрового подхода к моделированию иерархических систем привело к созданию информационной теории иерархических систем [1, 2] и теории активных систем [3, 4]. В данной работе в рамках информационной теории рассматриваются механизмы управления едиными и дифференцированными экологическими платежами при наличии или отсутствии управления лимитами и штрафами.

Предположим, что региональный центр регулирует экологический платеж $p = (p_1, \dots, p_m)$, где p_j – плата за негативное воздействие на единицу объема y_j j -го загрязняющего вещества, $j = \overline{1, m}$. Пусть объемы вредных воздействий пропорциональны объемам соответствующих факторов производства:

$$y_{ij} = \gamma_{ij} x_i = \sum_{s=1}^S \gamma_{ijs} x_{is}$$

где $\gamma_{ij} = (\gamma_{ij1}, \dots, \gamma_{ijs}, \dots, \gamma_{ijs})$ – вектор коэффициентов пропорциональности по j -му загрязняющему веществу, $\gamma_{is} = (\gamma_{i1s}, \dots, \gamma_{ijs}, \dots, \gamma_{ims})$ – вектор коэффициентов пропорциональности по всем загрязняющим веществам для i -го предприятия, использующего s -й фактор

производства, $x_i = (x_{i1}, \dots, x_{is}, \dots, x_{in})$ – вектор факторов производства i -й производственной единицы; K_i , $i = \overline{1, n}$ – финансовые средства предприятий, $q = (q_1, \dots, q_s)$ – вектор стоимостей факторов производства. Тогда пространство управлений i -й производственной единицы имеет вид

$$X_i(p) = \{x_i \mid Px_i \leq K_i, x_i \geq 0\}, \quad i = \overline{1, n}, \text{ где}$$

$$P = (q_1 + \sum_{j=1}^m p_j \gamma_{ij1}, \dots, q_s + \sum_{j=1}^m p_j \gamma_{ijs}, \dots, q_s + \sum_{j=1}^m p_j \gamma_{ijs}).$$

Выпуск каждого предприятия определяется векторной производственной функцией $f_i(x_i)$, для которой выполняются условия $f_i(0) = 0$, $\frac{\partial f_i(x_i)}{\partial x_{is}} > 0$, $\xi \frac{\partial^2 f_{ik}(x_i)}{\partial x_i^2} \xi < 0 \quad \forall \xi \neq 0$,

где $f_{ik}(x_i)$ – k -я компонента векторной функции $f_i(x_i)$.

Если c_i – вектор цен на соответствующие виды продукции i -го предприятия, то задачу максимизации валового выпуска $G_i(x_i)$ каждого предприятия можно записать в виде

$$(1) \quad G_i(x_i) = c_i f_i(x_i) \rightarrow \max_{x_i \in X_i(p)} .$$

Решение задачи i -го предприятия есть вектор $x_i^0(p)$.

Пусть центр стремится к увеличению суммарного валового выпуска предприятий, т.е. целевая функция центра есть

$$F(x_i) = \sum_{i=1}^n \alpha_i G_i(x_i),$$

где α_i – положительные весовые коэффициенты. Тогда задача центра имеет вид

$$(2) \quad F(x^0(p)) = \sum_{i=1}^n \alpha_i G_i(x_i^0(p)) \rightarrow \max_{p \mid \sum_{i=1}^n x_i^0(p) \leq X} ,$$

где X – ограничение по объемам ресурсов. Решением задачи (2) является вектор p^0 .

Рассмотрим задачу централизованного управления

$$(3) \quad F(x) = \sum_{i=1}^n \alpha_i G_i(x_i) \rightarrow \max_{x \mid \sum_{i=1}^n x_i \leq X} ,$$

решение которой есть вектор $x_i^* = (x_{i1}^*, \dots, x_{is}^*, \dots, x_{in}^*)$.

Введем функцию Лагранжа для задачи (3)

$$L(x, \mu) = \sum_{i=1}^n \alpha_i G_i(x_i) + \mu(X - \sum_{i=1}^n x_i),$$

где $\mu = (\mu_1, \dots, \mu_S)$ – вектор множителей Лагранжа, и рассмотрим для i -го элемента нижнего уровня систему линейных уравнений относительно $k_i, p_i = (p_{i1}, \dots, p_{im})$:

$$(4) \quad k_i \mu_s = q_s + \sum_{j=1}^m p_{ij} \gamma_{ijs}, \quad s = \overline{1, S}, \quad K_i = k_i \mu x_i^*.$$

Обозначим p_{0i} вектор экологических платежей для i -го предприятия, определяемый законодательством РФ.

Теорема. Пусть функции $G_i(x_i)$, $i = \overline{1, n}$, непрерывны и строго вогнуты по совокупности переменных и имеют непрерывные положительные производные по x_{is} , система линейных уравнений (4) имеет положительное решение такое, что $p_i \leq p_{0i}$, $i = \overline{1, n}$. Тогда выбором дифференцированных экологических платежей p_i для элементов нижнего уровня в задаче (2) центр достигает глобального максимума, т.е. интересы в такой системе идеально согласуемы.

Предположим, что центр имеет возможность назначать только единые экологические платежи p , но при этом штрафовать предприятия за превышение допустимых уровней загрязнений, установленных для каждого предприятия. Размеры штрафов z_{ij} за единицу превышения по j -му виду загрязнения и лимиты $\beta_i = (\beta_{i1}, \dots, \beta_{ij}, \dots, \beta_{im})$ для каждого предприятия определяются центром и удовлетворяют условиям $z_{ij} \geq 0, \beta_i \geq 0, i = \overline{1, n}, \sum_{i=1}^n \beta_{ij} = V_j$, где V_j – фиксированная ве-

личина, означающая максимально допустимый уровень загрязнений по j -му показателю для всего региона. Обозначим $z_i = (z_{i1}, \dots, z_{im}), z = (z_1, \dots, z_n), \beta = (\beta_1, \dots, \beta_i, \dots, \beta_n)$. Целевая функция центра, как и ранее, имеет вид $F(x) = \sum_{i=1}^n \alpha_i G_i(x_i)$.

В качестве функции штрафа возьмем суммарное превышение по всем видам загрязнения. Тогда каждое предприятие решает задачу

$$(5) \quad c_i f_i(x_i) \rightarrow \max_{x_i \in X'_i(p, z_i, \beta_i)},$$

$$X'_i(p, z_i, \beta_i) = \{x_i \mid Px_i + \sum_{j=1}^m z_{ij} \max(0, \gamma_{ij} x_i - \beta_{ij}) \leq K_i, x_i \geq 0\}.$$

Показано, что выбором единых экологических платежей p , штрафов z и лимитов β для элементов нижнего уровня центр достигает глобального максимума, т.е. интересы в такой системе идеально согласуемы.

Литература

1. ГОРЕЛИК В.А., КОНОНЕНКО А.Ф. *Теоретико-игровые модели принятия решений в эколого-экономических системах*. – М.: Радио и связь, 1982. – 144 с.
2. ГОРЕЛИК В.А., КОНОНЕНКО А.Ф. *Теоретико-игровые модели принятия решений в эколого-экономических системах*. – М.: Радио и связь, 1982. – 144 с.
3. БУРКОВ В.Н., НОВИКОВ Д.А. *Как управлять организациями*. – М.: Синтег, 2004. – 400 с.
4. НОВИКОВ Д.А. *Теория управления организационными системами*. – М.: Физматлит, 2007. – 583 с.

ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ В ЗАДАЧАХ УПРАВЛЕНИЯ БОРЬБОЙ С ПРЕСТУПНОСТЬЮ

Горошко И.В.¹, Пузырев С.А.²

(1 – Академия управления МВД РФ, Москва;

2 – Московский университет МВД РФ)

garrygo@mail.ru

В докладе делается попытка применить рыночный подход к задачам управления борьбой с преступностью. Вводится понятие цены преступления и, соответственно, функция совокупного спроса и функция совокупного предложения. Получены условия равновесия для односекторной и многосекторной моделей. Дана постановка задачи борьбы с преступной деятельностью на основе комплексной оценки уровня преступности.

Ключевые слова: цена преступления, функция совокупного спроса, функция совокупного предложения, комплексная оценка.

1. Введение

В преступной сфере действуют законы, аналогичные законам рынка, а именно, существует цена преступления, порождающая, соответственно, спрос на преступление, и предложение преступлений. Зная функции спроса и предложения можно определить уровень преступности и на этой основе находить оптимальные механизмы управления борьбой с преступной деятельностью.

2. Определение равновесного уровня преступности

Дадим постановку задач оптимизации методологий УПП и ПП предприятия на основе конвергенции.

Функция совокупного спроса связывает цену преступления P и количество преступлений Q . При прочих равных условиях цена и количество преступлений находятся в обратной зависимости: рост цены преступления приводит к снижению числа преступлений, т.е. функция спроса $Q = D(P)$ является убывающей функцией цены преступления.

Функция совокупного предложения $S(P)$, т.е. число преступлений, совершаемых преступниками, также зависит от рыночной цены преступления: с ростом цены число преступлений увеличивается. Пересечение функций совокупного спроса и предложения определяет рыночную (равновесную) цену преступления. При малых отклонениях от точки равновесия кривые спроса и предложения можно представить прямыми

$$D(P) = a - kP,$$

$$S(P) = b + qP,$$

Рыночная цена будет равна

$$P^* = \frac{a - b}{q + k},$$

а количество преступлений в равновесии

$$D(P^*) = S(P^*) = \frac{aq + bk}{q + k}.$$

Работа органов противодействия преступной деятельности приводит к смещению функции совокупного спроса и функции предложения влево, что приводит к уменьшению количества преступлений. Рыночная цена при этом увеличивается, если действия направлены на уменьшение спроса, и уменьшается, если действия направлены на уменьшение предложения. Примем, что работа органов противодействия преступной деятельности приводит к уменьшению параметров a и b прямых совокупного спроса и совокупного предложения [1]. Воздействие правоохранительных органов на эти параметры при малых изменениях также можно представить в линейном виде:

$$\Delta a = \alpha x, \Delta b = \beta y,$$

где x, y – величина средств, направленных на уменьшение совокупного спроса и предложения соответственно. Если объем выделенных средств ограничен, то оптимальной стратегией является направление всех средств либо на уменьшение совокупного спроса (если $\alpha q \geq \beta k$), либо на уменьшение совокупного предложения (если $\alpha q \leq \beta k$).

3. Многосекторная модель

В многосекторной модели следует учитывать переток преступников между секторами в силу рыночного закона выравнивания рентабельности преступлений по секторам [2]. Поэтому кривые спроса

и предложения целесообразно строить в зависимости от рентабельности $\rho = (P/C) - I$, где C – затраты на организацию и совершение преступлений. При этом цена преступления в i -ом секторе равна $P_i = (1 + \rho)C_i$. Примем, что спрос является односекторным, с функцией совокупного спроса

$$D(\rho) = A - K,$$

а функции совокупного предложения секторов имеют вид:

$$S_i(\rho) = b_i + q_i\rho.$$

В этом случае равновесная рентабельность

$$\rho^* = \frac{A - B}{K + Q}, \text{ где } B = \sum_i b_i, \quad Q = \sum_i q_i$$

а уровень преступности:

$$(1) \quad S(\rho^*) = \sum_i (b_i + q_i\rho^*) = \frac{AQ + BK}{Q + K}.$$

По аналогии с односекторным случаем можно ставить и решать задачи оптимального распределения средств на борьбу с преступной деятельностью.

4. Постановка задачи

Рассмотрим постановку задачи борьбы с преступной деятельностью. Целью является, естественно, уменьшение уровня преступности (1) путем влияния на функции совокупного спроса и предложения.

Заметим, однако, что построение функций спроса и предложения, а тем более оценка их применения в результате работы правоохранительных органов является достаточно сложной задачей. Поэтому, мы пойдем другим путем. А именно, будем оценивать непосредственно изменение уровня преступности в результате работы правоохранительных органов предполагая, что сложившийся уровень преступности соответствует равновесному состоянию. Примем, что имеются m направлений преступной деятельности (убийства, грабежи, мошенничество и др.). Уровень преступности в каждом направлении будем оценивать в качественных порядковых шкалах (низкий -1, средний - 2, высокий - 3, критический - 4). Для получения комплексной оценки уровня преступности применим аппарат матричных сверток [3].

Имея систему комплексного оценивания можно ставить и решать задачу снижения уровня преступности с минимальными затратами либо средств, либо трудозатрат.

Литература

1. ВОСТРОКНУТОВ А.В., КОИМШИДИ Г.Ф., ЯКОВЛЕВ О.В. *Моделирование воздействия социально-экономических факторов на криминологическую обстановку // Информатизация правоохранительных систем.* – М.: МАИ, 1998/
2. ГАВРИЛОВ О.А. *Математические методы и модели в социально-правовом исследовании.* – М.: Наука, 1980.
3. БУРКОВ В.Н., БУРКОВА И.В. И ДР. *Механизмы управления: Мультифункциональное учебное пособие // Под ред. Д.А. Новикова. Изд. 2-е переработ. и дополн.* – М.: ЛЕНАНД, 2013 – 216 с. (Умное управление)

ПРИМЕНЕНИЕ СТАНДАРТОВ ЭЛЕКТРОННОГО УПРАВЛЕНИЯ ДАННЫМИ В ТЕЛЕМЕДИЦИНСКИХ СИСТЕМАХ

Горюнова В.В., Горюнова Т.И.

(Пензенский государственный технологический университет)
gvv17@yandex.ru

В статье представлен краткий анализ стандартов обмена медицинской информации. Особенно выделена базовая составляющая стандартов HL7 и DICOM. Характеризуется структура телемедицинских систем. Определяются общие принципы использования инфокоммуникационных технологий в здравоохранении.

Ключевые слова: телемедицина, электронное управление данными, электронный клинический документ, информационные технологии в здравоохранении, HL7, DICOM.

1. Введение

В последние годы, для удовлетворения растущего спроса на услуги здравоохранения, развиваются современные методы использования информационных технологий, формирующие максимализацию внедрения технологий телемедицинских систем. Данное применение помогает улучшить качество оказания медицинской помощи и облегчить доступность различного рода услуг. Широкая оптимизация использования медицинских ресурсов позволяет осуществлять трансграничный обмен медицинской информацией в сети различных субъектов здравоохранения[1-3].

2. Цели и методы использования стандартов обмена медицинской информации

Телемедицинская система позволяет отслеживать информацию о состоянии пациента в режиме реального времени, а также осуществлять взаимодействие между специалистами на уровне координации и контроля диагностики лечения. Составная часть телемедицинской системы осуществляет операции обмена путем применения

единых стандартов медицинского электронного управления данными:

1. HL7(Health Level Seven International) стандарт обмена медицинской информации, способствующий организации глобальной совместимости данных в сфере здравоохранения, путем предоставления рекомендаций, определяющих форматы для интеграции, контроля и регулирования передаваемых данных.

Базовые составляющие HL7:

– HL7 Version 2, HL7 Version 3 наиболее широко используемые стандарты обмена сообщениями для обмена клинической информации. Это информационный стандарт, позволяющий поставщикам медицинских услуг, отправлять и запрашивать данные о состоянии здоровья человека;

– CDA (Clinical Document Architecture) Архитектура клинического документа предназначена для определения кодировки, структуры и семантики клинических документов. В CDA применяется язык разметки формата XML. XML-элемент в CDA поддерживает неструктурированный текст, а также ссылки на другие составные документы, закодированные в формате PDF, DOCX, или RTF, а также графических форматов, таких как JPG и PNG;

– RIM (Reference Information Model) представляет собой информационную модель данных медицинской информации. На основе Unified Modeling Language (UML), информационная модель RIM состоит из общего набора классов, из которых производятся более специализированные медицинские подклассы;

– EHR System (Electronic Health Record Systems - Система Электронной истории болезни (см. ГОСТ Р 52636-2006)), характеризует общие параметры записи информации, связанной со здоровьем человека;

– FHIR (Fast Health Interoperability Resources) – является стандартом предназначенным для функциональной совместимости электронного обмена информацией в здравоохранении. Основной целью стандарта является взаимодействие между устаревшими системами здравоохранения, вне зависимости от того, когда они были разработаны, а так же доступ к медицинским данным с различных устройств (компьютеров, планшетов, мобильных телефонов), текстовое представление реализуется с использованием HTML.

Таким образом, HL7 – это основополагающая часть технологий необходимая для глобальной проблемы интеграции медицинской информации, позволяющая не только обеспечить форматы для обмена данными, а так же содержащая в себе особенности применения правил синтаксиса данных о состоянии здоровья, включающая требуемые вложения личной медицинской документации в историю болезни. При этом гарантируется высокое качество необходимых форм отчетности.

2. DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine) является стандартом для обработки, хранения, печати и передачи информации в виде медицинских изображений и документов обследованных пациентов. Он включает в себя определение формата файла и протокол передачи данных в сети. Стандарт DICOM применяется к различным видам медицинского оборудования по следующим видам диагностики: радиология, кардиология, обеспечивает совместимость исследовательских устройств (рентген, КТ, МРТ, УЗИ), и т.д. Сетевой DICOM протокол использует TCP/IP для передачи медицинской информации от медицинского оборудования в PACS (Picture Archiving and Communication System) систему.

3. PACS является технологией передачи медицинских изображений, предназначенной для хранения, поиска, управления, распространения и представления медицинских изображений. Архитектура PACS представляет медицинскую информационную систему, построенную по технологии DICOM Клиент-сервер, базирующуюся на стандарте DICOM.

3. Заключение

Использование медицинских стандартов управления данными [4] является обязательным условием интеграции информационных потоков разнородной медицинской информации. Одним из средств такого взаимодействия является использование многоуровневых структур медицинских систем.

Литература

1. ГОРЮНОВА В.В., ГОРЮНОВА Т.И., ЖИЛЯЕВ П.С. *Многоуровневые структуры интегрированных медицинских систем // Современные наукоемкие технологии.* 2014. № 5-1. – С.122-122

2. ГОРЮНОВА В.В. [и др.] *Особенности проектирования интегрированных медицинских систем на основе концептуальных спецификаций* // *Фундаментальные исследования*. 2013. №11-9. – 67-73 с.
3. ГОРЮНОВА В.В., ГОРЮНОВА Т.И., КУХТЕВИЧ И.И. *Основные тенденции в развитии медицинских информационных систем*. // *Фундаментальные исследования*. 2015. №5-1. – 58-62 с.
4. ГОСТ Р ИСО/HL7 27932-2015. *Информатизация здоровья. Стандарты обмена данными. Архитектура клинических документов HL7. Выпуск 2*. Введ. 2015-12-28. М.: Москва: Изд-во стандартов, 2015. – С. 38.

ПРОБЛЕМЫ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В СТРАТЕГИЧЕСКОМ УПРАВЛЕНИИ

Ерешко Ф.И.

(ИВЦ РАН им. А.А. Дородницына ФИЦ ИУ РАН, Москва)

fereshko@yandex.ru

В настоящее время общество переживает период активного проникновения информационных технологий во все сферы жизнедеятельности. В терминах зарубежных исследований бурно развивается информационное общество и цифровая экономика (digital esopotu).

Ключевые слова: информационные технологии, стратегическое управление, принятие решений.

1. Введение

В работе излагаются этапы развития идей, моделей и методов поддержки принятия решений в приложении к задачам стратегического управления, как это видится из академического института.

Стратегическое управление, как раздел общей теории управления, определяется масштабом объекта управления во временном и пространственном измерении.

Алгоритм управления определяется как СТРАТЕГИЯ, т.е. функция от времени, параметров объекта и внешних неконтролируемых факторов.

Основной тезис работы: наступило время для реализации объединения идей теории управления и практик стратегического менеджмента.

Опишем вкратце основные этапы становления с современной точки зрения, не претендуя на общность охвата темы. Выделяются отдельные фрагменты развития теории и практики, которые произвели наиболее яркое впечатление на автора.

Принимая во внимание, что автор является одним из учеников академика Моисеева Н.Н. и профессора Гермейера Ю.Б.

2. Исходные посылки

Школа академика Моисеева Н.Н. и профессора Гермейера Ю.Б.

В рамках школы были получены значительные результаты в системном анализе, теории оптимизации, исследовании операций, теории игр, моделировании экономических процессов на самом высоком научном уровне. Работы школы определили те рубежи, которые можно назвать фундаментальными в этих науках. [1-8]

Футуролог Тоффлер Э.

Книга [9], в английском издании ««The Third Wave: The Classic Study of Tomorrow»», «1980 г. («Третья волна» в изложении Моисеева Н.Н. на семинарах) оставила свой след в нашем сознании, но имела в то время характер далёкого и абстрактного будущего образа мира. Тем ярче выглядит прочтение этих мыслей сейчас.

Перечислим основные тезисы книги 1980 года, поместив их в кавычки.

«С наступлением второй индустриальной волны СМИ заняли ключевое место в стандартизации поведения, необходимой для индустриального производства. С 1970-х годов число микро-СМИ увеличилось лавинообразно. Наступило эра спутникового и кабельного телевидения, эра демассифицированных средств информации. Средства коммуникации вместо создания массовой культуры занимаются ее демассификацией...»

Всё это приводит к грандиозному скачку в объемах информации, которой мы все обмениваемся. Главным противоречием современности будет противоборство между защитниками отжившей свое индустриальной цивилизации и сторонниками идущего ей на смену информационного общества (1970-2025гг). Линии окопов этой войны пройдут не по традиционным линиям классовых, расовых или национальных противоборств. Отличить сторонников прошлого от борцов за будущее мы сможем по их отношению к фундаментальным переменам, которые описаны в этой книге. Революция в средствах коммуникации ведет к революции в психике, ...о цивилизации третьей волны можно говорить как об информационном обществе ... вместо работающих в унисон каналов, продвигающих единое пред-

ставление о мире, мы стали получать информацию отрывками из гораздо большего количества часто противоречащих друг другу источников...

Третья волна заставляет нас экспериментировать с новым типом организации. Она состоит из небольших подразделений, которые можно соединять между собой разными способами, получая многочисленные конфигурации. Для такого типа организации как раз подходит матричная система управления

Идеи Китова А.И. и Глушкова В.М.

В книге [10] (Глушков В.М.), в которой были суммированы идеи управления экономическими системами к тому времени, был принципиально поставлен вопрос о новом значении информации в жизни общества и описана трехуровневая в территориальном аспекте система ЭВМ, которые накапливая и обрабатывая информацию, генерировали бы проекты государственных планов и реализовывали бы функции принятия решений. Система получила название Общегосударственной автоматизированной системы управления (ОГАС). В художественной форме эти идеи сейчас описываются в американской литературе:

- <https://rg.ru/2016/11/01/v-ssha-vyshla-kniga-o-dostizheniiiah-sovetskih-kibernetikov.html>,
- <http://inosmi.ru/science/20161023/238054065.html>

«Идея Глушкова заключалась в том, чтобы перейти к эпохе электронного социализма. Он назвал свой невероятно амбициозный проект Общегосударственной автоматизированной системой (ОГАС).

Однако этот проект по тем временам был слишком затратным, и не получил поддержки. Но если в СССР это не получилось, то что же сейчас?

Сейчас не нужно тратить деньги на вычислительную сеть, – уже есть Система распределённых ситуационных центров (СРСЦ) и частным образом общество насыщено смартфонами. В книге [11], описывается современное состояние государственной сети.

«СРСЦ рассматриваются как технологическая и аппаратно-программная основа систем поддержки принятия управленческих решений. Основная цель современных СЦ – осуществить поддержку процессов принятия решений руководством на основе наглядных представлений (образов) ситуаций, возникающих в подконтрольной среде».

В настоящих условиях естественно возникает необходимость разработки механизмов управления на основе описанной информационно-вычислительной платформы.

Нужна Концепция и современные технологии управления в современных условиях цифрового общества.

Цифровое манипулирование

Актуален вопрос, насколько глубоко возможно манипулирование в управлении, когда возникает возможность получения психометрических данных из обработки больших массивов цифровых данных (Big Data), как это изложено в публикациях:

- <http://theins.ru/politika/38490>
- <http://inosmi.ru/science/20161210/238373324.html>

Книга-манифест [12], Клауса Шваба лидера Давоса, формирующего основной тренд развития мировой экономики в направлении взрывного характера рождения цифровых технологий убедительно демонстрирует, что возможность есть.

Кроме того, особое принципиальное внимание уделяется ГЧП.

Государственно-частное партнёрство ГЧП

ГЧП – наиболее яркий феномен, доказывающий необходимость применения Теории активных систем и Теории иерархических игр.

Определения

Термин «государственно-частное партнерство» (Public-Private Partnership, PPP) появился в начале 80-х годов для характеристики особых отношений между государством и частным сектором. Наиболее общее из них дает Всемирный банк: «ГЧП – это соглашения между публичной и частной сторонами по поводу производства и оказания инфраструктурных услуг, заключаемые с целью привлечения дополнительных инвестиций и, что еще более важно, как средство повышения эффективности бюджетного финансирования». В России средне- и долгосрочные и взаимодействия государства и бизнеса для решения общественно значимых задач на взаимовыгодных условиях регулируются Закон 2015 г, в котором отмечается что в условиях ГЧП имеет место юридически оформленное на определенный срок и основанное на объединении ресурсов, распределении рисков сотрудничество публичного партнера (РФ), с одной стороны, и частного партнера, с другой стороны.

Когда речь заходит об успешном опыте государственно-частного партнерства, то в качестве примера приводится реформы Маргарет Тэтчер, когда руководители структур управления получали цели, бюджет и широкие полномочия по его использованию

Далее был введен механизм «Частная финансовая инициатива» (Private Finance Initiative, PFI). Основная идея этой инициативы – привлечение фирм-исполнителей из частного сектора, которые были бы ответственны за полный жизненный цикл проектов на базе стандартизированных контрактов.

Следствием всей этой работы можно назвать снижение численности госслужащих в Англии с 750 тыс. в 1976 году до 475 тыс. в 1999-м, наличие более 400 проектов государственно-частных партнерств.

Проектное управление в России

30 сентября 2016 г. Председатель Правительства РФ Медведев Д.А. на экономическом форуме в Сочи отметил, что «Если говорить прямо, то, что называется project management, или проектное управление, – это то, чему нужно учиться всем, включая членов Правительства. Сейчас мы снова приступили к такой системе организации управленческой деятельности».

Тем самым, можно сказать, что структурируется иерархия, управление формируется в виде целей, постановок задач Центром, а конкретные способы достижений выбирают нижние звенья, т.е. формируется синтез иерархической структуры управления. При этом допустимо наличие функций целей у нижележащих уровней. Необходимо при этом понимать, что без механизма согласования целей и стратегий всех уровней переход от жёсткой централизации к управлению целями приведёт к увеличению уровня неопределённости у центра. И при слепом копировании есть опасность увеличения контролирующих органов, что нивелирует мыслимые 20 % и более того.

3. Формальные модели

Математическое моделирование

Впечатляющий прогресс в развитии систем управления в технической сфере был порождён значительными успехами естественнонаучных дисциплин, выработавших методологию познания на основе идеи математического моделирования. Была создана

технология построения моделей управляемых процессов, их анализа, выработки на этом основании стратегий управления и процедур адаптации полученного результата к практическим потребностям.

Подобные технологии разработаны и в системах управления экономическими процессами. И так же, как и в технических системах, развитие представлений и успех базировались на развитии моделей управляемых процессов и методов их исследования, начиная от простейших экономических таблиц физиократов (Ф. Кенэ, 1758 г) и моделей «невидимой руки», которая устанавливает равновесие спроса и предложения в стихийной экономике (А.Смит) до моделей межотраслевого баланса (В. Леонтьев), моделей государственного регулирования (Дж. М. Кейнс), технократических обоснований Дж.К. Гелбрейта и моделей рынка с совершенной конкуренцией (К.Эрроу), основанных на теоремах о существовании неподвижных точек точно-множественных отображений.

Впоследствии, с подобных модельных позиций было проанализировано уже все общество, а не только взаимодействие экономических агентов и крупных корпораций (Э. Тоффлер). Подход к экономике, как к кибернетической системе, привел к выводу: Рыночная экономика – это децентрализованная система управления взаимодействием экономических агентов в обществе, и она не может решить все проблемы социально-экономического развития общества. Необходимо рациональное государственное регулирование.

Примеры формального описания механизмов

Для целей согласованного принятия решений Центром и подчиненными системами разработан аппарат теории иерархических игр [2-7] и теории активных систем [14-19]. В рамках этих теорий в качестве основных характеристик иерархических систем рассматриваются следующие: а) наличие выделенного участника (центра) системы, т.е. правом первому выбирать стратегию в зависимости от имеющейся или предполагаемой информации о действиях подчиненных звеньев управления, и сообщать ее нижнему уровню, б) центр осуществляет свой выбор, опираясь на принцип наибольшего гарантированного результата. Ставится задача об отыскании наилучшего поведения центра с учетом активного поведения подчиненных систем, стремящихся к достижению собственных целей, действуя в рамках правил, устанавливаемых центром.

Перезагрузка менеджмента должна состоять в переходе от эклектического набора лучших практик – к комплексу инструментов управления. Таким образом, в менеджменте остро ощущается необходимость перехода от несистематизированного и подавляющего своим объемом набора лучших практик к комплексу инструментов управления. Применительно к задачам управления организационным поведением (теории активных систем) на сегодняшний день накоплен значительный опыт разработки таких инструментов – механизмов управления, учитывающих активность подчиненных подсистем.

Но если раньше, приоритет отечественных разработок пренебрегался, то теперь необходимо вернуться к ним. На новом витке развития, с учётом уже существующих механизмов.

И сейчас наступают вполне благоприятные для этого условия.

Зачем нужны формальные модели

Ответ на вопрос: «Зачем нужны формальные модели, в частности Теория игр? И Теория активных систем» даёт Нобелевский комитет.

Нобелевская премия 2016 года по экономике (по теории контрактов) была присуждена Оливеру Харту (Гарвардский университет, США) и Бенгту Хольстрёму (Массачусетский технологический институт, США) за их вклад в теорию контрактов.

В Пресс-релизе по случаю награждения отмечается: в современной экономике содержится необозримое число контрактов, новые теоретические инструменты, созданные Харт и Хольстрём 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.

Отметим, что в ИПУ РАН своевременно отреагировали на необходимость разработок в теории управления в новых социально-экономических условиях. Была издана книга [15], где было отмечено, что современный менеджмент предлагает руководителю эмпирический набор лучших практик (best practices) – решений, принятых другими руководителями в некоторых типовых ситуациях и оказавшихся эффективными в этих ситуациях.

4. Круглый стол

Эти вопросы – последствия разрушения системы управления, изменения форм собственности и перехода к цифровому обществу, были побудительными мотивами к проведению Круглого стола в ИСА РАН в феврале 2016 года, где предполагалось получить мнения о возможности разработки Программы исследований по теме «*Проектирование механизмов взаимодействия основных игроков (правила игры) в социально-экономических системах при наличии разных форм собственности*».

Круглый стол прошёл под председательством академика Емельянова С.В. Представительство участников было широким.

Проект: Механизмы и технологии Стратегического управления в цифровом обществе

По итогам обсуждения на Круглом столе предлагается указанный Проект.

Ключевые слова: междисциплинарный системный подход, теория принятия решения, системный анализ, математические модели, информационно-коммуникационные технологии, сетевые структуры, проектирование, механизмы, технологии управления, стратегии, мотивации, исследование операций, теория игр, имитационное моделирование, стратегическое управление, социально-экономические процессы, финансовая инженерия.

Фундаментальная научная проблема, на решение которой направлен Проект: теоретические основания и подходы к разработке механизмов управления в условиях насыщения общества цифровыми средствами коммуникации.

Цель исследований: разработка инструментария на основе математического моделирования и информационно-коммуникационных технологий для генерирования и анализа механизмов управления.

Задачи исследований:

1. Обзор и классификация содержательных описаний механизмов в гуманитарных и естественнонаучных исследованиях.
2. Обзор и классификация формализованных описаний механизмов.
3. Постановка задачи проектирования механизмов.
4. Обоснование выбора системы математических моделей для проведения исследований.

5. Разработка Концепции и макетного варианта человеко-машинного комплекса для генерирования и проверки механизмов управления

6. Оценка базы данных, выбор группы экспертов для проведения исследований.

7. Разработка и адаптация программных реализаций для имитационной системы в первой версии.

8. Подготовка серии сценариев для вычислительных экспериментов в первой версии.

9. Проведение вычислительных экспериментов, обработка результатов.

10. Подготовка отчётов по Проекту, публикаций на тему исследований.

Обоснование проведения научной работы в выбранной организации: институты РАН (ФИЦ ИУ РАН) способны поддержать и организовать выполнение работ по Проекту.

Предлагаемые методы и подходы к решению поставленных задач (включая детальный план проводимых исследований)

Основания к проектированию механизмов управления.

Развитие и усложнение производственных технологий и организации общества, движение в направлении цифровой и сетевой экономики приводит ко всё большему усложнению процедур принятия решений и соответствующего аппарата, базирующегося на математических моделях и вычислительной технике.

В силу сложности принимаемых решений и миниатюризации средств коммуникации интуиция отдельных экспертов уже недостаточна для осмысления и переработки больших массивов информации, необходима разработка человеко-машинных комплексов, проводящих генерирование и выбор рациональных вариантов решений.

Насыщение общества средствами сетевой связи, широкое развитие социальных сетей привело к формированию петли обратной связи, при этом принципиально изменилось время обмена информацией и содержание факторов неопределённости.

Использование системной методологии стратегического управления крупными системами (включая корпорации и государственные структуры) необходимо предполагает междисциплинарный систем-

ный подход к проблеме, моделирующий весь жизненный цикл решения поставленной задачи, включающий разработку теории, создание инструментария, подготовку специалистов, и т.д.

Особое место в обществе занимают неманипулируемые механизмы принятия решений.

Ожидаемые по окончании Проекта научные результаты

Теоретические обоснования и первая рабочая версия человеко-машинного комплекса для генерирования и проверки механизмов управления в социально-экономической системе

Литература

1. МОИСЕЕВ Н.Н. *Математические задачи системного анализа*. – М.: Наука, 1981. – 488 с.
2. МОИСЕЕВ Н.Н. *Информационная теория иерархических систем* /Труды I Всесоюзн. конф. по исследованию операций. – Минск: 1974. с. 95-99.
3. ГЕРМЕЙЕР Ю.Б. *Игры с противоположными интересами*. М.: Наука, 1976. – 328 с.
4. ГЕРМЕЙЕР Ю.Б. *Введение в теорию исследования операций*. – М.: Наука, 1971.–383 с
5. ВАТЕЛЬ И.А., ЕРЕШКО Ф.И. *Математика конфликта и сотрудничества*. – М.: Знание, 1973. – 64 с.
6. ВАТЕЛЬ И.А., ЕРЕШКО Ф.И., КОНОНЕНКО А.Ф. *Игры с фиксированной последовательностью ходов и иерархические системы управления в экономике*. / Сб. Методы оптимизации и их приложения. Иркутск: 1974. с. 86-99.
7. ВАТЕЛЬ И.А., ЕРЕШКО Ф.И. *Игры с иерархической структурой*. //Математическая энциклопедия. т.2. – М.: 1979. с.478-482.
8. ПЕТРОВ А.А., ПОСПЕЛОВ И.Г., ШАНАНИН А.А. *Опыт математического моделирования экономики*. – М.: Энергоатомиздат, 1996, – 586 с.
9. ТОФФЛЕР Э. *Третья волна* – М.: Издательство АСТ, 2004. – 108 с.
10. ГЛУШКОВ В.М. *Макроэкономические модели и принципы построения ОГАС*. – М.: «Статистика», 1975. – 160 с.

11. ЗАЦАРИННЫЙ А.А., ШАБАНОВ А.П. *Технология информационной поддержки деятельности организационных систем на основе ситуационных центров.* – М.: «Торус пресс», 2015. – 232 с.
12. К. ШВАБ *Четвертая промышленная революция/* Пер. с англ. Предисловие Греф Г.О. – М.: «Эксмо», 2016 – 138 с.
13. ТОМПСОН А.А., СТРИКЛЕНД А. Дж. *Стратегический менеджмент. Искусство разработки и реализации стратегии.* Учебник для вузов/ Пер. с англ. под ред. Л.Г. Зайцева, М.И. Соколовой. – М.: Банки и биржи, ЮНИТИ, 1998. – 576 с.
14. БУРКОВ В.Н. *Основы математической теории активных систем.* – М.: Наука, 1977. – 255 с.
15. *Механизмы управления: Учебное пособие/*Под ред. Д.А. Новикова. – М.: ЛЕЛАНД, 2011. – 192 с. (Умное управление).
16. НОВИКОВ Д.А. *Теория управления организационными системами: Учебное пособие.* – М.: МПСИ, 2005. – 584 с.
17. БУРКОВ В.Н., ИРИКОВ В.А. *Модели и методы управления организационными системами.* – М.: Наука, 1994. - 272 с.
18. БУРКОВ В.Н., БУРКОВА И.В., ИРИКОВ В.А. *Управление инновационным развитием регионов: современный подход //* Проблемы теории и практики управления. 2010. №11/10. С. 8-12.
19. ЕРЕШКО Ф.И. *Принятие решений о диверсификации систем.* Труды Института системного анализа РАН «Динамика неоднородных систем» – М.: ЛЕНАНД, 2010. Т. 53(4), С. 107-114.
20. КАНАЕВА Н.А. *Механизм диверсификации в реализации муниципальных проектов //* Экономика и менеджмент систем управления. Научно-практический журнал 2012г. №2 (4). Изд-во «Научная книга», Воронеж, 2012г. – С. 30-39.

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ АЛГОРИТМ МОДЕЛИРОВАНИЯ ВСЕЙ ИЗВЕСТНОЙ ДИНАМИКИ НЕФТЯНЫХ ЦЕН С ОТКЛОНЕНИЕМ МЕНЕЕ 9%

Жолков С.Ю.

(НИУ нефти и газа им. И.М. Губкина; МФТИ; Москва)

sergei_jolkov@mail.ru

Построен универсальный алгоритм моделирования динамических систем, описываемых обобщенной моделью Дюпайра. В применении ко всем известным данным ежедневных торгов на нефть модель дает точность в 9%. Приводятся таблицы, содержащие основные характеристики, и индикаторы близости и необходимые графики аппроксимирующих траекторий.

Ключевые слова: инвестиционные проекты освоения месторождений нефти и газа; стохастическая теория управления портфелем активов; обобщенная модель Дюпайра (B.Dupire); статистика нефтяных рынков; адекватное моделирование динамики цен.

Стохастическая теория управления портфелем активов [1] дает эффективные методы решения проблем инвестирования в разработку месторождения и анализа рентабельности проектов разработки нефтегазовых месторождений, поскольку позволяет точно оценить объем начальных инвестиций и найти оптимальную динамику инвестиционного проекта. Так что, интерес к ее методам [2–5] представляется вполне оправданным. В практическом плане в 1998 г. Dias и Rocha применили этот подход во взаимовыгодном контракте компании Petrobras с контрагентом, рассчитанном на 10 лет.

Однако анализ реальной статистики рынка показал, что наиболее популярные модели безарбитражного (B,S)-рынка: модель Блэка–Мерттона–Шоулза (BMS-модель) [1.Т.1. С.345,912; 6; 7] и CRR-модель – модель Кокса–Росса–Рубинштейна [1.Т.2. Гл.5; 8] неадекватны реальной динамике цен. В [9,10] была предложена модель, названная обобщенной моделью Дюпайра [сравн. 1. Т.1, с.347]. В ней динамика цены случайного актива $S = (S_t)_{t \geq 0}$ описывалась стохастиче-

ческим дифференциальным уравнением $dS_t = S_t(\mu_t dt + \sigma_t dw_t)$, где коэффициенты постоянны на каждом периоде стабильности (на которые предварительно разбивается вся статистика цен), но зависят от S_t , т.е. случайны: $\mu = \mu(\omega, t, S_t)$, $\sigma = \sigma(\omega, t, S_t)$. Таким образом, динамика актива (нефтяных цен) описывается последовательностью (диффузионных) моделей Самуэльсона: $dS_t = S_t(\mu dt + \sigma dw_t)$ на случайных интервалах. Решение этого уравнения (с различными μ и σ на каждом интервале): $S_t = S_0 e^{H(t)}$, где $H(t) = (\mu - \sigma^2/2)t + \sigma w_t$ (w_t – винеровский процесс). Это позволяет использовать все результаты, полученные для модели Блэка–Мерттона–Шоулза (BMS-модели) [1, с.345,912; 6; 7], в частности, формулу Блэка–Шоулза для начальных инвестиций.

Проведенные исследования показали, что именно эта модель позволяет с хорошей точностью ([11], [12]) описать динамику цен.

Анализируется весь интервал официальной статистики ежедневных спотовых цен на сырую нефть марки Brent с 08.07.1988 по 03.03.2016. Данные котировки официально устанавливаются информационно-аналитическим агентством Platts (Platt), Mc-Graw Hill Financial (<http://www.platts.com/>).

Весь интервал данных разбивается (в результате нахождения «точек разлома») на 17 периодов стабильности ([12]).

Таблица 1

k	1	2	3	4	5
t_k	1	521	572	664	1507
Date _{t}	08.07.88	18.07.90	27.09.90	07.02.91	20.05.94

6	7	8	9	10	11
2190	2680	3054	3473	4641	4758
16.01.97	11.12.98	30.05.00	15.01.02	13.07.06	22.01.07

12	13	14	15	16	17
5155	5242	5865	6706	6792	6878
01.07.08	05.12.08	05.04.11	11.06.14	07.01.15	05.05.15

здесь k – номера интервалов, t_k – соответствующие номера п/п начальных точек интервалов.

Выбраны 3 основные характеристики адекватности (индикаторы близости) модели реальному рынку $\max d(x_t) = \max_{0 \leq x \leq T} |x_t - x_t^0|$ – равномерная метрика, характеристика максимального отклонения модельной траектории x_t от реальной статистики x_t^0 . Еще две – интегральные характеристики: относительное среднеквадратичное

отклонение: $qd(x_t) = \frac{1}{T} \sum_{t=0}^T \left(\frac{x_t - x_t^0}{x_t^0} \right)^2$ и колебание (swing)

$sw(x_t) = \frac{1}{T} \sum_{t=0}^T \frac{x_t - x_t^0}{x_t^0}$. Комментария требует только swing. Много эконо-

номических индикаторов зависит линейно от исследуемой функции – в них колебания (sw) просто скомпенсируются.

Разработана специальная процедура, выдающая *аппроксимирующие* траектории, являющиеся оптимальными в смысле индикаторов близости. Вычисление таких траекторий основано на предварительных оценках параметров $a = \mu - \sigma^2/2$ и σ^2 , но не на всех точках интервала, а лишь на начальных, образующих интервал, названный *базой*. Причем, после базы оптимальная траектория (как то ни удивительно) оставалась неизменной.

Таблица 2 дает соотношения между начальным отрезком (достаточным для 9%-й аппроксимации), базой и всем стабильным периодом.

Таблица 2

№ таб. интер.	База	Стаб. интер.	База (%)	9% начина с	9% с (в %)
1	112	521	21.50%	112	21.50%
2	20	51	39.22%	5	9.80%
3	34	93	36.56%	14	15.05%
4	234	844	27.73%	84	9.95%
5	258	684	37.72%	68	9.94%
6	159	492	32.32%	89	18.09%
7	57	374	15.24%	57	15.24%
8	52	421	12.35%	52	12.35%

9	446	1168	38.18%	206	17.64%
10	16	119	13.45%	11	9.24%
11	79	397	19.90%	39	9.82%
12	33	88	37.50%	13	14.77%
13	282	624	45.19%	152	24.36%
14	174	842	20.67%	84	9.98%
15	23	88	26.14%	23	26.14%
16	18	85	21.18%	8	9.41%

Приведем график оптимальной траектории и характеристики на худшем (по длине базы) 15-м периоде.

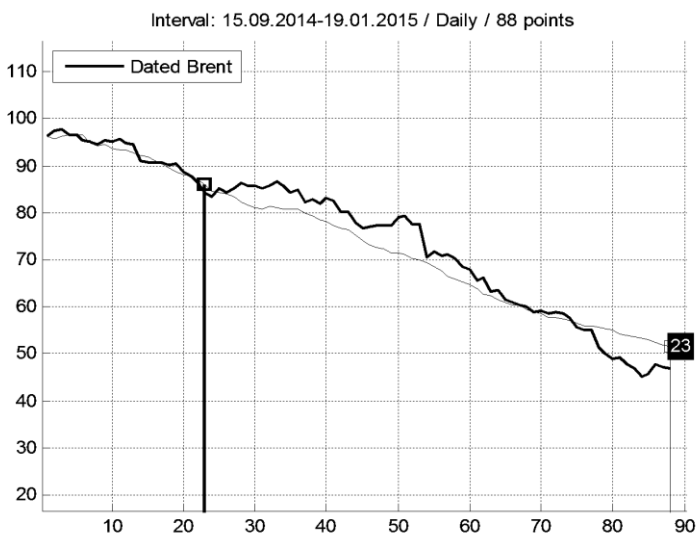


Рис.1. Стабилизация аппроксимирующей траектории на 15-м стабильном интервале

Табл.3. Длина базы и индикаторы на 15-м стабильном интервале

m	$g(15, m)$	qd (база)	$maxd$	qd	sw
1	8	0.029181	0.475099	0.167770	0.059544
2	13	0.046555	0.475099	0.167770	0.059544
3	18	0.035257	0.331690	0.108153	0.021688
4	23	0.012445	0.182093	0.057832	0.009135
5	28	0.015431	0.182093	0.057832	0.009135

Литература

1. ШИРЯЕВ А.Н. *Основы стохастической финансовой математики*. :Фазис. М. 1998.
2. ЗУБАРЕВА В.Д., САРКИСОВ А.С., АНДРЕЕВ А.Ф. *Инвестиционные нефтегазовые проекты: эффективность и риски*. :Недра. М. 2010.
3. ЛИМИТОВСКИЙ М.А. *Инвестиционные проекты и реальные опционы на развивающихся рынках*. :Дело. М. 2004.
4. СМОЛЯК С.А. *Оценка эффективности инвестиционных проектов в условиях риска и неопределенности*. :Наука. М. 2002.
5. DIAS M.A.G., ROCHA K.M.C. *Petroleum Concessions with Extendible Options Using Mean Reversion with Jumps to Model Oil Prices*. Working Paper, first presented at the present at "Workshop on Real Options", Stavanger, Norway, May 1998. Revised version presented in the 3rd Annual International Conference on Real Options. Netherlands, June 1999.
6. BLACK F., SCHOLES M. *The pricing of options and corporate liabilities*. //Journal of Political Economy. V.81. N3. 1973.
7. MERTON R.S. *Theory of rational option pricing*. //Bell Journal of Economics and Management Science. N4 (Spring). 1973.
8. COX J.C., ROSS R.A. RUBINSTEIN M. *Option Pricing: a Simplified Approach*. //Journal of Financial Economics. Vol.7. N3. 1979.
9. ЖОЛКОВ С.Ю. *Об инвестиционном анализе нефтегазовых проектов, связанном с реальными опционами*. Тр. V межд. конф. «Упр. разв. крупномасштабн. систем (MLSD'2011)». Т.1. :ИПУ РАН. М. 2011. С.117–119.
10. ЖОЛКОВ С.Ю. *Методы инвестиционного анализа и управления нефтегазовыми проектами, связанные с опционами*. Тр. Межд. конф. Теория активных систем (ТАС–2011)». Т.2. :ИПУ РАН. М. 2011. С.133–138.
11. ЖОЛКОВ С.Ю., КОРШУНОВ А.А. *Математическое моделирование динамики цен нефтегазовых рынков в контексте инвестиционного анализа*. // Труды РГУ нефти и газа им. И.М.Губкина. N.3. (268). Июль–сент. 2012. С.185–197.
12. КОРШУНОВ А.А. *О модели стохастических динамических систем с квадратичным отклонением не более 9% и ее применении в инвестиционных проектах*. // Журнал радиоэлектроники. N.12. Дек. 2015.

О РАЗБИЕНИИ НЕФТЯНЫХ ЦЕН НА СТАБИЛЬНЫЕ ПЕРИОДЫ В ОБОБЩЕННОЙ ДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДЮПАЙРА

Жолков С.Ю.^{1,2}, Коршунов А.А.¹

(1 – НИУ нефти и газа им. И.М. Губкина,

2 – МФТИ, г. Москва)

sergei_jolkov@mail.ru, arskgm@gmail.com

Приводятся два близких разбиения однодневной статистики цен нефти за 1988–2016 гг. Такое разбиение необходимо для построения обобщенной модели Дюпайра (B.Dupire) динамики цен.

Ключевые слова: инвестиционные проекты освоения месторождений нефти и газа; стохастическая теория управления портфелем активов; статистика нефтяных рынков; обобщенная модель Дюпайра; точки разлома временных рядов

Доходная часть инвестиционного проекта по освоению месторождений нефти и газа связана в первую очередь со стоимостью запасов, то есть с динамикой цен нефтяных рынков. Методы инвестиционного анализа, основанные на стохастической теории управления портфелем активов [1–3] представляются весьма перспективными, поскольку позволяет оценить объем начальных инвестиций и найти оптимальную динамику инвестиционного проекта.

Однако наиболее популярные модели – BMS-модель и CRR-модель [4; 5] описывают динамику цен неточно. Исследования показывают, что динамика цен адекватно описывается обобщенной моделью Дюпайра, в которой динамика цены случайного актива $S = (S_t)_{t \geq 0}$ удовлетворяет стохастическому дифференциальному уравнению $dS_t = S_t(\mu_t dt + \sigma_t dw_t)$, где коэффициенты постоянны на каждом периоде стабильности (на которые предварительно должна быть разбита вся статистика цен), но зависят от S_t , т.е. случайны: $\mu = \mu(\omega, t, S_t)$, $\sigma = \sigma(\omega, t, S_t)$.

Эти периоды названы стабильными, потому что на них интенсивность роста или падения стабильна. Поскольку (как то ни

странно) эти же уравнения описывают стохастические динамические системы для физических и технологических задач (приводящих к фильтру Калмана), требуемое разбиение эквивалентно поиску точек разлома временных рядов, соответствующих динамическим траекториям. Это важная самостоятельная задача вне зависимости от экономических приложений.

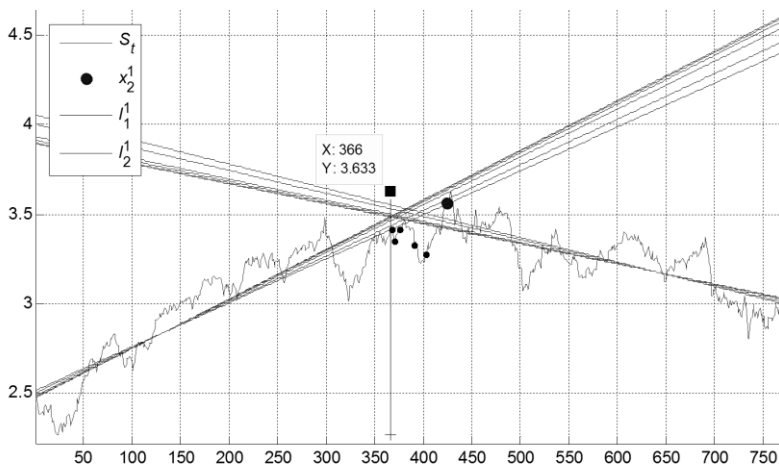


Рис.1.

В [6] описаны 2 алгоритма разбиения; оба алгоритма основаны на применении методов регрессионного анализа. 1-й алгоритм итерационный; первая точка разбиения смежных интервалов (на одном тенденция к росту, на другом – к убыванию) выбирается эмпирически, затем точка пересечения регрессионных прямых сближается с предыдущей точкой разбиения. Рис.1 иллюстрирует этот процесс.

Идея второго метода – в том, чтобы посредством вычислений находить точки, в которых происходит смена участков монотонности логарифмов цен. Для этого в алгоритме используется «скользящее окно» – множество, состоящее из определённого количества подряд идущих точек натурального ряда, смещающееся вправо на единицу на каждом шагу вычислений.

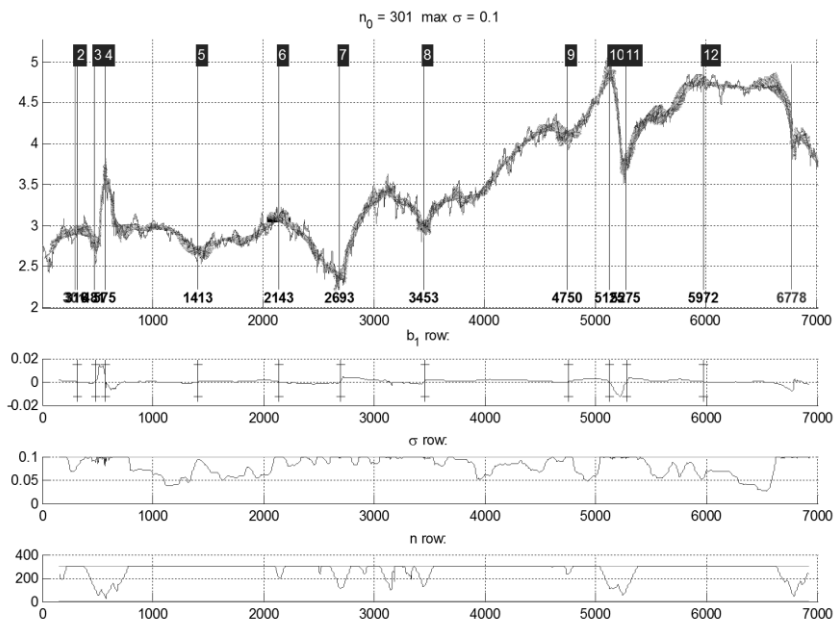


Рис.2. Ежедневная статистика Platts Dated Brent (логарифмический масштаб) и результаты применения второго алгоритма

На рис.2 помимо зависимости логарифма цены от номера точки изображены ещё значения трёх параметров в данной точке, использующихся в алгоритме. Их смысл легко понять из Рис.3. Пусть X – это точка, для которой мы хотим вычислить параметры. Если M – это окрестность точки X , состоящая из соседних точек, Y – логарифмы цен, L – это отрезок линии линейной регрессии $Y(M)$, сужения Y на множество M , по M , то первый параметр есть значение угла наклона L к оси абсцисс, второй параметр есть стандартное отклонение L от $Y(M)$, а третий параметр – количество точек во множестве M .

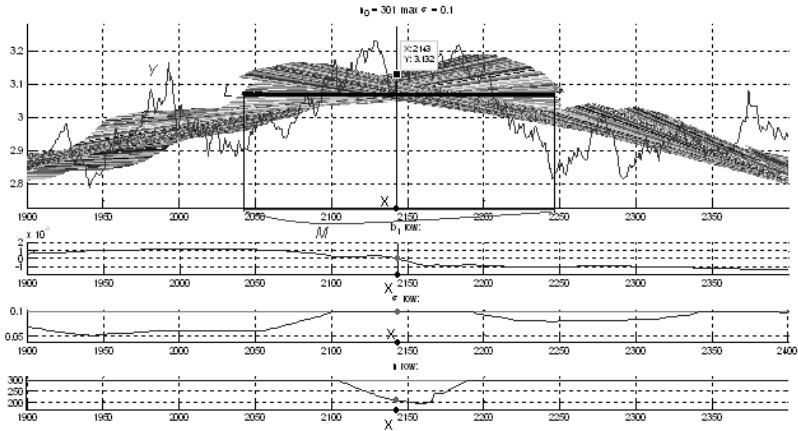


Рис.3. Параметры во 2-м алгоритме

Разбиение всей известной однодневной статистики цен нефти за 1988–2016 гг. по данным Platts (Platt), McGraw Hill Financial (<http://www.platts.com/>) согласно 1-му алгоритму дает следующая таблица.

Таблица 1

k	1	2	3	4	5
Date	08.07.88	18.07.90	27.09.90	07.02.91	20.05.94
6	7	8	9	10	11
16.01.97	11.12.98	30.05.00	15.01.02	13.07.06	22.01.07
12	13	14	15	16	17
01.07.08	05.12.08	05.04.11	11.06.14	07.01.15	05.05.15

Литература

1. ШИРЯЕВ А.Н. *Основы стохастической финансовой математики*. :Фазис. М. 1998.
2. ЗУБАРЕВА В.Д., САРКИСОВ А.С., АНДРЕЕВ А.Ф. *Инвестиционные нефтегазовые проекты: эффективность и риски*. :Недра. М. 2010.

3. СМОЛЯК С.А. *Оценка эффективности инвестиционных проектов в условиях риска и неопределенности.* :Наука. М. 2002.
4. MERTON R.S. *Theory of rational option pricing.* //Bell Journal of Economics and Management Science. N4 (Spring). 1973.
5. COX J.C., ROSS R.A. RUBINSTEIN M. *Option Pricing: a Simplified Approach.* //Journal of Financial Economics. Vol.7. N3. 1979.
6. КОРШУНОВ А.А. *О модели стохастических динамических систем с квадратичным отклонением не более 9% и ее применении в инвестиционных проектах.* // Журнал радиоэлектроники. N.12. Дек. 2015.

ПОСТРОЕНИЕ ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОЙ КОМПРОМИССНОЙ СИСТЕМЫ ОПЛАТЫ ТРУДА

Заложнев А.Ю.¹, Заложнева Л.Л.¹, Матвеева И.Н.²

(1 – ИПУ им. В.А.Трапезникова РАН, Москва;

2 – Mars Inc, Sales Department Moscow)

zalozhnev@yandex.ru, zalozhneva-1@yandex.ru, matveeva.in@bk.ru

Реально работающая система оплаты труда является, как правило, результатом компромисса между работниками и работодателем. Доклад посвящен исследованию проблемы построения дифференцированной компромиссной системы оплаты труда, решение которой может оказывать существенное влияние на эффективность деятельности производственного предприятия.

Ключевые слова: дифференцированная система оплаты труда, работник, работодатель, компромисс, компромиссная система оплаты труда.

1. Введение

Реально работающая система оплаты труда является, как правило, результатом некоторого компромисса между работниками и работодателем. В докладе рассматривается проблема нахождения формальных обоснований достижения такого компромисса.

Результаты, представленные в докладе, основываются на идеях, содержащихся в теории рационального выбора [1-4], общих положениях теории контрактов [5-6] и такого её раздела как теория неформальных контрактов (Implicit contract theory) [7], а также в теории трудовых (производственных) отношений (Employment Relations Theories) [8-9]. В приведенном в конце доклада списке, как правило, указаны англоязычные первоисточники.

Остановимся только на рассмотрении дифференцированных систем оплаты труда, которые устанавливают зависимость заработной платы в единицу времени s' от индивидуальной производительности труда y' , следуя при этом терминологии, представленной в работах [10] и [11].

Системы оплаты труда, в которых устанавливается взаимосвязь между результатами индивидуального труда и индивидуальным вознаграждением могут быть рассмотрены аналогично. Также аналогично могут быть рассмотрены и коллективные системы оплаты труда.

2. Компоновка текстового материала

Выбор оптимальной системы оплаты труда из некоторого набора систем оплаты труда $\{f_1, \dots, f_n\}$, где σ' задается (1)

$$(1) \quad s' = f_i(y'),$$

может осуществляться с двух точек зрения: с точки зрения работника (работников) и с точки работодателя.

С точки зрения работника допустимыми являются системы оплаты труда, которые обеспечивают уровень зарплаты, превышающий необходимый минимум s'_{\min} при производительности труда, не превышающей некоторый приемлемый с точки зрения работников максимум y'_{\max} . Введение ограничения $s' \geq s'_{\min}$ отсекает системы стимулирования, позволяющие работнику иметь низкую производительность при низкой зарплате, т.е. предполагает определенный рационализм трудовой деятельности.

Оптимальной системой оплаты труда с точки зрения работника $f^*(y')$ будет та, которая предполагает минимальную производительность при достижении минимального уровня оплаты труда по сравнению с другими системами оплаты.

При определении систем оплаты труда, допустимых с точки зрения работодателя, будем исходить из того, что работодателю известны и принимаются требования, предъявляемые работниками к системам оплаты труда. В противном случае работодатель не сможет найти адекватного персонала для своего предприятия.

В дополнение к этим требованиям работодатель предъявляет дополнительные требования к системам оплаты труда, которые могут быть оформлены в виде ограничений (2):

$$(2) \quad y' \geq y'_{\min}, \quad s' \leq s'_{\max}.$$

Первое из этих ограничений означает, что работодатель рассчитывает, что работник будет работать с производительностью не ниже

y'_{\min} , а второе ограничение означает, что величина зарплаты, которую он готов выплачивать каждому работнику не превосходит s'_{\max} .

Оптимальной системой оплаты труда $f^{**}(y')$ с точки зрения работодателя будет та, которая предполагает минимальный, по сравнению с другими системами оплаты, уровень зарплаты при достижении максимальной производительности y'_{\max} .

Очевидно, что системы оплаты труда оптимальные с точки зрения работников не являются оптимальными или предпочтительными с точки зрения работодателя, и наоборот.

В качестве системы оплаты труда, приемлемой как для работодателя, так и для работников, может быть выбрана система, хотя и не удовлетворяющая критериям, предъявляемым как работодателем, так и работниками к оптимальным системам оплаты труда, но такая, что для неё существуют пары значений (производительность, заработная плата), лежащие в некоторой окрестности пар значений, которые являются значимыми с точки зрения критериев, предъявляемых к оптимальным системам оплаты труда, и которые принадлежат системам оплаты труда оптимальным с точки зрения работников или с точки зрения работодателя.

С формальной точки зрения требования к компромиссной системе могут быть сформулированы следующим образом. Если предположить, что функция $f^*(y') = f_i(y')$ является непрерывной на $[y'_1, y'_2] \subset [0, y'_{\max}]$ и строго монотонной, то согласно известной теореме для нее существует обратная функция $f^{*-1}(s')$, такая что имеет место равенство (3):

$$(3) \quad f^{*-1}(f^*(y')) = y'.$$

Тогда требования к компромиссной системе оплаты труда $\hat{f}(y')$ имеют вид (4):

$$(4) \quad \exists(y'_1, s'_1 = \hat{f}(y'_1)) \wedge (y'_2, s'_2 = \hat{f}(y'_2)):$$

$$\left| (y'_1, s'_1) - (f^{*-1}(s'_{\min}), s'_{\min}) \right| < \varepsilon \wedge \left| (y'_2, s'_2) - (y'_{\max}, f^{**}(y'_{\max})) \right| < \varepsilon.$$

Также существенным является и то, что фигурирующие в (4) ε -окрестности точек $(f^{*-1}(s'_{\min}), s'_{\min})$ и $(y'_{\max}, f^{**}(y'_{\max}))$ одновременно не содержат точек какой-либо другой функции, задающей систему оплаты труда отличную от компромиссной.

2. Заключение

Может иметь место ситуация, когда в ε -окрестностях точек $(f^{*-1}(s'_{\min}), s'_{\min})$ или $(y'_{\max}, f^{**}(y'_{\max}))$ компромиссная система оплаты труда не удовлетворяет требованиям, предъявляемым работниками или работодателем к допустимым системам оплаты труда. В этом случае в целях практического использования компромиссная система может быть перенастроена путем соответствующего изменения параметров.

Литература

1. KUNZ V. *Rational Choice*. Frankfurt/ New York: Campus Verlag, 2004. – 175 pp. ISBN 3-593-37237-1.
2. RITZER G. *Contemporary Sociological Theory and Its Classical Roots: The Basics*: 3rd (Third) edition. New York: McGraw-Hill, 2009. – 352 pp. – ISBN 978-0-07-340438-7.
3. AKERLOF G.A., Kranton R. E. *Identity Economics (How our identities shape our work, wages, and well-being)*. Princeton, New Jersey, USA: Princeton University Press, 2011.– 200 pp. ISBN 9781400834181.
4. WEISS A.E. *101 Business Ideas That Will Change the Way You Work Turning Clever Thinking Into Smart Advice*. Upper Saddle River, New Jersey, USA: FT Publishing International, 2013. – 299 pp. ISBN 978-0273786191.
5. HART O. *Firms, Contracts and Financial Structure*. Oxford: Clarendon Press ; New York: Oxford University Press, 1995. – 240 pp. ISBN 978-0-19-828881-7.
6. WILLIAMSON O.E. *The Economic Institutions of Capitalism*. NY: Free Press, 1998. – 468 pp. ISBN 978-0-684-86374-0.
7. AZARIADIS C., STIGLITZ J. *Implicit Contracts and Fixed Price Equilibria* // The Quarterly Journal of Economics, Vol. 98, Supplement (1983), pp. 1-22.
8. *Theoretical Perspectives on Work and the Employment Relationship*. Ed. by Kaufman B. Ithaca, NY, USA: Cornell University ILR School, 2004. – 350 pp. ISBN 978-0-913-44788-8.

9. GENNARD J., JUDGE G. *Employee Relations*, Wimbledon, London, England: Chartered Institute of Personnel and Development, 2005. – 397 pp. ISBN: 978-1-843-98063-6.
10. ЗАЛОЖНЕВ Д.А., НОВИКОВ Д.А. *Модели систем оплаты труда*. М.: ПМСОФТ, 2009. – 184 с.
11. ЗАЛОЖНЕВ Д.А., МАРТЫНОВ Д.В., БАРБАШИНОВА Н.Б. *Мотивация и оплата труда персонала предприятия*. Тверь: Тверской государственный технический университет, 2013. – 72 с.

РАЗМЕЩЕНИЕ ОБЪЕКТОВ ВДОЛЬ ЛИНЕЙНОЙ ТРАССЫ

Кондратьев В.Д.

(МВД РФ)

k-051310@ mail.ru

В работе рассматривается задача оптимизации размещения сети станций и пунктов государственного технического осмотра вдоль линейной трассы.

Ключевые слова: задача размещения, дискретная оптимизация, сеть.

Задача размещения объектов различного вида [1] составляют широкий класс задач дискретной оптимизации. Выделим среди них задачи размещения сети станций и пунктов государственного технического осмотра ГТО [2]. Возможны различные постановки задач оптимального размещения в зависимости от того, какие ограничения являются существенными, и какие критерии оптимальности выбраны.

Рассмотрим один частный случай, связанный с размещением объектов вдоль некоторой линейной трассы. Этому случаю соответствует граф [3], приведенный на рис.1.

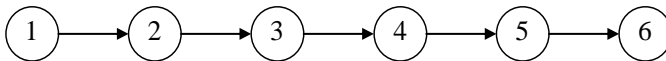


Рис.1 Размещение объектов вдоль линейной трассы

Пусть ограничения на величину финансовых средств не являются существенными, то есть их можно не учитывать. Для решения задачи в этом случае построим сеть следующим образом. Сеть состоит из $(n+2)$ вершин, входа x_0 , выхода z и n вершин рис.2.

Вход x_0 соединяем дугами с вершинами 1 и 2, соответствующими пунктам 1 и 2. Каждую вершину i за исключением $(n-2)$, $(n-1)$, n соединяем дугами с вершинами $(i+2)$, $(i+3)$. Вершину $(n-2)$ соединяем дугой с вершиной n , а вершины $(n-1)$, n соединяем дугами с выходом z .

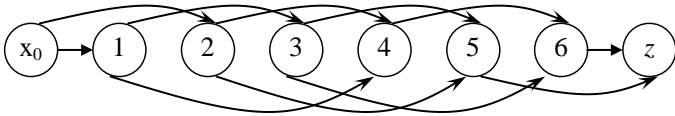


Рис.2 Сеть для решения задачи

Определение. Размещение объектов называем плотным, если нельзя добавить ни одного объекта, не нарушая ограничений на близость пунктов размещения.

Очевидно, что оптимальное размещение объектов должно быть плотным.

Теорема. Любому пути в сети рис. 2, соединяющему вход с выходом, соответствует плотное размещение объектов и наоборот, любому плотному размещению объектов соответствует некоторый путь в сети рис.2.

Доказательство. Покажем, что необходимым и достаточным условием плотности размещения объектов являются следующие условия.

1. Отсутствие между двумя пунктами, в которых размещены объекты, трех последовательных пунктов, в которых не размещено ни одного объекта. Необходимость очевидна, поскольку, если имеются три таких последовательных пункта, то во втором из них можно поместить объект. Достаточность следует из того, что если таких трех последовательных пунктов нет, то любой новый объект будет соседствовать с одним из уже размещенных.

2. В пунктах 1 и 2 должен быть размещен один, и только один объект. Аналогично в пунктах $(n-1)$ и n должен быть размещен один, и только один объект. Действительно, больше одного нельзя, поскольку эти пункты являются близкими. Если же не размещено ни одного объекта, то размещение не является плотным.

Заметим теперь, что сеть (рис. 2) построена на основе вышеприведенных условий.

Действительно, любой путь, соединяющий вход с выходом проходит либо через вершину 1, либо через вершину 2, а также либо через вершину $(n-1)$, либо через вершину n . Кроме того, отсутствуют дуги $(i, i+k)$, где $k > 3$, что соответствует условию отсутствия трех последовательно расположенных пунктов, в которых не размещено ни одного объекта. Теорема доказана.

Таким образом, задача свелась к определению пути, соединяющего вход с выходом и имеющего максимальную длину, где под длиной пути понимается сумма эффектов в вершинах сети.

Литература

1. УЛЕСОВ А.С., ПРУТОВЫХ М.А. *Методика решения задачи об оптимальном размещении производственных объектов* // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 5.
2. КОНДРАТЬЕВ В.Д. *Развитие сети станций и пунктов государственного технического осмотра* // «Автомобильная промышленность». – № 9. – 2005.
3. БУРКОВ В.Н., ЗАЛОЖНЕВ А.Ю., НОВИКОВ Д.А. *Теория графов в управлении организационными системами*. – М.: Синтег. – 2001. – 124 с.

ОЦЕНКИ КОНКУРЕНЦИИ НА РЫНКЕ ПРЕДОСТАВЛЕНИЯ ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ

Цыганов В.В.

(ИПУ им. В.А.Трапезникова РАН, Москва)

bbc@ipu.ru

Разработана и исследована модель оценки конкуренции на рынке предоставления грузовых вагонов в зависимости от эндогенных и экзогенных параметров транспортной системы и внешней среды.

Ключевые слова: конкуренция, рынок, транспорт, вагон, груз

Поддержание и развитие конкуренции является важной проблемой. Например, для оценки конкуренции и реформирования железнодорожного транспорта (ЖДТ) Европейского союза (ЕС) многократно использовался разработанный К.Кирхнером совместно с компанией IBM индекс LІВ - показатель либерализации железных дорог [1]. Однако недостатки индекса LІВ не позволили эффективно применить его во многих странах ЕС [2].

Решением проблем конкуренции на ЖДТ Евразийского экономического союза (ЕАЭС) занимается Евразийская экономическая комиссия (ЕЭК) [3]. Например, в выполненной по заказу ЕЭК работе [4] рассмотрены теоретические основы оценки конкуренции операторов на рынке предоставления грузовых вагонов (кратко — вагонов) во взаимосвязи с технологиями ЖДТ. Рассматриваются два направления такой конкуренции. Первое - конкуренция операторов за предоставление вагонов грузоотправителям для перевозки грузов. Второе - конкуренция операторов за сдачу вагонов в аренду другим операторам. Общая оценка уровня конкуренции должна учитывать локальные оценки конкуренции в обоих вышеуказанных направлениях.

Конкуренция операторов вагонов за грузоотправителя тем сильнее, чем больше предложение вагонов превышает спрос на них. Конкуренция операторов при сдаче вагонов в аренду тем выше, чем больше число вагонов, которые могут быть арендованы. Основанная на вышеуказанных соображениях формула (17) работы [4] позволяет

получать общую оценку уровня конкуренции операторов на рынке предоставления вагонов:

$$(1) K = fN - A/q,$$

где N – число вагонов, A – грузооборот магистрального автотранспорта, конкурирующего с ЖДТ, q – средняя производительность грузового вагона, f – весовой коэффициент, характеризует значимость конкуренции за аренду вагонов, в сравнении со значимостью конкуренции за грузоотправителя, $0 < f < 1$.

Содержательно, первое слагаемое в правой части (1) характеризует оценку конкуренции операторов при сдаче вагонов в аренду (которая тем выше, чем больше число вагонов N). Второй член в правой части формулы (1) характеризует оценку конкуренции операторов за грузоотправителя, которая тем слабее, чем больше спрос на вагоны под перевозку превышает предложение. Разницу между спросом и предложением на вагоны под перевозку характеризует объем грузов A , «уходящих» с ЖДТ на конкурирующий магистральный автотранспорт (МАТ). Поэтому оценка конкуренции операторов за грузоотправителя, согласно формуле (1), тем меньше, чем больше грузов уходит с ЖДТ на МАТ, т.е. чем больше A . Далее, поскольку q – средняя производительность грузового вагона, то величина A/q характеризует число вагонов, необходимых для перевозки объема грузов A . Чем больше это число, тем больше грузов уходит с ЖДТ на МАТ, т.е. тем больше спрос на вагоны превышает их предложение. Следовательно, чем больше A/q , тем слабее конкуренция на рынке предоставления вагонов под перевозку. Это обстоятельство и отражает второй член в правой части (1).

Пользуясь теорией больших транспортных систем [5], выявим и проанализируем функциональную зависимость оценки конкуренции (1) от параметров рынка предоставления вагонов и внешней среды. Заметим, что средняя производительность вагона q увеличивается с ростом его средней скорости v и грузоподъемности w : $q = vw$. Введем параметр $a = A/w$. Тогда, согласно формуле (1), оценка конкуренции приобретает вид:

$$(2) K = fN - a/v.$$

В свою очередь, средняя скорость вагона v зависит от состояния рынка грузов (в т. ч. их номенклатуры и объемов), вагонного парка (в т. ч. его численности), транспортной сети (в т. ч. пропускной спо-

собности и технологии грузоперевозок) и других факторов. В монографии [5] рассмотрена транспортная диаграмма, характеризующая зависимость скорости движения поездов с грузовыми вагонами от плотности их потока на железной дороге. Дискретный режим на дороге характеризуется независимым движением этих поездов и постоянством их скорости ($v = const = c$). При непрерывном режиме движение поездов на дороге взаимозависимо.

Переход от дискретного режима движения к непрерывному происходит при увеличении числа вагонов до n . В линейном приближении средняя скорость движения (или скорость потока) вагонов определяется по формуле:

$$(3) v = \begin{cases} c, & \text{если } N \leq n \text{ (дискретный реж.)}, c > 0, n > 0 \\ c - b(N - n), & \text{если } n < N < n + c/b \text{ (непрерывный реж.)}, \\ 0, & \text{если } N \geq n + c/b, c > 0, b > 0, n > 0 \end{cases}$$

где b – эластичность убывания средней скорости движения (потока) вагонов с ростом их числа в непрерывном режиме, $b > 0$.

Подставим (3) в (2) и проанализируем полученную функциональную зависимость оценки конкуренции K от числа вагонов N : $K = K(N)$. Нетрудно показать, что при значениях эндогенных и экзогенных параметров транспортной системы и внешней среды, рассматриваемых в данной модели и удовлетворяющих неравенству $fc^2w < Ab$, оценка $K(N)$ увеличивается с ростом N , достигая максимума в точке перехода от дискретного режима к непрерывному (т.е. при $N = n$). После этого $K(N)$ уменьшается, и конкуренция ослабевает при дальнейшем росте N .

Далее, при значениях параметров модели, удовлетворяющих неравенству $fc^2w > Ab$, оценка $K(N)$ увеличивается с ростом числа вагонов N , достигая максимума при $N^* = n + (c - \sqrt{Ab / fw}) / b$. Таким образом, при $fc^2w > Ab$ конкуренция операторов усиливается с ростом числа вагонов N , вплоть до N^* , после чего ослабевает при дальнейшем увеличении числа вагонов N . Полученные результаты были использованы при проведении НИР «Оценка состояния и перспектив развития конкуренции на рынке предоставления грузовых вагонов, а также других связанных с ними услуг» по заказу ЕЭК (2015г.) [3]. В частности, они показывают, что весьма распространенное в национальных органах антимонопольного регулирования стран-членов

ЕАЭС мнение о том, что конкуренция операторов на рынке предоставления вагонов постоянно усиливается с ростом числа вагонов, вообще говоря, не верно.

Литература

1. KIRCNER, C. *Rail Liberalisation Index 2011. Market opening: comparison of the rail markets of the Member States of the European Union, Switzerland and Norway*. IBM & Humboldt-University Berlin. Brussels, 2011. <http://www.era.europa.eu/Document-Register/Documents/SPR2014.pdf>
2. ISLAM, D.M.Z. *Barriers to and Enablers for European Rail Freight Transport for Integrated Door-to-door Logistics Service*. Transport problems. 2014. Vol. 9. Iss.3. P. 43-56.
3. <http://www.eurasiancomission.org/ru/NIR/Lists/List/DispForm.aspx?ID=127>
4. ЦЫГАНОВ В.В. *Прогнозирование информационных взаимодействий и противоборства организационных структур на транспортной сети / Информационные войны*. 2016. № 2. С.48-56.
5. 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.

О НЕКОТОРЫХ МАКРОЭКОНОМИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИОННЫХ ИГРОВЫХ МОДЕЛЯХ

Шевченко В.В.

(ВЦ РАН им. А.А. Дородницына ФИЦ ИУ РАН, Москва)

vsh1953@mail.ru

Рассмотрены автаркическая и не автаркическая агрегированные макроэкономические модели управления национальной экономикой с тремя и шестью игроками соответственно, наглядно демонстрирующие влияние коррупционного, посреднического и процентного паразитизма на инфляционные процессы и социально-экономическую деградацию.

Ключевые слова: теория игр, исследование операций, операционная игра, экономико-математическое моделирование, макроэкономика.

1. Введение

Операционное игровое сценарное моделирование как метод описания и исследования социально-экономических процессов сформировалось на основе осмысления, практического использования и развития представлений, методов, алгоритмов решения конкретных задач, описанных в [1-13] и других работах. В [2-5] сформулированы основные положения математической теории исследования операций и теории иерархических игр Гермейера, рассмотрены вопросы исследования неопределённостей в этих играх, проанализированы игры с иерархическим вектором интересов. Что создало основу для значительного расширения возможностей прикладного использования теоретико-игровых моделей. В [8,14-18] рассмотрены вопросы органичного синтеза представлений теории игр и исследования операций с представлениями аналитического бухгалтерского учёта, на базе значительного опыта решения производственно-экономических задач управления и прогноза сформулирована концепция «операционной игры», рассмотрена взаимосвязь операционных игр с классическими игровыми моделями.

Понятия счёта, проводки, хозяйственной операции, обязательства, сценарного условия, сценария и сценарного плана в теории операционных игр обретают строгие математические определения.

Операционное игровое взаимодействие или операционная игра по существу является динамическим ансамблем статических игр, поскольку проведение некоторым подмножеством множества игроков в некоторый момент времени игрового взаимодействия некоторой операции является статической игрой.

Базирующаяся на теории операционных игр методология операционного игрового сценарного моделирования апробирована на решении ряда прикладных задач сценарного прогнозирования динамики основных показателей производственно-экономического развития предприятий, корпораций и отраслей ОПК, ОПК в целом, промышленного комплекса г. Москвы и его отраслей, разработки модулей моделирования информационно-аналитических систем отраслевого и федерального значения. В настоящей работе представлены некоторые результаты апробации данной методологии в области макроэкономического моделирования.

2. Автаркическая модель

В качестве самой простой, максимально агрегированной макроэкономической операционной игровой модели была построена автаркическая однопродуктовая операционная игровая модель с тремя игроками (макроагентами): **ВЛАСТЬ (В)**, **ТРУЖЕНИКИ (Т)**, **ПАРАЗИТЫ (П)**.

К производящим ценности операциям агента **Т** в некоторый момент (период) относятся все проведенные в этот момент созидательные операции, к потребительским операциям агента **Т** – операции необходимого потребления, к потребительским операциям агента **П** – операции паразитического, избыточного потребления. При этом под продуктом (ценностью) понимается совокупность товарной продукции, созданных в результате НИОКР и иных действий нематериальных активов, модернизационных, здравоохранительных, образовательных, просветительских, торгово-посреднических, юридических, бытовых и финансовых услуг.

Интегральным итогом деятельности власти (игрока **В**) в рамках рассматриваемой модели является резервирование некоторой части

произведенного продукта для обеспечения государственных нужд и формирования товарных запасов (путём налоговых и иных изъятий), возможная эмиссия (либо изъятие из оборота) денежной массы и распределение имеющейся к началу периода (года, квартала) после возможной эмиссии либо ремиссии у **В** денежной массы между игроками **Т** и **П** и денежным резервом. При этом считается, что деньги оборачиваются за период один раз, игроки **Т** и **П** имеют меняющуюся во времени численность и минимумы продукта (в стоимостной оценке по ценам фиксированного периода), необходимого для выживания одного условного труженика или паразита в течение периода.

Игрок **Т**, оценив ожидаемый (в силу имеющихся договорённостей) в течение предстоящего периода доход, оценивает его размер по ценам предыдущего периода и определяет, достаточно ли ожидаемого дохода для обеспечения необходимого для выживания в предстоящий период потребления. В случае (назовём его «сытым»), если достаточно, ожидаемый остаток делится агентом **Т** между вложением в увеличение своей численности (в прирост), резервированием продукта и резервированием денег. Ожидаемый денежный доход считается исполняемым (форс-мажоры не рассматриваются). Деньги, выделенные игроком **Т** на необходимое потребление, прирост и продуктовый резерв выходят на рынок купли-продажи продукта в качестве платежеспособного спроса.

В случае (назовём его «голодным»), если ожидаемого дохода недостаточно для обеспечения необходимого потребления в предстоящий период (при расчёте по ценам предыдущего периода), игрок **Т** выводит на рынок в качестве платежеспособного спроса весь ожидаемый доход и определяемый его стратегией поведения в «голодных» ситуациях процент имеющегося денежного запаса и в качестве предложения продукта тот же «голодный» процент имеющихся запасов продукта (комиссионные скидки в рамках приближений данной модели не учитываются, продукт из запасов считается тождественным вновь произведенному). Закупленный агентом **Т** в данный период продукт распределяется следующим образом:

- выделяется в приоритетном порядке необходимое количество продукта для необходимого жизнеобеспечения, если для этого не хватает всего закупленного продукта – численность игрока **Т**

уменьшается на недостаток, делённый на необходимое потребление одного индивида (учитывается также и естественная смертность);

- остаток от необходимого потребления (если таковой имеется) делится в соответствии с принятой игроком **T** стратегией между продуктовым резервом и обеспечением прироста численности.

Независимо от полученного дохода каждый труженик производит за период количество продукта, соответствующее заданной производительности (возможно меняющейся во времени по тому или иному алгоритму).

Поведение игрока **П** вполне аналогично поведению игрока **T**, за исключением того, что игрок **П** продукта не производит.

Исходя из объёмов платёжеспособного спроса и предложенного на рынок продукта, определяются цена нового периода и процент инфляции (дефляции).

Данная модель реализована средствами Microsoft Excel. Рассмотрены как идеальный сценарий мгновенного удушения паразитов и отказа от лишних запасов, так и иные сценарии, в каждом из которых можно посмотреть ожидаемую динамику состояния счетов (продукта и денег) **B**, **T**, **П**, численности **T** и **П**, цены на продукт и инфляции, других показателей. При проведении расчётов начальные численности **T** и **П** были установлены ориентировочно для населения России исходя из того, что 140-миллионное население делится на 130 млн. тружеников и 10 млн. паразитов.

Уже в рамках описанной простой модели видно, как сильно влияет на инфляцию, численность населения, иные показатели паразитизм коррупционного, процентного и посреднического характера. В идеальном сценарии в отсутствие резервируемых затрат продукта (оборона, безопасность, ...) с удушением паразитов за один период население возрастает за 20 лет со 140 до 272 млн. человек. При резервируемых затратах продукта в 20% при тех же прочих условиях – до 190 млн. человек. При паразитных затратах в 10% при тех же прочих условиях – до 178 млн. человек (165 млн. тружеников и 13 млн. паразитов). При паразитных затратах в 40% - уменьшается до 136 млн. человек (107 млн. тружеников и 29 млн. паразитов).

3. Не автаркическая модель: страна и мир

Также была реализована не автаркическая двухпродуктовая модель с теми же игроками для страны (России или иной) и такими же игроками для внешнего мира (ВМ): **ВЛАСТЬ ВМ (ВВМ), ТРУЖЕНИКИ ВМ (ТВМ), ПАРАЗИТЫ ВМ (ПВМ)**. При этом считалось, что продукты страны и внешнего мира различаются, эмитируются внешние и внутренние деньги, для жизнеобеспечения и населению страны, и населению внешнего мира нужны определённые количества обоих продуктов. Труженики и паразиты и страны и внешнего мира разделены на взрослых и несовершеннолетних (детей). Продукт производят только взрослые труженики страны и внешнего мира. Обмен валют страны и внешнего мира проводится свободно на общем валютном рынке, курс в каждый период определяется объёмами валют, выставленными на продажу всеми игроками путём простого деления. Продукты страны и внешнего мира также реализуются на общем рынке, но и страна и внешний мир устанавливают таможенные пошлины на ввоз и вывоз, взимаемые со своих граждан.

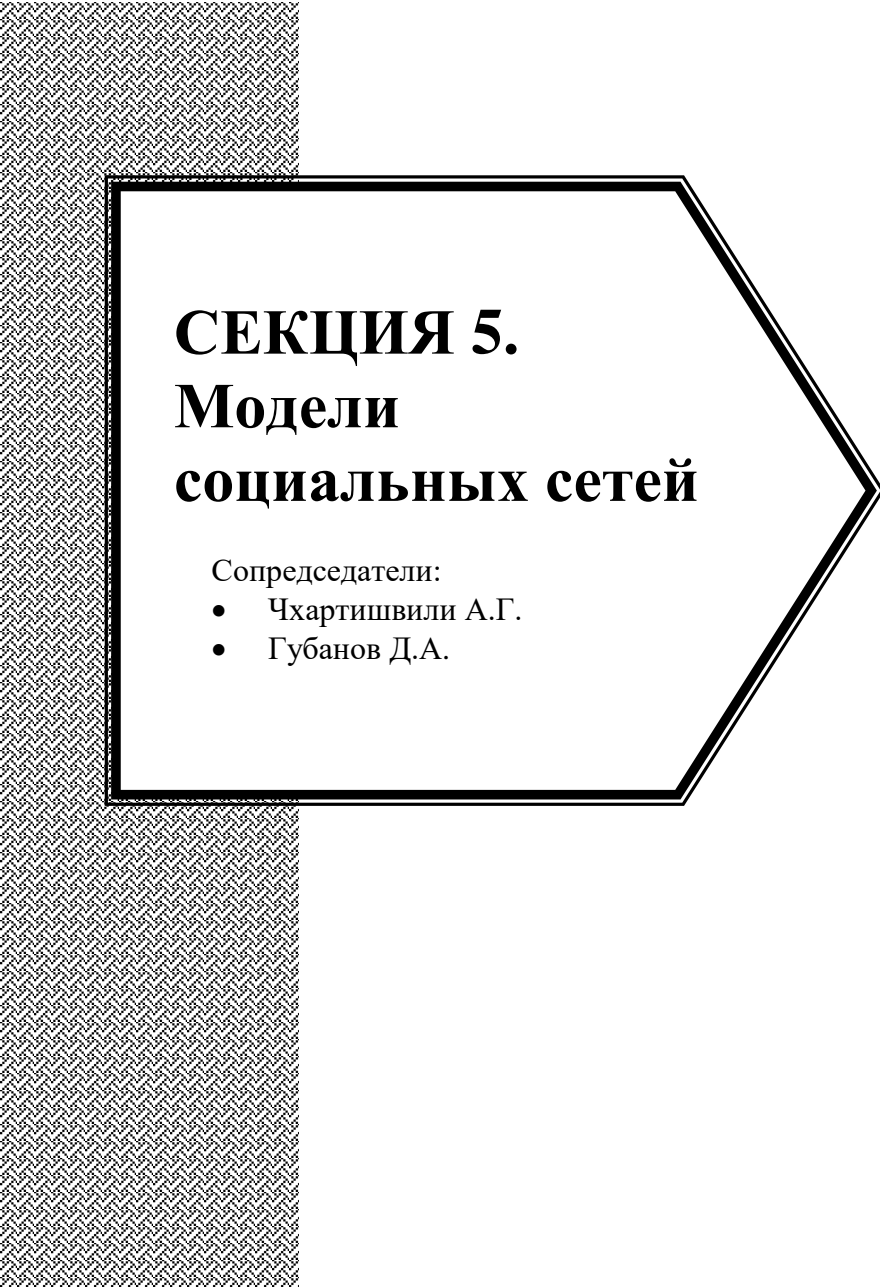
Стратегии поведения игроков естественным образом усложняются. Власть страны (игрок **В**) и внешнего мира (**ВВМ**) эмитируют и изымают из обращения валюты (каждый свою), резервируют и выбрасывают на рынок обе валюты и оба продукта, распределяют (путём использования всего спектра мер государственного управления) аккумулируемые к концу периода (предполагается, как и в автаркической модели, один оборот за период) объёмы собственной валюты (с учётом возможной эмиссии или ремиссии) между тружениками и паразитами в течение следующего периода. Часть резервируемого властью продукта используется на государственные нужды капитального характера (оплата труда работников госсектора относится к средствам, выделенным для тружеников или паразитов).

Анализ чувствительности динамики численностей населения страны и внешнего мира и индексов инфляции к распределениям реальных доходов между тружениками и паразитами в стране и во внешнем мире показал, что динамические равновесия стабильного развития и страны и внешнего мира (возникающие только при наличии государственного регулирования) разрушаются уже при долях процента паразитического потребления. Что приводит к вымиранию населения и там, и там.

Литература

1. НЕЙМАН Дж., МОРГЕНШТЕРН О. *Теория игр и экономическое поведение*, пер. с англ. М.: Наука, 1970. 707 с.
2. ГЕРМЕЙЕР Ю.Б. *Введение в теорию исследования операций*. М.: Наука. 1971. 384 с.
3. ЕРЕШКО Ф.И., КОНОНЕНКО А.Ф. *Решение игры с правом первого хода при неточной информации о цели партнера*. Ж. вычисл. матем. и матем. физ., 13:1 (1973). С. 217–221.
4. ГЕРМЕЙЕР Ю.Б., ВАТЕЛЬ И.А. *Игры с иерархическим вектором интересов*. – М.: Изв. АН СССР, Техническая кибернетика 1974, №3.
5. ГЕРМЕЙЕР Ю.Б. *Игры с противоположными интересами*. М.: Наука, 1976. 328 с.
6. БУРКОВ В.Н. *Теория активных систем и совершенствование хозяйственного механизма*. М.: Наука, 1984.
7. КОНОНЕНКО А.Ф., ХАЛЕЗОВ А.Д., ЧУМАКОВ В.В. *Принятие решений в условиях неопределенности*. М.: ВЦ АН СССР, 1991. 197 с.
8. ОТЕНКО С.А., ШЕВЧЕНКО В.В. *Об информационно-логическом моделировании договорных взаимодействий*. М.: ВЦ РАН, 1991. 20 с.
9. АЛИЕВ В.С., КОНОНЕНКО А.Ф. *Об агрегировании в динамических играх*. Ж. вычисл. матем. и матем. физ., 35:8 (1995). С. 1245–1259.
10. ПАВЛОВСКИЙ Ю.Н. *Имитационные модели и системы*. М.: ФАЗИС, ВЦ РАН, 2000. 134 с.
11. КОНОНЕНКО А.Ф., МУХТАРОВ У.М. *Динамические системы с ответственностью за выполнение связанных ограничений*. М.: ВЦ РАН, 2002. 34 с.
12. ПЕТРОВ А.А. *Об экономике языком математики*. М.: ФАЗИС, ВЦ РАН, 2003. 112 с.
13. ПОСПЕЛОВ И.Г. *Моделирование экономических структур*. М.: ФАЗИС, ВЦ РАН, 2003. 191 с.
14. КОНОНЕНКО А.Ф., ШЕВЧЕНКО В.В. *Задачи управления производственными корпорациями и операционные игры*. М.: ВЦ РАН, 2004. 42 с.

15. КОНОНЕНКО А.Ф., ШЕВЧЕНКО В.В. *Использование игрового и сценарного моделирования в решении задач управления промышленным комплексом региона*. М.: ВЦ РАН, 2007. 48 с.
16. КОНОНЕНКО А.Ф., ШЕВЧЕНКО В.В. *О взаимосвязи операционных игр с классическими игровыми моделями*. М.: ВЦ РАН, 2010. 48 с.
17. КОНОНЕНКО А.Ф., ШЕВЧЕНКО В.В. *Операционные игры. Теория и приложения*. М.: ВЦ РАН, 2013. 136 с.
18. ЕРЕШКО Ф.И., ШЕВЧЕНКО В.В. *Принципы и процедуры операционного игрового сценарного моделирования*. Материалы XII Всероссийского совещания по проблемам управления (ВСПУ-2014 16-19 июня 2014 года, Москва, Россия, ИПУ РАН). С. 5364-5374.



СЕКЦИЯ 5. Модели социальных сетей

Сопредседатели:

- Чхартишвили А.Г.
- Губанов Д.А.

АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ И ДИНАМИКИ МАЛОЙ СОЦИАЛЬНОЙ ГРУППЫ МЕТОДОМ G-МОДЕЛИРОВАНИЯ⁶

Виноградов С.М., Шведовский В.А.

(Социологический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова)

mamosp@mail.ru, stasan.vin@mail.ru

Предложен подход, согласно которому существует два типа социальных систем: реальные и виртуальные, в качестве вторых рассматриваются социальные Интернет-сети. Исследуемая малая группа студентов-выпускников раскрывается как фрагмент обеих систем одновременно. Описывается методология и результаты применения социальных графов в анализе структуры и динамики этой малой группы.

Ключевые слова: социальный граф, Интернет-сети, малые группы, виртуальные социальные системы, моделирование.

1. Введение

За последние годы функционал социальных Интернет-сетей существенно расширился и сегодня они представляют собой уже не просто интерактивные сайты, а виртуальные социальные системы, существующие параллельно реальным. Современный пользователь, таким образом, оказывается элементом одновременно двух этих систем.

Это ставит перед социологией важные вопросы. Что представляют собой социальные отношения и процессы в этом новом, виртуально-цифровом пространстве? И как их изучать?

Наиболее адекватным подходом к решению поставленных вопросов представляется синтез системной социологической теории Н. Лумана [1] и методологии сетевого анализа [3].

⁶ Работа выполнена при частичной поддержке грантами РФФИ 16-01-00306, РГНФ 15-03-00435

2. Предмет и цели исследования

Практическая реализация данного подхода была осуществлена в исследовании структуры и динамики малой группы студентов Социологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, окончивших обучение летом 2015 года, являвшейся фрагментом и реальной социальной системы, и виртуальной.

Цель исследования содержала в себе два аспекта: во-первых, анализ структурно-динамических изменений в системе внутригрупповых взаимоотношений; а во-вторых, рассмотрение отличий групповой структуры и динамики в реальных межличностных и виртуальных социальных сетях.

3. Методология исследования

В ходе исследования было произведено два сбора данных. Первый из них осуществлялся летом 2015 года, а второй – спустя полгода (зимой 2016). Данные в рамках реальной системы были получены методом опроса, а в рамках виртуальной – с помощью контент-анализа страниц студентов в Интернет-сети «ВКонтакте». В опросном листе респонденты присваивали каждому из своих одноклассников оценку близости их связи от 0 («Не общаемся вообще») до 100 («Очень близкий человек»). При анализе страниц в соцсети «ВКонтакте» связям присваивался коэффициент, рассчитанный по ряду показателей (количество «лайков» и «репостов», комментарии и т.д.).

На основе собранных данных с помощью программного обеспечения Gephi, были построены соответствующие статические и динамические социальные графы, в том числе и прогнозные. Затем модели были проанализированы и сопоставлены как визуально, так и путем изучения основных статистик графа G : средней взвешенной степени вершин $d(G)$, среднего коэффициента кластеризации и модулярности [2] (modularity index), показывающего процент связей участников группы, находящихся внутри данного кластера.

3. Результаты исследования

В результате анализа и сопоставления летних и зимних моделей было установлено, что за полгода отношения между членами группы стали заметно более дистанцированными, причем в значительно большей степени это проявилось в графах реальной системы. Также

в последних были обнаружены тенденции, во-первых, к дезинтеграции группы и образованию на ее основе как минимум одной самостоятельной подгруппы, а во-вторых, к возможному распаду на пары или подгруппы остальной части студентов. В результате анализа прогнозных динамических моделей похожие тенденции проявились и в виртуальной сети, где интенсивность процессов дезинтеграции и интеграции заметно ниже. Это позволяет сформулировать гипотезу о большей степени доверия реальным межличностным отношениям.

Структура внутригрупповых связей в виртуальной и в соцсети реальной жизни существенно отличается. Было отмечено, что хотя связность группы в обеих системах почти одинакова, различия в плотности графов G , их структуре и силе связей, а также во взаимности последних, весьма существенны.

Эти наблюдения приводят к двум предположениям. Либо столь существенные отличия графов G объясняются фактом деформализации группы в реальной системе межличностных отношений и отсутствием такового в виртуальной социальной сети. Либо недостатком данных по Интернет-сети, связанным с невозможностью самостоятельно оценить (как минимум) частоту личных переписок между пользователями.

В дополнение отметим, что в процессе анализа моделей среди членов группы были обнаружены наиболее и наименее популярные студенты, то есть лидеры и аутсайдеры.

Также отметим, что была поставлена и рассмотрена задача о нахождении существенных (статистически значимых) различий между фактически полученными в ходе обработки эмпирического материала графами и случайными графами [4] с аналогичными характеристиками с целью выявления отличительных особенностей «живых систем», в том числе, активных систем [5].

Литература

1. ЛУМАН Н. *Введение в системную теорию*. / Пер. с нем. яз. К. Тимофеева. М.: Логос, 2007. – 360 с.
2. NEWMAN M., GIRVAN M. *Finding and evaluating community structure in networks* // Physical Review E. Vol. 69. 2004. № 2. Article ID 026113. – 16 p.

3. SCOTT J. *Social network analysis. A handbook.* – London: SAGE Publications, 1991. – 208 p.
4. КОЛЧИН В.Ф. *Случайные графы.* – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2000. – 256 с.
5. БУРКОВ В.Н., НОВИКОВ Д.А. *Введение в теорию активных систем.* М.: ИПУ РАН, 1996. – 125 с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ГРАФОВ СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЕЙ БОЛЬШОГО РАЗМЕРА⁷

Гилязова А.А.

(ИПУ им. В.А.Трапезникова РАН, Москва)

В работе представлены результаты моделирования графа социальной сети размером более миллиона узлов по алгоритму с отсевом активных узлов и сравнение итоговых результатов с параметрами русскоязычного сегмента онлайн-социальной сети Facebook.

Ключевые слова: социальные сети, вебграф, алгоритм, моделирование, отсев активных узлов.

1. Введение

Данная работа продолжает исследование алгоритма с отсевом активных узлов, представленного автором в работе [1] и предназначенного для моделирования графов социальных сетей. Предыдущие исследования для графов размером до десятка тысяч узлов показали, что по сравнению с рядом известных алгоритмов (см. обзор в [2]) рассматриваемый алгоритм позволяет в широком диапазоне начальных параметров достичь лучшего приближения к требуемым статистическим характеристикам, а именно: степенное распределение степеней вершин, малый средний кратчайший путь, высокая кластеризация, низкая плотность, положительная ассортативность.

В данном исследовании удалось увеличить размер моделируемых сетей до более миллиона узлов, а также было проведено сравнение с характеристиками русскоязычного сегмента онлайн-социальной сети Facebook. Данные об этой социальной сети были предоставлены компанией «Лаборатория цифрового общества» (www.digsolab.com).

Получаемые графы могут быть в дальнейшем использованы для моделирования процессов распространения информации в социальных сетях (как например в [3]). Кроме того, модель может представ-

⁷ Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 16-01-00820\16.

лять теоретический интерес для объяснения механизмов роста социальных сетей, прогнозирования их дальнейшей динамики, оценки устойчивости и возможностей управления.

2. Описание алгоритма

На каждом шаге в сеть добавляется 25 новых активных узлов. Далее 5% активных узлов образуют новые связи (округление с избытком, чтобы не ухудшать связность графа из-за погрешностей). Поскольку связи ненаправленные, то это означает, что на каждом шаге у 10% активных узлов степень увеличивается на единицу. Далее на стадии отсева деактивируется 5% активных узлов (это число округляется с недостатком) с вероятностью, обратно пропорциональной их степени. Эта вероятность рассчитывается для всех узлов в начале стадии отсева и далее не пересчитывается, таким образом на неё не влияет порядок, в котором отсеиваются узлы.

3. Результаты расчётов

Полученный граф имеет 1 075 000 узлов и 2 501 833 ненаправленных связей. Помимо этого, получено 1 427 250 изолированных узлов, не учитываемых в дальнейшем. Для сравнения, в русскоязычном сегменте онлайн-социальной сети Facebook в сентябре 2013 года имелось примерно 3,25 млн. пользователей и около 155,28 млн. связей.

Средняя степень узлов в полученном графе составляет примерно 4,7, что на порядок меньше, чем в русскоязычном сегменте онлайн-социальной сети Facebook (47,8).

Максимальная степень узла составила 8 499. В русскоязычном сегменте онлайн-социальной сети Facebook этот показатель составлял 4 199.

Плотность сети составила $4,3 \cdot 10^{-6}$. Для русскоязычного сегмента Facebook плотность составляла $1,5 \cdot 10^{-5}$.

Перечисленные отличия могут быть обусловлены выбранными начальными параметрами. Были взяты те параметры, которые для графа размером 10 000 узлов давали наилучшее приближение к параметрам русскоязычного сегмента Facebook из всех рассмотренных вариантов. Но по-видимому, доля числа узлов, образующих новые

связи на каждом шаге, была слишком низкой, что обусловило низкие показатели средней степени и плотности графа.

Доля гигантской компоненты связности составила 0,96. В реальных социальных сетях она превышает 0,9. По этому параметру достигнуто сходство, если не учитывать изолированные узлы.

Одним из ключевых моделируемых параметров является показатель степени степенного распределения степеней вершин. В реальных социальных сетях этот показатель считается примерно равным -2,1. В данной сети он равен примерно -2,5. Тем не менее, форма графика распределения степеней соответствует требуемой, а значение показателя довольно близкое к целевому, и скорее всего, может быть улучшено за счёт изменения начальных параметров.

Другой ключевой показатель – коэффициент ассортативности, положительное значение которого означает, что со статистической точки зрения люди более склонны иметь друзей, у которых примерно то же количество друзей. Данный эффект можно объяснить, например, тем, что если у человека есть друг с большим числом друзей, то он может его с ними познакомить, и тогда у них обоих будет большое число друзей. Для русскоязычного сегмента онлайн-социальной сети Facebook коэффициент ассортативности оценивался как примерно 0,3. В данной сети по мере её роста коэффициент ассортативности значительно менялся от примерно 0,3 при 1 000 узлов в графе до 0,03 в итоговом графе размером 1,075 млн. узлов.

Таким образом, уменьшение коэффициента ассортативности (хотя он и остался положительным) является единственным обнаруженным ухудшением качества моделирования с увеличением размера сети. Этот эффект, по-видимому, связан с заданными начальными параметрами и требует дальнейшего исследования.

4. Выводы

В данной работе исследовалась сеть размером более миллиона узлов, построенная по алгоритму генерации вебграфов с отсевом активных пользователей и проведено сравнение получаемых параметров с параметрами русскоязычного сегмента онлайн-социальной сети Facebook. Полученный граф имеет требуемую форму распределения степеней вершин. По сравнению с моделированием графов меньшего размера достигнуто улучшение качества моделирования

по большинству параметров, за исключением коэффициента ассортативности, который уменьшился, но остался положительным. Требуется дальнейшие исследования по подбору оптимальных значений начальных параметров.

Литература

1. ГИЛЯЗОВА А.А. О новом алгоритме построения графов, обладающих статистическими характеристиками, схожими с реальными социальными сетями // Теория активных систем (ТАС-2014) — М.: ИПУ РАН, 2014. — С. 201-202. — Электронная версия доступна по адресу: http://www.mtas.ru/search/search_results.php?publication_id=19832
2. РАЙГОРОДСКИЙ А.М. Модели случайных графов. — М.: МНЦМО, 2011. — 136 с. — Электронная версия доступна по адресу: <http://www.mccme.ru/free-books/dubna/raigor-4.pdf>
3. ГИЛЯЗОВА А.А. О модели распространения информации в социальных сетях для случая взаимно противоборствующих потоков // Труды 57-й научной конференции МФТИ, Радиотехника и кибернетика. — М.: МФТИ, 2014. — С. 81-83.

НОРМИРОВАННАЯ И НЕНОРМИРОВАННАЯ ВЛИЯТЕЛЬНОСТЬ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ И МЕТА-ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ ОНЛАЙНОВОЙ СОЦИАЛЬНОЙ СЕТИ

Губанов Д.А., Чхартишвили А.Г.
(ИППУ им. В.А.Трапезникова РАН, Москва)
dmitry.a.g@gmail.com, sandro_ch@mail.ru

В докладе предложены содержательно разные способы определения конкретного вида функции значимости действий, введенной ранее в акциональной модели: нормированный и ненормированный. Приведен расчет ненормированной и нормированной влиятельности пользователей онлайн-социальной сети ВКонтакте, выделенных по заданному признаку.

Ключевые слова: социальная сеть, акциональная модель, нормированная влиятельность, ненормированная влиятельность.

1. Введение

В последнее десятилетие роль информационной реальности в жизни общества становится сопоставимой с ролью физической реальности. Информационные процессы в онлайн-социальных сетях во многом определяют общественную, политическую и социально-экономическую жизнь общества. Влиятельные пользователи существенно определяют тематику обсуждаемых новостей, позитивное или негативное отношение к каким-либо явлениям и персонам. Большое число исследований (см., например, [1,4-9]), в которых так или иначе используется понятие влияния, свидетельствует об отсутствии единого универсального подхода к его определению и к разработке алгоритмов его расчета. По-видимому, для различных теоретических и прикладных задач целесообразно применять разные определения влияния в социальной сети.

В статье [3] была предложена акциональная модель влияния. В соответствии с этой моделью пользователи сети (агенты) совершают взаимосвязанные действия, при этом влияние агента, характеризующееся интенсивностью реакции на его посты (как оригинальные, так

и репосты) и комментарии, определяется с учетом точки зрения управляющего органа (либо исследующего сеть аналитика). В работе [2], являющейся развитием акциональной модели, предложено определение влиятельности и методы ее расчета на основе реакции, порождаемой оригинальными действиями. В данной работе рассматриваются нормированные и ненормированные версии влиятельности и соответствующие расчеты на данных онлайн-сети ВКонтакте.

2. Акциональная модель. Влияние и влиятельность пользователей и мета-пользователей

Кратко опишем формальную модель распространения действий в социальной сети – акциональную модель [3].

Участниками сети будем считать агентов из фиксированного множества $N = \{1, 2, \dots, n\}$, совершающих действия из фиксированного множества возможных видов действий $K = \{1, 2, \dots, k\}$ в те или иные моменты времени из интервала T . Видом действия может быть создание поста, создание комментария к посту и т. д. Обозначим множество действий через Δ и далее будем считать его конечным. Каждое действие $a \in \Delta$ характеризуется тремя параметрами – совершившим его агентом $i \in N$, видом действия $j \in K$ и моментом времени $t \in T$. Определим функцию $\alpha(a)$, которая каждому действию $a \in \Delta$ ставит в соответствие совершившего его агента $\alpha \in N$.

Далее, пусть на множестве действий задано бинарное отношение частичного порядка « a является причиной b » (или $a \rightarrow b$), удовлетворяющее свойствам рефлексивности, антисимметричности и транзитивности. Пример такого отношения в онлайн-социальной сети: a – создание поста, b – создание комментария к этому посту.

Если задано множество $A \subseteq \Delta$, то можно определить множество всех действий, являющихся последствиями действий из A : $\pi(A) = \{b \in \Delta \mid \exists a \in A a \rightarrow b\}$. В этом случае среди всех действий Δ можно выделить множество Δ^0 *начальных действий*, которые не являются последствиями какого-либо другого действия.

Для того, чтобы учитывать установки центра при расчете влиятельности, введем в рассмотрение *значимость множества действий* – функцию $\Phi(S)$:

$$\Phi: 2^\Delta \rightarrow [0, +\infty).$$

Предполагается, что функция $\Phi(S)$ является монотонной, а также, что $\Phi(\Delta) > 0$.

Определим влияние и влиятельность мета-агента в соответствии с ранее предложенной моделью [2].

Функция влияния мета-агента $I \subseteq N$ на мета-агента $J \subseteq N$ определяется следующим образом:

$$\chi(I, J) = \begin{cases} \frac{\Phi(\pi(\delta_I^0) \cap \delta_J)}{\Phi(\delta_J)}, & \Phi(\delta_J) > 0; \\ 0, & \Phi(\delta_J) = 0. \end{cases}$$

где $\delta_I = \{a \in \Delta \mid \alpha(a) \in I\}$ – множество действий, совершенных агентом $I \subseteq N$, а $\delta_I^0 = \{a \in \Delta^0 \mid \alpha(a) \in I\}$ – множество совершенных агентом $I \subseteq N$ начальных действий. Далее будем считать, что $\Phi(\delta_J) > 0$ для любого $J \subseteq N$.

Функция влияния может характеризовать влияние мета-агента I на всю сеть, которое и называется *влиятельностью* $\varepsilon(I)$:

$$(1) \quad \varepsilon(I) = \chi(I, N) = \frac{\Phi(\pi(\delta_I^0))}{\Phi(\Delta)}.$$

Способы расчета значимости действий. Нормированная и ненормированная влиятельность

Для решения конкретных прикладных задач значимость Φ должна быть корректно определена. Немаловажным с практической точки зрения является также наличие эффективных алгоритмов расчета ее значения.

Рассмотрим значимость действий для центра в двух несколько различающихся вариантах, имеющих разный содержательный смысл.

В первом варианте (будем называть его *ненормированным*) ценность каждого такого поста, лайка и комментария определяется одной и той же положительной константой, которую без ограничения общности можно считать равной 1. Во втором варианте (будем называть его *нормированным*) производится нормировка таким образом, чтобы суммарная значимость действий каждого агента была равна 1 (содержательно это означает, что влияние отдельного агента на расчет влиятельности не зависит от его активности).

Ограничимся рассмотрением следующих видов действий: 1) создание поста (оригинального поста или репоста), 2) создания комментария к посту, 3) выставление лайка посту, 4) создание лайка комментарию. Следовательно, множество K состоит из четырех элементов: $K = \{1, 2, 3, 4\}$.

Будем считать, что бинарное отношение причинности $a \rightarrow b$ выполнено в следующих случаях: a – создание поста, b – создание комментария к посту; a – создание поста или комментария, b – выставление ему лайка; a – создание поста, b – его репост. Также будем считать отношение причинности выполненным при совпадении a и b .

Поскольку в данном случае каждое действие оценивается отдельно, значимость совокупности действий $S \subseteq \Delta$ зависит аддитивно от каждого из них следующим образом:

$$\Phi(S) = \sum_{a \in S} \Phi(a).$$

В ненормированном случае полагаем $\Phi(a) = 1$, если a – пост с упоминанием ключевого слова, созданный в интервале T , или комментарий к такому посту, созданный в интервале T , или лайк такому посту или комментарию, созданный в интервале T , иначе $\Phi(a) = 0$. Назовем *ненормированной* такую влияние, для расчета которой используется заданная выше значимость действий.

В нормированном случае полагаем

$$\Phi(a) = \frac{1}{|\delta_{\alpha(a)}|}$$

(где $|\cdot|$ означает мощность множества) если a – пост с упоминанием ключевого слова, созданный в интервале T , или комментарий к такому посту, созданный в интервале T , или лайк такому посту или комментарию, созданный в интервале T , иначе $\Phi(a) = 0$. Такая значимость приводит к новому, *нормированному* способу расчета влияния.

3. Расчет влиятельности на примере онлайн-социальной сети

В данном разделе рассмотрим пример расчета влиятельности пользователей онлайн-социальной сети ВКонтакте (vk.com)⁸. Будем считать, что значимыми для центра являются посты, в которых содержится ключевое слово «Назарбаев», а также их репосты, комментарии и лайки к ним. В качестве интервала T будем рассматривать 2015 год (т.е. T – это промежуток от 0 часов 0 минут 0 секунд 1 января 2015 года до 23 часов 59 минут 59 секунд 31 декабря 2015 года).

Имеются все необходимые данные для расчета влиятельности пользователей по формуле (1) в двух вариантах – нормированном и ненормированном. Приведем некоторые результаты расчетов влиятельности отдельных пользователей (т.е. с использованием формулы (1) для одноэлементных множеств I).

Построим зависимость совокупной влиятельности (суммарной влиятельности пользователей) от числа наиболее влиятельных пользователей. На рис. 1 изображен график этой зависимости: по горизонтальной оси указан процент наиболее влиятельных пользователей, по вертикальной оси – совокупная влиятельность пользователей определенного процента наиболее влиятельных пользователей.

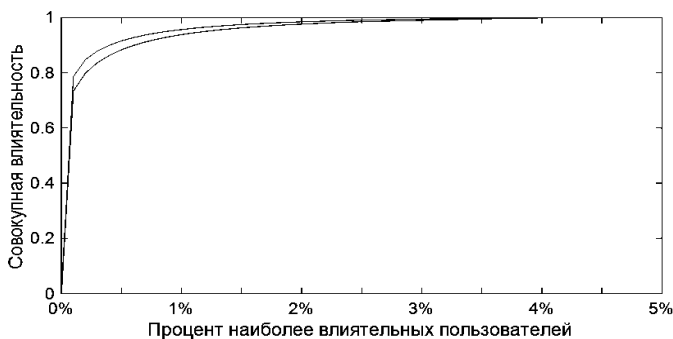


Рис. 1. Зависимость совокупной влиятельности пользователей от их числа (ниже – распределение по ненормированной влиятельности, выше – по нормированной)

⁸ Анонимизированные данные были предоставлены для исследований компанией DSS Lab (dss-lab.ru).

Из рис. 1 видно, что лишь небольшое число пользователей обладают существенной влиятельностью. Оказывается, что совокупная влиятельность всего одного процента наиболее влиятельных пользователей составляет 94-96% общей влиятельности всех пользователей, совокупная влиятельность двух процентов – 98% общей влиятельности, а совокупная влиятельность пяти процентов – 100% общей влиятельности.

Таким образом, предложенные способы расчета влиятельности позволяют эффективно выявлять небольшое множество пользователей, оказавших наибольшее воздействие на остальных пользователей сети в рамках указанных центром тематики и предпочтений. На практике различие предложенных способов проявляется в разных позициях пользователей, ранжированных по влиятельности. Отметим также различие этих способов в следующем аспекте: искусственно увеличивая количество своих постов (не вызывающих заметной реакции остальной части социальной сети), пользователь может увеличивать свою ненормированную влиятельность, делая ее сколь угодно близкой к 1; нормированная влиятельность лишена этого эффекта.

4. Заключение

В докладе предложены содержательно разные способы определения конкретного вида функции значимости действий, введенной ранее в акциональной модели: нормированный и ненормированный. Приведен расчет ненормированной и нормированной влиятельности пользователей онлайн-социальной сети ВКонтакте. Результаты расчетов показали, что предложенные способы расчета влиятельности позволяют (при наличии соответствующих исходных данных) выявлять ключевых пользователей, оказывающих наибольшее воздействие на онлайн-социальную сеть.

Литература

1. 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.

2. ГУБАНОВ Д.А., ЧХАРТИШВИЛИ А.Г. *Об определении влияния пользователей и мета-пользователей онлайн-социальной сети на основе акциональной модели*. XIII Всероссийская школа-конференция молодых ученых «Управление большими системами». 5-9 сентября 2016, Самара. [В печати]
3. ГУБАНОВ Д.А., ЧХАРТИШВИЛИ А.Г. *Акциональная модель влияния пользователей социальной сети // Проблемы управления*. 2014. № 4. С. 20-25.
4. AGARWAL N., LIU H., TANG L., YU P.S. *Identifying the influential bloggers in community // Proceedings of the 1st ACM International Conference on Web Search and Data Mining*. – 2008. – P. 207-217.
5. AKRITIDIS L., KATSAROS D., BOZANIS P. *Identifying Influential Bloggers: Time Does Matter // Proceedings of the 2009 IEEE/WIC/ACM International Joint Conference on Web Intelligence and Intelligent Agent Technology*. – 2009. – P. 76-83.
6. FRIEDKIN N.E., JOHNSEN E.C. *Social Influence Network Theory: A Sociological Examination of Group Dynamics*. – Cambridge University Press, 2011. – 367 p.
7. HUBBELL C. *An input-output approach to clique identification // Sociometry*. – 1965. – Vol. 28. – P. 377-399.
8. KEMPE D., KLEINBERG J., TARDOS E. *Maximizing the spread of influence through a social network // Proceedings of the 9th ACM SIGKDD international conference on Knowledge discovery and data mining*. – 2003. – P. 137-146.
9. WENG J., LIM E.-P., JIANG J., HE Q. *Twitterrank: finding topic-sensitive influential twitterers // Proc. of the Third Int. Conf. on Web Search and Web Data Mining*. – 2010. – P. 261–270

БАЗОВАЯ МОДЕЛЬ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ИНТЕРНЕТ-ФЛЭШМОБА В СОЦИАЛЬНОЙ СЕТИ⁹

Петров А.П., Лебедев С.А.

(Институт прикладной математики

им. М.В.Келдыша РАН, Москва)

petrov.alexander.p@yandex.ru, salebedev@inbox.ru

Рассматривается процесс увеличения с течением времени численности участников флэшмоба в социальной сети. Проведено построение базовой математической модели, учитывающей наиболее существенные черты процесса, а также ее сравнение с эмпирическими данными о распространении одного из флэшмобов в Твиттере

Ключевые слова: социальные сети, флэшмоб в Интернете, распространение информации, математическая модель.

1. Введение

Процесс распространения информации в социальных системах представляет интерес как с теоретической, так и практической точек зрения, поэтому неудивительно, что вопросам распространения информации и информационного противоборства посвящено значительное количество публикаций – см., напр. [1-9]. Настоящая работа посвящена конкретному классу явлений – именно, флэшмобам в социальных сетях в Интернете.

Строго говоря, это понятие не формализовано и на практике его относят к нескольким разным типам процессов. Например, флэшмобом иногда называют явление, при котором многочисленные пользователи оставляют выдержанные в одном духе комментарии к какой-нибудь конкретной записи.

В настоящей работе мы называем флэшмобом явление, при котором многочисленные пользователи делают одинаковые посты в своих аккаунтах. Если читательские аудитории этих пользователей

⁹ Работа выполнена при поддержке РГНФ (проект 15-03-00435)

не совпадают хотя бы частично, то количество людей, осведомленных о существовании флэшмоба (а вместе с ней и количество тех из них, кто готов стать его участником), увеличивается с каждым новым постом. Это позволяет говорить о распространении флэшмоба как об одном из классов процессов распространения информации в социальных сетях.

2. Математическая модель

Обозначим через N_0 численность потенциальных участников флэшмоба (каждый может сделать не более одного поста), единицы времени называть днями и нумеровать их $t = 0, 1, 2, \dots$ (причем пост, начинающий флэшмоб, происходит в день $t = 1$). Через $k(t)$ обозначим количество постов, сделанных в день t , через $n(t)$ - накопленное количество постов к началу этого дня: $n(t) = \sum_{i=0}^{t-1} k(i)$. Имея в виду построение базовой (т.е. учитывающей лишь самые основные черты процесса) модели, будем считать, что вероятность зайти в социальную сеть в конкретный день ода и та же для всех пользователей и не отличается ото дня к дню (таким образом, мы пренебрегаем, в частности, недельными циклами); обозначим эту величину через q . Нетрудно видеть, что при сделанных предположениях, в день t в социальную сеть зашли $qn(t)$ отпостившихся пользователей и $q[N_0 - n(t)]$ неотпостившихся. Предполагается, что неотпостившийся пользователь постит в тот же день, в который впервые увидел хотя бы один пост, участвующий во флэшмобе. Обозначим через p вероятность того, что некоторый конкретный пользователь увидит некоторый конкретный пост, участвующий во флэшмобе. Тогда вероятность того, что он увидит хотя бы один из $n(t)$ постов, равна $P(t) = 1 - (1 - p)^{n(t)}$. Таким образом, количество отпостившихся в день t равно $k(t) = q(t)[N_0 - n(t)][1 - (1 - p)^{n(t)}]$.

3. Флэшмоб 632305222316434

Эмпирические результаты относительно динамики распространения флэшмоба на настоящий момент собраны лишь для одного случая – так называемого Флэшмоба 632305222316434 (см. [10]). Сопоставление показывает, что базовая модель описывает существование единственного ярко выраженного пика активности участников,

но не описывает асимметрию (спада активности на практике является существенно более постепенным, чем подъем).

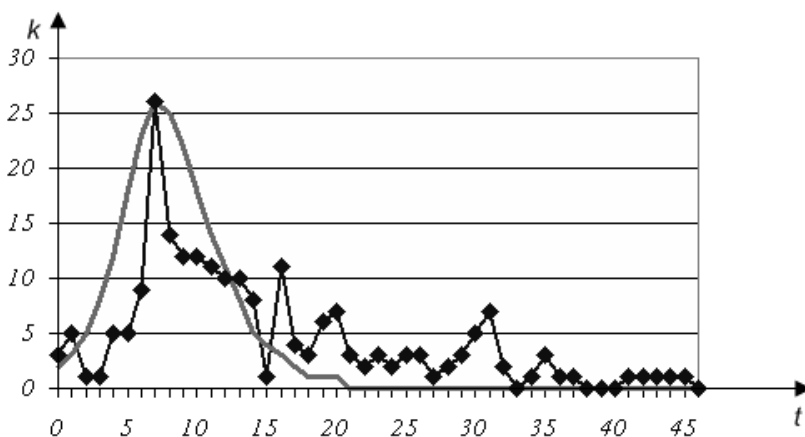


Рис. 1. Эмпирические данные (ломаная с маркерами) и результат моделирования (кривая без маркеров)

Литература

1. ГУБАНОВ Д.А., НОВИКОВ Д.А., ЧХАРТИШВИЛИ А.Г. *Социальные сети: модели информационного влияния, управления и противоборства*. –М.: Физматлит, 2010, 228с.
2. МАРЕВЦЕВА Н.А. *Простейшие математические модели информационного противоборства* // Математическое моделирование и современные информационные технологии. Сб. трудов. Вып. 8. Р.-на-Дону: ЮФУ, 2009, С.354-363.
3. МИХАЙЛОВ А.П., КЛЮСОВ Н.В. *О свойствах простейшей математической модели распространения информационной угрозы* // Математическое моделирование социальных процессов, Вып. 4. М.: МАКС Пресс, 2002. С. 115-123.
4. МИХАЙЛОВ А.П., ПЕТРОВ А.П. *Поведенческие гипотезы и математическое моделирование в гуманитарных науках* // Математическое моделирование. 2011. Т.23. №6. С. 18-32.
5. МИХАЙЛОВ А.П., ПЕТРОВ А.П., МАРЕВЦЕВА Н.А., ТРЕТЬЯКОВА И.В. *Развитие модели распространения информации в социуме* // Математическое моделирование, 2014, т.26, №3, с.65-74.

6. МИХАЙЛОВ А.П., ПЕТРОВ А.П., ПРОНЧЕВА О.Г., ПРОНЧЕВ Г.Б., МАРЕВЦЕВА Н.А. *Моделирование периодических дестабилизирующих воздействий при информационном противоборстве в социуме* // Препринты ИПМ им. М.В.Келдыша. 2016. № 16. 13 с.
7. ПЕТРОВ А.П., МАСЛОВ А.И., ЦАПЛИН Н.А.. *Моделирование выбора позиций индивидами при информационном противоборстве в социуме* // Математическое моделирование, 2015. Т.27, №12. С.137-148.
9. DALEY D.J., KENDALL D.G. *Stochastic Rumors* // J. of the Inst. of Mathematics and its Applications. Vol.1, 1964. p.42-55.
10. <http://www.wikireality.ru/wiki/632305222316434>

РАЗВИТИЕ МОДЕЛЕЙ ИНФОРМАЦИОННОГО ПРОТИВОБОРСТВА В СОЦИУМЕ¹⁰

Михайлов А.П., Петров А.П., Прончева О.Г.

(Институт прикладной математики

им. М.В.Келдыша РАН, Москва)

petrov.alexander.p@yandex.ru, apmikhailov@yandex.ru

Работа посвящена развитию двух подходов к моделированию информационного противоборства в социуме. Первая из рассматриваемых моделей описывает информационное противоборство в условиях, когда ода из сторон периодически усиливает пропаганду через СМИ; модель имеет вид системы обыкновенных дифференциальных уравнений с правой частью, содержащей периодическую функцию. Второй подход акцентирован на описании процесса выбора позиции индивидом при информационном противоборстве. Модель имеет вид системы интегро-дифференциальных уравнений. Проведен анализ обеих моделей аналитическими и численными методами, результатам анализа дана содержательная трактовка.

Ключевые слова: математическое моделирование, информационное противоборство, пропаганда через СМИ, межличностная коммуникация, дифференциальные уравнения.

1. Введение

Математические модели распространения информации и информационного противоборства привлекают внимание исследователей на протяжении долгого времени – см., напр., ранние работы [8,9] и современные [1-7]. Настоящая работа посвящена развитию двух подходов в данной тематике. Первый из них, характеризуемый, например, работами [2-6], акцентируется непосредственно на распространении информации в социальной среде. Базовые модели [2,3] предполагает однородный социум, в котором информация передается через СМИ и при межличностной коммуникации. Расширенные модели [5] учитывают такие факторы, как неполный охват социума

¹⁰ Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект 16-01-00306)

СМИ, усвоение информации лишь после неоднократного ее получения, и возможность ее забывания индивидами. Модели данного типа имеют вид систем обыкновенных дифференциальных уравнений для переменных, имеющих смысл численностей сторонников той или иной стороны противоборства среди различных категорий индивидов.

Другой подход принят в работе [7] – он ставит в центр внимания процесс выбора позиции индивидом при информационном противоборстве. Модели имеют вид систем уравнений и систем интегро-дифференциальных уравнений для переменных, через которые могут быть вычислены численности индивидов, поддерживающих ту и другую сторону.

2. Дестабилизирующие возмущения в модели информационного противоборства

Рассмотрим модель информационного противоборства

$$(1) \quad \begin{cases} dX/dt = (\alpha_1 + \beta_1 X)(N - X - Y) - \gamma X \\ dY/dt = (\alpha_2 + \beta_2 Y)(N - X - Y) - \gamma Y \end{cases}$$

где X, Y – численности сторонников первой и второй партий, N – численность социума, α_i, β_i ($i = 1, 2$) – параметры, характеризующие интенсивность распространения информации i -той партии, соответственно, через СМИ и путем межличностной коммуникации, γ описывает интенсивность забывания. Если при этом α_i, β_i постоянны и $\gamma = 0$, то система (1) представляет собой базовую модель распространения информации [2]. В настоящем докладе рассматривается случай, когда параметр, характеризующий интенсивность распространения информации первой партии через СМИ имеет вид кусочно-постоянной периодической функции времени:

$$(2) \quad \alpha_1 = \begin{cases} \alpha_1^*, t \in [iT; iT + t_{sw}) \\ \alpha_1^* + h, t \in [iT + t_{sw}; iT + T) \end{cases}, \quad i = 0, 1, 2, \dots$$

Здесь $T > 0$ – период, $t_{sw} \in (0; T)$ – продолжительность дестабилизирующего воздействия в течение каждого периода.

Проведено численное и аналитическое исследование модели (1), (2) в двух случаях: $\gamma > 0$ и $\gamma = 0$. Показано, в частности, что в первом

случае система имеет периодическое решение, во втором – стационарное решение, зависящее от начальных условий.

3. Выбор позиции индивидами

Данный подход предполагает, что при информационном противоборстве члены социума не только получают информацию от других индивидов или СМИ, но и осуществляют выбор относительно того, к какой из противоборствующих партий примкнуть. Этот выбор может изменяться с течением времени.

Модель выбора позиции [7] основана на традиционной нейробиологической схеме Рашевского. В качестве стимулов принимаются информационные потоки, исходящие от СМИ и других членов социума. Базовая модель имеет вид нелинейного интегро-дифференциального уравнения, модели, учитывающие дополнительные факторы, связанные со структурой социума – вид систем интегро-дифференциальных уравнений.

Аналитически показано существование стационарных решений, исследована их устойчивость. Численно изучены переходные режимы. Результатам дана содержательная трактовка.

Литература

1. ГУБАНОВ Д.А., НОВИКОВ Д.А., ЧХАРТИШВИЛИ А.Г. *Социальные сети: модели информационного влияния, управления и противоборства*. –М.: Физматлит, 2010, 228с.
2. МАРЕВЦЕВА Н.А. *Простейшие математические модели информационного противоборства* // Математическое моделирование и современные информационные технологии. Сб. трудов. Вып. 8. Р.-на-Дону: ЮФУ, 2009, С.354-363.
3. МИХАЙЛОВ А.П., КЛЮСОВ Н.В. *О свойствах простейшей математической модели распространения информационной угрозы* // Математическое моделирование социальных процессов, Вып. 4. М.: МАКС Пресс, 2002. С. 115-123.
4. МИХАЙЛОВ А.П., ПЕТРОВ А.П. *Поведенческие гипотезы и математическое моделирование в гуманитарных науках* // Математическое моделирование. 2011. Т.23. №6. С. 18-32.
5. МИХАЙЛОВ А.П., ПЕТРОВ А.П., МАРЕВЦЕВА Н.А., ТРЕТЬЯКОВА И.В. *Развитие модели распространения информации в*

- социуме* // Математическое моделирование, 2014, т.26, №3, с.65-74.
6. МИХАЙЛОВ А.П., ПЕТРОВ А.П., ПРОНЧЕВА О.Г., ПРОНЧЕВ Г.Б., МАРЕВЦЕВА Н.А. *Моделирование периодических дестабилизирующих воздействий при информационном противоборстве в социуме* // Препринты ИПМ им. М.В.Келдыша. 2016. № 16. 13 с.
 7. ПЕТРОВ А.П., МАСЛОВ А.И., ЦАПЛИН Н.А.. *Моделирование выбора позиций индивидами при информационном противоборстве в социуме* // Математическое моделирование, 2015. Т.27, №12. С.137-148.
 8. ШВЕДОВСКИЙ В.А. *Моделирование распространения информации в смежных социальных группах* // Матем. методы в социологическом исследовании, М., 1981. с.207-214.
 9. DALEY D.J., KENDALL D.G. *Stochastic Rumors* // J. of the Inst. of Mathematics and its Applications. Vol.1, 1964. p.42-55.

О ВЛИЯНИИ СТЕПЕНИ ПОЛЯРИЗАЦИИ ОБЩЕСТВА НА ИНФОРМАЦИОННОЕ ПРОТИВОБОРСТВО

Прончева О.Г.

(Институт Прикладной Математики
им. М.В. Келдыша РАН; МФТИ (ГУ), Москва)
olga.proncheva@gmail.com

Рассматривается модель выбора позиций индивидами при информационном противоборстве в социуме. На ее основе изучается вопрос о влиянии степени поляризации общества на исход противоборства. Для этого рассмотрен случай двугорбого распределения индивидов. Модель исследована аналитически. Результатам анализа дана содержательная трактовка.

Ключевые слова: математическое моделирование, информационное противоборство, модель подражательного поведения Рашевского.

1. Введение

Моделированию распространения информации и информационного противоборства в социуме посвящены многочисленные работы – см., напр., [1-5,7].

В отличие от данных работ, в [6] построена основанная на нейрологической схеме Рашевского [8] модель, ставящая в центр внимания выбор позиции индивидами при информационном противоборстве

Предполагается, что в обществе идёт информационная борьба двух источников информации. Индивид, принадлежащий этому обществу, в каждый момент времени стоит перед выбором, информацию от какого источника ему предпочесть. На его выбор влияет пропаганда через СМИ, а также наблюдаемые действия других членов общества.

2. Модель

Модель [6] имеет вид интегро-дифференциального уравнения:

$$(1) \frac{d\psi}{dt} = A\alpha \left[C \left(2 \int_{-\psi(t)}^{\infty} N(\varphi) d\varphi - N_0 \right) + b_1 - b_2 \right] - a\psi$$

с начальным условием

$$(2) X(0) = \int_{-\psi(0)}^{\infty} N(\varphi) d\varphi$$

Здесь

– ψ имеет смысл определяемого социальной средой сдвига стимулов в сторону поддержки первого источника информации, эта величина одинакова для всех членов социума;

– φ имеет смысл внутренней склонности индивида к выбору той или иной реакции (при $\varphi > 0$ индивид в отсутствие внешних стимулов выбирает первый источник информации), $-\infty < \varphi < \infty$;

– $N(\varphi)$ – распределение индивидов;

– N_0 – численность социума;

– $b_1 > 0$ и $b_2 > 0$ – параметры, характеризующие интенсивность пропаганды через СМИ от первого и второго источника соответственно, предполагается, что $b_1 > b_2$;

– численности $X(t), Y(t)$ индивидов, поддерживающих первый и второй источники, соответственно, даются формулами

$$(3) X(t) = \int_{-\psi(t)}^{\infty} N(\varphi) d\varphi, \quad Y(t) = \int_{-\infty}^{-\psi(t)} N(\varphi) d\varphi,$$

остальные параметры подробно описаны в [6].

2. Исследование модели

В настоящей статье будет рассматриваться двугорбое распределение, имеющее следующий вид:

$$(4) N(\varphi) = \begin{cases} 0, & |\psi| < -d - h \\ \frac{N_0}{4h}, & d - h \leq |\psi| \leq d + h \\ 0, & -d + h < \psi < d - h \end{cases}$$

Здесь $d > h > 0$. С помощью такого распределения моделируется случай, когда всех индивидов можно разделить на две группы: индивиды из одной группы имеют внутреннюю склонность к поддержке одного источника информации, из другой группы - другого. Параметр d имеет смысл степени поляризации: чем он больше, тем сильнее поляризованного общества, то есть тем больше внутренняя склонность индивидов из каждой группы к поддержке выбранного источника.

При различных соотношениях параметров, возможно от одного до пяти положений равновесия. Вне зависимости от начальных условий, при $t \rightarrow \infty$ искомая переменная ψ стремится к некоторому конечному числу; вследствие этого обе величины $\lim_{t \rightarrow \infty} X(t)$, $\lim_{t \rightarrow \infty} Y(t)$ положительны. Победителем считается сторона, имеющая больше сторонников при $t \rightarrow \infty$.

Исследование модели показало, что сила пропаганды является более значимым фактором для определения победителя, чем благоприятные начальные условия. При этом, усиление поляризации общества выгодно источнику с более сильной пропагандой; при достаточно больших значениях d он одерживает победу при любых начальных условиях.

Литература

1. ГУБАНОВ Д.А., НОВИКОВ Д.А., ЧХАРТИШВИЛИ А.Г. *Социальные сети: модели информационного влияния, управления и противоборства*. – М.: Физматлит, 2010, 228 с.
2. МИХАЙЛОВ А.П., КЛЮСОВ Н.В. *О свойствах простейшей математической модели распространения информационной угрозы*. Математическое моделирование социальных процессов, вып.4. – М.: МАКС Пресс, 2002, с.115-123.
3. МИХАЙЛОВ А.П., МАРЕВЦЕВА Н.А. *Модели информационной борьбы*. Математическое моделирование, 2011, т.23, №10, с.19-32.
4. МИХАЙЛОВ А. П., ПЕТРОВ А. П., ПРОНЧЕВА О.Г., ПРОНЧЕВ Г.Б., МАРЕВЦЕВА Н.А. *Моделирование периодических де-*

- стабилизирующих воздействий при информационном противоборстве в социуме*. Препринты ИПМ им. М.В.Келдыша. 2016. № 16. 13 с. URL: <http://library.keldysh.ru/preprint.asp?id=2016-16>
5. МИХАЙЛОВ А.П., ПЕТРОВ А.П., МАРЕВЦЕВА Н.А., ТРЕТЬЯКОВА И.В. *Развитие модели распространения информации в социуме*. Математическое моделирование, 2014, т.26, №3, с.65-74.
 6. ПЕТРОВ А.П., МАСЛОВ А.И., ЦАПЛИН Н.А. *Моделирование выбора позиций индивидами при информационном противоборстве в социуме*. Математическое моделирование, 2015, Т. 27, № 12. С. 137–148.
 7. DALEY D.J., KENDALL D.G. *Stochastic Rumors*. Journal of the Institute of Mathematics and its Applications, 1964, v.1, p.42-55.
 8. RASHEVSKY N. *Outline of a Physico-mathematical Theory of Excitation and Inhibition*. Protoplasma, 1933.

ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ ТОЛПЫ

Рогаткин А.Д.

(ИППУ им. В.А.Трапезникова РАН, Москва)

andreyrogatkin@gmail.com

Доклад посвящен исследованию проблемы оценки надежности обеспечения заданного состояния толпы. Используется вероятностная модель поведения толпы, которая является обобщением модели конформного порогового коллективного поведения М. Грановеттера на случай неопределённости относительно значений порогов агентов.

Ключевые слова: модель Грановеттера, конформное коллективное поведение, управление толпой.

1. Введение

В работе М. Грановеттера [0] предложена модель коллективного поведения, которые сегодня лежат в основе множества различных подходов к математическому и физическому описанию социальных явлений. Единой для этих подходов является ситуация, в которой, агенты осуществляют бинарный выбор - действовать или бездействовать - в дискретные моменты времени, ориентируясь при этом на действия своего окружения. Такое поведение называется конформным. Для конформного поведения характерно существование различных состояний равновесия толпы, при этом малые изменения в параметрах агентов могут приводить к существенному изменению состояния системы в целом. В докладе исследуется задача управления надежностью социальных систем – обеспечения нахождения системы в заданном состоянии с заданной вероятностью.

2. Описание модели

Рассмотрим конечное множество агентов $N = \{1, 2, \dots, n\}$. Каждый из агентов имеет некоторый порог сопротивления социальному давлению $\theta_i \in [0, 1]$, $i \in N$. (далее – порог; под социальным давлением понимается то, сколько других агентов действует). На шаге k агент $i \in N$ выбирает одно из двух состояний $\omega_{ik} \in \{0, 1\}$ (если $\omega_{ik} = 1$, то

говорят, что агент «действует», иначе говорят, что он «бездействует»), его состояние на шаге $k + 1$ определяется по правилу:

$$(16) \omega_{i(k+1)} = \begin{cases} 1, & \frac{1}{n} \sum_j \omega_{jk} - \theta_i \geq 0, \\ 0, & \frac{1}{n} \sum_j \omega_{jk} - \theta_i < 0. \end{cases}$$

Согласно правилу (16), агент действует, если состояние системы $x_k = 1/n \sum_i \omega_{ik}$ не ниже, чем его порог. Такое поведение называется конформным. Динамика состояния системы во времени при этом подчиняется рекуррентному соотношению

$$(17) x_{k+1} = F_n(x_k),$$

где

$$(18) F_n(x) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \chi(\theta_i \leq x).$$

Здесь χ_i обозначает индикатор множества.

В работах [0, 0], был рассмотрен случай, при котором в правой части выражения (16) имеется неопределённость: вместо известных порогов агентов рассматривается последовательность

$\theta_1(\omega), \dots, \theta_n(\omega)$ независимых одинаково распределённых (с распределением $F(\cdot)$) случайных величин на вероятностном пространстве $(\Omega, \mathcal{F}, \mathbb{P})$. Такая ситуация возникает, например, когда пороги агентов не известны точно, но агенты выбраны случайно из множества агентов с известным распределением порогов.

Эмпирическая функция распределения порогов агентов в этом случае запишется как

$$(19) F_n(x, \omega) = \frac{1}{n} \sum_i \chi(\theta_i(\omega) \leq x).$$

При фиксированных F и x_0 , получаем, что выражением

$$x_1^n(\omega) = F_n(x_0, \omega),$$

...

$$(20) x_k^n(\omega) = F_n(x_{k-1}(\omega), \omega),$$

...

$$x_K^n(\omega) = F_n(x_{K-1}(\omega), \omega)$$

задана последовательность случайных конечных последовательностей $\{\bar{x}^n(\omega) = (\bar{x}_1^n(\omega), \dots, \bar{x}_K^n(\omega))\}$ - траекторий системы, каждая из которых имеет некоторое распределение P_n на пространстве \mathbb{R}^K , определяемое как $P_n(A) = \mathbb{P}\{\omega: \bar{x}^n(\omega) \in A\}$, $m \in \{0, \dots, K\}$.

2. Обеспечение надежности толпы

Рассмотрим социальную систему (толпу, социальную сеть и т.п.) со стохастическим пороговым поведением (20). Как показано в [0], такая система не более чем за n шагов приходит к «равновесию» (действия агентов перестают изменяться). В силу случайности порогов агентов, состояние системы, при котором достигается это равновесие (результатирующее состояние), случайно. Выше были приведены оценки вероятности события, состоящего в том, что результирующее состояние системы находится вне заданной области (при условии, что первоначально система находилась в заданной области), при различных значениях коэффициента неоднородности и единого относительного порога системы. Вероятность выхода системы из заданной области в общем случае зависит от параметров системы. Ниже изучается задача обеспечения *надёжности* социальной системы при условии, что вероятность выхода p известна как функция основных параметров системы $p = p(n, \theta, \lambda) \equiv P_{\text{вых}}^n(\theta, \lambda)$.

Пусть реализация порогов агентов, и, следовательно, достижение равновесия повторяется многократно через равные промежутки времени τ , которые называются «быстрое время». Тогда за время t , называемое «медленное время», достижение равновесия произойдёт $m = [t / \tau]$ раз, где $[\cdot]$ обозначает целую часть числа. Согласно [0], *надёжностью* социальной системы называется вероятность сохранения её основных параметров внутри допустимой области. Для социальной системы основным наблюдаемым параметром является среднее действие агентов. Допустимой областью является множество $[0, x_B)$. Так как достижение равновесия многократно повторяется во времени, надёжность зависит от рассматриваемого промежутка времени. Обозначим через $R(t)$ *функцию выживания* - вероятность того, что за время t система ни разу не выйдет из допустимой области. Функция выживания, согласно определению надёжности, является надёжностью системы на временном интервале t .

Введём бернуллиевскую случайную величину $\zeta \in \{0, 1\}$, которая равна единице, если система в момент времени $t_m = m\tau$ вышла из допустимой области, и равна нулю в противоположном случае. Вероятности этих событий равны соответственно p и $1 - p$. Функция выживания по определению может быть записана как

$$R(t) \equiv \mathbb{P}(\zeta_1 = \zeta_2 = \dots = \zeta_{[t/\tau]} = 0),$$

что приводит к результату

$$(21) \quad R(t) = (1 - p)^{\lfloor \frac{t}{\tau} \rfloor}.$$

При малых p , таких что $p \ll 1/m = 1/[t/\tau]$, выражение (21) может быть приближено

$$(22) \quad R(t) = 1 - p \left\lfloor \frac{t}{\tau} \right\rfloor.$$

Задача управления надёжностью социальных систем состоит в том, чтобы найти множество параметров, при которых надёжность системы при заданном времени T окажется не меньше чем заданный порог δ .

Литература

1. БРЕЕР В.В., РОГАТКИН А.Д. *Вероятностная модель порогового поведения в многоагентных системах* // Автоматика и телемеханика. 2015. № 8. С. 56 – 77.
2. БУРКОВ В.Н., НОВИКОВ Д.А. *Как управлять проектами*. — М.:СИНТЕГ, 1997. 188 с.
3. РОГАТКИН А.Д. Большие отклонения в социальных системах с пороговым конформным поведением // Автоматика и телемеханика (в печати)
4. GRANOVETTER M. *Threshold Models of Collective Behavior* // American Journal of Sociology. 1978. Vol. 83. P. 1420 - 1443.

О МОДИФИКАЦИИ ОДНОЙ ЗАДАЧИ ИНФОРМАЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ В СЕТЕВЫХ СТРУКТУРАХ

Федянин Д.Н.

(ИПУ им. В.А.Трапезникова РАН, Москва)

dfedyanin@inbox.ru

В статье изложены результаты модификации и исследования модели информационного управления, а том числе описаны равновесия Нэша и условия на типы агентов для социальной сети.

Ключевые слова: социальная сеть, равновесие по Нэшу, информационное управление.

1. Введение

В последние годы большой интерес исследователей привлекают социальные сети – см., напр., [2].

Под социальной сетью на качественном уровне понимается социальная структура, состоящая из множества элементов сети или агентов (субъектов – индивидуальных или коллективных, например, индивидов, семей, групп, организаций) и определенного на нем множества отношений. Отношениями могут быть совокупности связей между агентами, например, знакомства, дружбы, сотрудничества, коммуникации. Формально социальная сеть представляет собой граф $G(N, E)$, в котором $N = \{1, 2, \dots, n\}$ – конечное множество вершин и E – множество ребер, отражающих взаимодействие агентов.

При моделировании социальных сетей обычно исходят из предположения о том, что основная характеристика его элемента (его мнение по какому-либо вопросу, «зараженность» чем-либо в моделях распространения эпидемий и т.п.) меняется по некоторому заданному закону исходя из характеристик «соседних» элементов. В таких моделях (назовем их условно моделями первого типа) элемент сети является, по сути, пассивным.

Реже встречаются модели, где элемент сети сам выбирает характеристику (например, действие или бездействие) исходя из своих

возможностей и интересов. В таких моделях (назовем их условно моделями второго типа) элемент сети является активным, т.е. обладает своим интересами (например, формализованными в виде целевой функции) и свободой выбора [1]

В данной работе рассматривается модель второго типа.

2. Описание базовой модели

Кратно опишем базовую модель, рассмотренную в [1] Пусть имеется конечное множество агентов, $N = \{1, 2, \dots, n\}$, каждый из которых характеризуется параметром – типом – r_i (где $0 < r_i < 1$), целевой функцией f_i и выбирает неотрицательное действие x_i . Целевая функция i -го агента имеет следующий вид: x

$$(1) f_i(x_1, \dots, x_n) = x_i(x_1 + \dots + x_n - 1) - \frac{x_i^2}{r_i}.$$

Содержательная интерпретация следующая: агенты прикладывают усилия x_i к некоторому совместному действию, которое окажется успешным (дает положительный вклад в целевые функции агентов) в случае, если сумма усилий превышает некоторый порог, который принимается равным 1. Если действие оказалось успешным, то выигрыш агента (первое слагаемое целевой функции) тем больше, чем больше его усилие. С другой стороны, само по себе усилие агента вносит в его целевую функцию отрицательный вклад (второе слагаемое целевой функции), который зависит от типа r_i – чем больше тип, тем «легче» агенту прикладывать усилие (например, это может быть психологически объяснено большей лояльностью, симпатией агента к совместному действию).

3. Модификация модели

Пусть имеется конечное множество агентов, $N = \{1, 2, \dots, n\}$, каждый из которых характеризуется параметром – типом – r_i (где $r_i > 0$), степенью воздействия w_i (где $w_i > 0$), целевой функцией f_i и выбирает неотрицательное действие x_i . Целевая функция i -го агента имеет следующий вид:

$$f_i(x_1, \dots, x_n) = x_i(w_1x_1 + \dots + w_nx_n - \theta) - \frac{x_i^2}{r_i}.$$

Содержательная интерпретация следующая: агенты прикладывают усилия x_i к некоторому совместному действию, которое окажется успешным (дает положительный вклад в целевые функции агентов) в случае, если сумма усилий превышает некоторый порог, который принимается равным θ (где $\theta \geq 0$). Если действие оказалось успешным, то выигрыш агента (первое слагаемое целевой функции) тем больше, чем больше его усилие. С другой стороны, само по себе усилие агента вносит в его целевую функцию отрицательный вклад (второе слагаемое целевой функции), который зависит от типа r_i – чем больше тип, тем «легче» агенту прикладывать усилие (например, это может быть психологически объяснено тем или иным мнением агента по какому-либо вопросу, его большей лояльностью, симпатией агента к совместному действию и т. п.). Коэффициенты w_i характеризуют степень воздействия агента на достижение порога.

Введем новую величину $d_i = r_i w_i$, которую назовем *независимостью* (от коллектива) i -го агента. Если эта величина больше 1, то агенту коллектив не нужен, он может получить любое значение целевой функции, просто увеличив свои собственные действия. Поэтому будем далее считать выполненным условие $0 < d_i < 1$.

4. Найденное равновесие в модифицированной модели

Оказывается, что при условии $\sigma > 1$, где

$$\sigma = \sum_{i=1}^n \frac{w_i r_i}{2 - w_i r_i},$$

равновесные действия i -го агента можно вычислить из выражения

$$x_i = \frac{k_i \theta}{\sigma - 1}.$$

При этом в модифицированной модели также верны следующие утверждения.

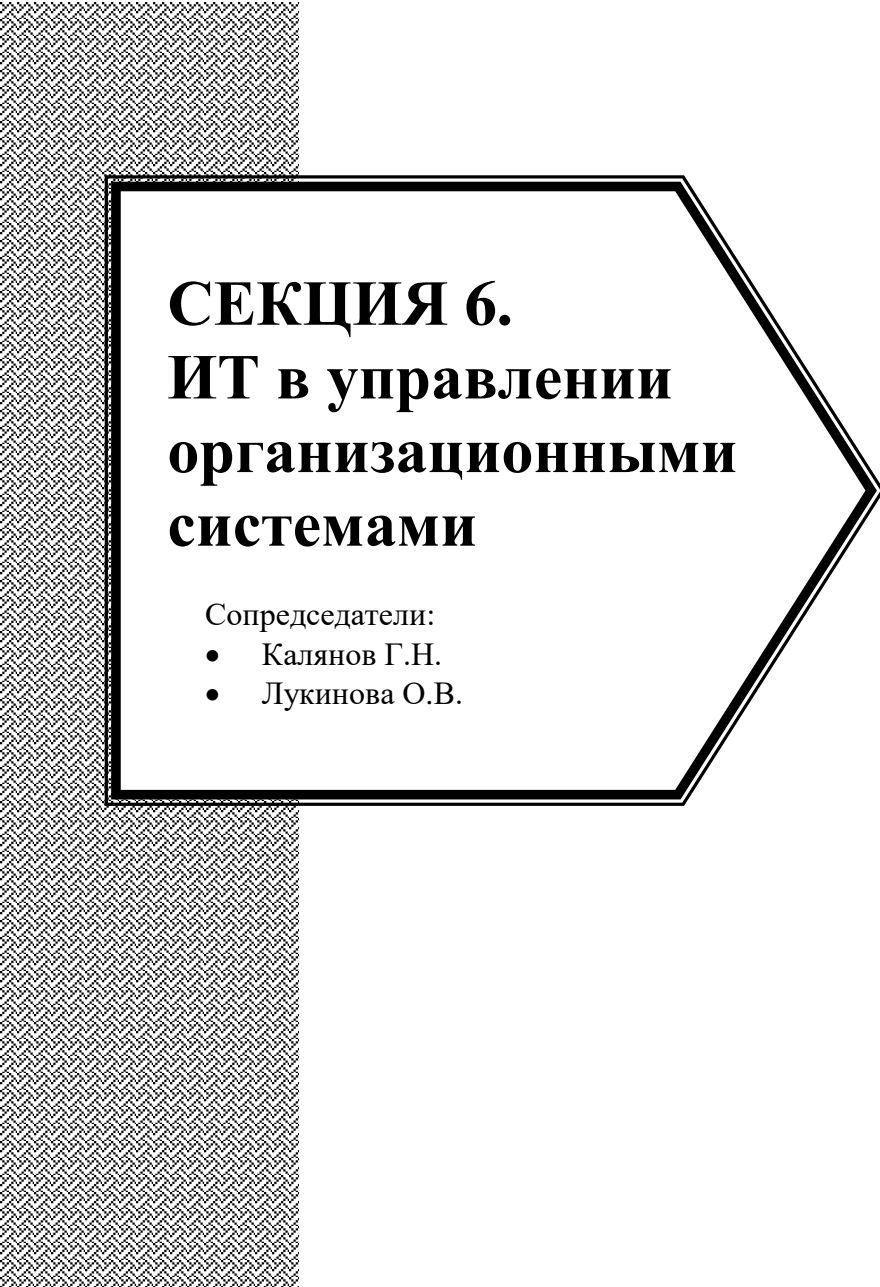
Утверждение 1. Необходимым и достаточным условием существования ненулевого равновесия является условие $\sigma > 1$.

Утверждение 2. Набор действий $(0, 0, \dots, 0)$ является равновесием Нэша.

Утверждение 3. Если действие хотя бы одного из агентов равно нулю и система находится в положении равновесия Нэша, то это равновесие $(0, 0, \dots, 0)$.

Литература

1. ФЕДЯНИН Д.Н., ЧХАРТИШВИЛИ А.Г. *Об одной модели информационного управления в социальных сетях* // Управление большими системами. 2010. вып. 31. С. 265-275.
2. JACKSON M. *Social and Economic Networks*. // Princeton: Princeton University Press, 2008. – 520 p.



СЕКЦИЯ 6. ИТ в управлении организационными системами

Сопредседатели:

- Калянов Г.Н.
- Лукинова О.В.

РАЗРАБОТКА СТОХАСТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДОРОЖНОГО ТРАФИКА С НЕДЕТЕРМИНИРОВАННЫМ ЗАКОНОМ ВРЕМЕНИ ПОСТУПЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ¹¹

Алёшкин А.С., Жуков Д.О., Лесько С.А.

(Московский технологический университет, Москва)

antony@testor.ru, zhukovdm@yandex.ru, sergey@testor.ru

На основе рассмотрения схем вероятностей переходов между состояниями транспортного узла получено дифференциальное уравнение второго порядка и сформулирована краевая задача, решение которой описывает зависимость вероятности блокирования отдельных узлов транспортной сети от характеристик дорожного движения с течением времени.

Ключевые слова: транспортная сеть, стохастическая динамика блокировки узлов транспортной сети, балансировка потоков, краевая задача.

1. Введение

В современном мире вопросы логистики влияют на все отрасли деятельности человека и требуют своевременного и корректного управления. Развитие транспортных сетей городов и увеличение числа машин на дорогах постоянно приводят к усложнению вопросов прогнозирования дорожной ситуации и расчетов времени (читай стоимости) затраченного на выполнение маршрутов.

Вместе с тем существующие математические модели, используемые для анализа транспортных сетей и управления их работой, очень разнообразны по задачам, которые они решают, математическому аппарату, степени детализации движения и данным которые они используют, но несмотря на имеющиеся достоинства все существующие подходы имеют свои недостатки, что подтверждается наличием в повседневной жизни жителей крупных городов понятия

¹¹ работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, грант № 16-37-00373 мол_a

«пробка». Для решения данных проблем нами разработана стохастическая модель дорожного трафика.

2. Вывод стохастического уравнения модели дорожного трафика

Разработанная транспортная модель описывается следующим образом: если рассматривать изменение потоков машин как случайный процесс и для каждого направления, каждого узла транспортной сети (перекрестка) задано критически допустимое число машин в очереди $L_{i,j}$ то, можно определить вероятность $P(L_{i,j}, t)$ того, что к моменту времени t число машин в очереди не превысит $L_{i,j}$ (пробка не образуется).

Пусть за некоторый интервал времени τ на j – перекресток, в i – направлении в очередь поступает ε машин и уезжает ζ машин. Весь процесс обработки будет складываться из отдельных шагов h имеющих продолжительность τ , причём $\varepsilon/\tau = \lambda$ – интенсивность входного потока, а $\zeta/\tau = \mu$ – интенсивность выходного потока машин.

Обозначим через $P_{x-\varepsilon, h}$ – вероятность того, что в очереди после h шагов работы находится $(x-\varepsilon)$ машин, а $P_{x, h}$ – вероятность того, что находятся h -машин и $P_{x+\zeta, h}$ – вероятность того, что находится $(x + \zeta)$ машин. Тогда вероятность $P_{x, h+1}$ (см. рис. 1.) того, что на $h+1$ шаге будет находиться x машин, будет равна:

$$(1) P_{x, h+1} = P_{x-\varepsilon, h} + P_{x+\zeta, h} - P_{x, h}$$

введем $t = h\tau$, где t – общее время процесса обработки и получим:

$$(2) P(x, t+\tau) = P(x-\varepsilon, t) + P(x+\zeta, t) - P(x, t)$$

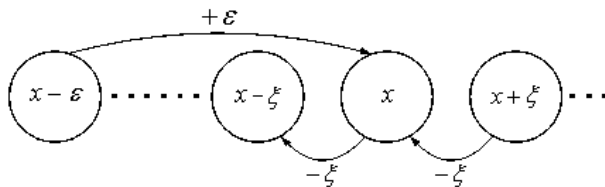


Рис. 1. Схема возможных переходов между состояниями, характеризующими число машин на j – перекрестке, в i – направлении на $h+1$ шаге работы светофора

Раскладывая уравнение (2) в ряд Тейлора получим:

$$\begin{aligned}
 (3) \quad & P(x,t) + \tau \frac{dP(x,t)}{dt} + \frac{\tau^2}{2} \frac{d^2P(x,t)}{dt^2} + \dots = \\
 & = P(x,t) - \varepsilon \frac{dP(x,t)}{dx} + \frac{\varepsilon^2}{2} \frac{d^2P(x,t)}{dx^2} - \dots + \\
 & + P(x,t) + \xi \frac{dP(x,t)}{dx} + \frac{\xi^2}{2} \frac{d^2P(x,t)}{dx^2} + \dots - P(x,t)
 \end{aligned}$$

Исключая вторую производную по t (поскольку по своему смыслу она описывает процесс, при котором сами машины могли бы быть источниками дополнительных машин) и учитывая в левой части члены, содержащие не более чем первую производную по t , а в правой не более чем вторую производную по x , получаем:

$$\begin{aligned}
 (4) \quad & \tau \frac{dP(x,t)}{dt} = \frac{\varepsilon^2 + \xi^2}{2} \frac{d^2P(x,t)}{dx^2} - (\varepsilon - \xi) \frac{dP(x,t)}{dx} \\
 & \frac{dP(x,t)}{dt} = \frac{\lambda^2 + \mu^2}{2\mu} \frac{d^2P(x,t)}{dx^2} - (\lambda - \mu) \frac{dP(x,t)}{dx}
 \end{aligned}$$

Считая, что μ и λ не зависят от x и введя обозначения

$$(5) \quad a = \frac{\lambda^2 + \mu^2}{2\mu} \quad \text{и} \quad b = \lambda - \mu$$

получим:

$$(6) \quad \frac{dP(x,t)}{dt} = a \frac{d^2P(x,t)}{dx^2} - b \frac{dP(x,t)}{dx}.$$

Поскольку функция $P(x,t)$ является непрерывной, можно перейти от вероятности $P(x,t)$ к плотности вероятности $\rho(x,t)$, что позволяет сформулировать и решить краевую задачу для описания стохастической модели обработки заявок на отдельном узле с недетерминированными параметрами статистического закона распределения времен их поступления.

3. Формулировка краевой задачи

Сформулируем граничные условия для решения краевой задачи. При числе машин $x = L$ в очереди на j – перекресток, в i – направлении, где L — некоторое критическое число, мы считаем, что узел обработки

становится перегруженным (образуется пробка). Плотность вероятности, определяющая поток машин в состоянии $x = L$ необходимо положить равной 0 (мы стремимся избежать этого состояния), т.е.:

$$(7) \quad \rho(x, t)_{x=L} = 0$$

Второе граничное условие выбираем исходя из того, что состояние $x=0$ определяет простой в обработке. Плотность вероятности, определяющая поток машин в состоянии $x=0$ необходимо положить равной 0 (мы должны стремиться избежать этого состояния, т.к. оно соответствует случаю, когда светофор не работает), т.е.:

$$(8) \quad \rho(x, t)_{x=0} = 0$$

Поскольку в момент времени $t=0$ (начало расчета) на обработке может находиться x_0 -машин, то начальное условие зададим в виде:

$$(9) \quad \rho(x, t = 0) = \delta(x - x_0) = \begin{cases} 1, & x = x_0 \\ 0, & x \neq x_0 \end{cases}$$

4. Решение краевой задачи и синхронизация потоков

Решение краевой задачи может быть получено в виде двух функций: функция $\rho_2(x, t)$ определяет плотность вероятности того, что величина числа машин в очереди находится на отрезке от 0 до x_0 , а функция $\rho_1(x, t)$ плотность вероятности нахождения на отрезке от x_0 до критического значения L , определяющего образование пробки. Сумма интегралов данных функций определяет вероятность того, что к моменту времени t пробка не образуется (число машин в очереди не превысит L).

Моделируя дорожную ситуацию и прогнозируя переполненности очередей (L) на светофорах можно определить оптимальные интервалы времени переключения светофоров. Однако это является ресурсоемкой вычислительной задачей. Учитывая, что вычисления нужно одновременно проводить для множества направлений и перекрестков, а также необходимо синхронизировать на соседних перекрестках входящие и выходящие потоки машин, то для моделирования движения необходимо использовать *параллельные вычисления*.

Литература

1. ШВЕЦОВ В.И. *Математическое моделирование транспортных потоков* // Автоматика и телемеханика 2003, № 11. С. 3–46.

2. ГАСНИКОВ А.В., КЛЕНОВ С.Л., НУРМИНСКИЙ Е.А., ХОЛОДОВ Я.А., ШАМРАЙ Н.Б. *Введение в математическое моделирование транспортных потоков*. М.:, Издательство МЦНМО, 2013. 428 с.
3. АЛЁШКИН А.С. *Динамическая модель обработки и перколяции стохастических данных в сетях с упорядоченной и случайной структурой*: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. М., 2008. 172 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ПЛАНИРОВЩИКА КОМПЛЕКСА АТ-ТЕХНОЛОГИЯ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПЛАНИРОВАНИЯ ПРОЕКТНЫХ РАЗРАБОТОК¹²

Блохин Ю.М., Рыбин В.М., Рыбина Г.В.

*(Национальный исследовательский
ядерный университет «МИФИ», Москва)*
galina@ailab.mephi.ru

Исследуются возможности использования интеллектуального планировщика комплекса АТ-ТЕХНОЛОГИЯ для решения задач планирования проектных разработок. Рассматриваются особенности интеллектуального планировщика и его применимости для решения задач ресурсно-календарного планирования, в том числе календарного планирования. Приводятся результаты экспериментов на примере системы Lement Pro, демонстрирующие эффективность использования интеллектуального планировщика.

Ключевые слова: задачно-ориентированная методология, ресурсно-календарное планирование, комплекс АТ-ТЕХНОЛОГИЯ, интеллектуальный планировщик.

1. Введение

В настоящее время все большую актуальность и значимость приобретает проблемы интеллектуальной и технологической поддержки процессов построения интеллектуальных систем, в частности, интегрированных экспертных систем (ИЭС), обладающих мощной функциональностью и масштабируемой архитектурой. Существенное влияние на специфику этих этапов жизненного цикла (ЖЦ) оказывает конкретная проблемная область, а также достаточно важным остается человеческий фактор, влияние которого приводит к повышению трудозатрат и затягиванию сроков разработки. Данные проблемы являются типичными не только для разработки интеллектуальных систем, а также для традиционных автоматизированных

¹² Работа выполнена при поддержке РФФИ (№ 12-01-00467).

информационных систем, например современных систем обеспечения совместной работы (англ. collaborative software), таких, как Lement Pro [2].

Важной особенностью подобных систем является необходимость составления детального календарного плана по конкретному проекту с учетом отведенных ресурсов, наличие средств контроля исполнения этого плана, оценка возможных рисков проекта (временных, финансовых) и т.д. Поэтому, как правило, для решения подобных задач используются методы ресурсно-календарного планирования (РКП), включая процессы сбора, накопления и анализа статистических данных. К настоящему времени существует значительное число методов и подходов к реализации различных задач РКП, например [3] и др., включая исследования в рамках задачно-ориентированной методологии [1,2].

Если бы в подобных системах был реализован даже значительный набор задач РКП таких, как: выбор портфеля проектов, календарное планирование, оптимальное размещение работ между подразделениями организации, распределение ресурсов с учетом времени их перемещения между работами проекта, оптимизация программ по стоимости и др. [3], то это все равно не позволило бы руководителям максимизировать генерацию плана по собственным экспертным критериям, которые не всегда можно выразить в терминах линейной функции. Однако, подобные проблемы могли бы решаться с помощью методов интеллектуального планирования (детальный обзор в [4]).

Поэтому важным направлением развития задачно-ориентированной методологии и комплекса АТ-ТЕХНОЛОГИЯ является разработка интеллектуальной программной среды и ее базового компонента – интеллектуального планировщика (ИП) с целью расширения степени автоматизации планирования и управления проектами разработки ИЭС. Целью данной работы является экспериментальное программное исследование возможностей применения интеллектуального планировщика комплекса АТ-ТЕХНОЛОГИЯ в системах типа Lement Pro и др.

2. Особенности использования интеллектуального планировщика комплекса АТ-ТЕХНОЛОГИЯ для планирования проектной разработки

В целом, ИП комплекса АТ-ТЕХНОЛОГИЯ предназначен для полнофункциональной поддержки процессов прототипирования прикладных ИЭС на всех этапах ЖЦ разработки. В случае использования ИП для систем типа Lement Pro используются функции планировщика, связанные только с генерацией планов разработки проектов в контексте решения только таких базовых задач, как календарное планирование, оптимальное размещение работ между подразделениями организации, которые в настоящее время решаются с помощью методов РКП.

В подсистеме обработки бизнес-информации системы Lement Pro использовалось детерминированное планирование, которое хотя и не позволяет в явном виде учесть события, связанные с человеческим фактором, но это компенсируется перестроением плана в случае возникновения отклонений от плана.

Элементы плана привязываются ко времени, исходя из чего используется темпоральный подход с явным моделированием времени [4]. В терминах языка PDDL [4] описывается задача генерации плана разработки, которая в свою очередь представляется с помощью двух файлов - файл домена и проблемы, которые поступают на вход ИП. При отклонении от плана итеративно осуществляется перестроение детального плана разработки, который визуализируется с помощью компонента визуализации ИП.

2. Анализ результатов функционирования интеллектуального планировщика в составе Lement Pro

Для проведения экспериментального программного исследования процессов функционирования ИП в составе средств системы Lement Pro и определения возможностей ИП по решению поставленных задач планирования использовались архивы базы данных «Lement Pro» за 2015 г.

Для сравнения результатов разных подходов к построению планов работы предприятия, был сформирован ряд критериев, по численным показателям которых можно оценить время, необходимое

для построения плана выполнения проектов (исследуемый подход работал значительно дольше РКП); качество плана как эффективность загрузки сотрудников и время выполнения плана (показал на 40% выше эффективность); степень достижения целей (на 30% лучше) – удовлетворение всех экспертных критериев в совокупности; процент проблемных планов (в 3 раза реже). При условии наличия достаточного уровня статистических данных ИП зарекомендовал себя хорошим дополнением к системе программного обеспечения совместной работы «Lement Pro»

Литература

1. РЫБИНА Г.В. Теория и технология построения интегрированных экспертных систем. Монография. – М.: Научтехлитиздат, 2008. – 482с.
2. БЛОХИН Ю.М., СМИРНОВ В.Н. Обработка бизнес-информации в системах совместной работы с помощью интеллектуального планировщика комплекса АТ-ТЕХНОЛОГИЯ // Современные научные исследования и инновации. 2016. № 4.
3. БУРКОВ В.Н., БУРКОВА И.В., Метод сетевого программирования в задачах управления проектами // УБС, 30.1 (2010), 40–61
4. РЫБИНА Г.В., БЛОХИН Ю.М.. Методы и средства интеллектуального планирования: применение для управления процессами построения интегрированных экспертных систем // Искусственный интеллект и принятие решений. 2015. №1 С. 75-93.

ЗАДАЧИ СТРУКТУРНОГО АНАЛИЗА АРХИТЕКТУРЫ ПРЕДПРИЯТИЯ

Габалин А.В., Разбегин В.П.
(ИППУ им. В.А.Трапезникова РАН, Москва)
gabalina@bk.ru

Рассмотрены вопросы структурного анализа архитектуры предприятия как составляющей процесса подготовки и принятия решений в контуре управления архитектурой

Ключевые слова: архитектура предприятия, информационная система, критерий, структурный анализ

1. Введение

Работа посвящена систематизации задач структурного анализа архитектурных моделей предприятий, состоящего в идентификации и анализе взаимосвязей ее составляющих. Его сущность заключается в возможности прослеживании структурной зависимости между элементами архитектуры в масштабах предприятия как по операционной цепочке продукт-операция-ресурсы, так и по целевой структуре: от целей верхнего уровня до терминальных элементов КРІ.

Цель структурного анализа – дать возможность аналитику выявлять и «препарировать» информацию о структуре взаимосвязей между архитектурными составляющими предприятия для выявления возможностей улучшения его организационной структуры и деятельности. Цель реализуется в процессах подготовки и принятия решений в составе контуров управления архитектурным процессом в целом.

В работе используется концепция структурного анализа в виде методологии анализа различных взаимосвязей между элементами архитектурной модели предприятия, использующая в качестве исходных положения, выдвинутые в работе [5] для анализа бизнес-моделей предприятий. Концепция включает различные виды задач структурного анализа бинарных, тернарных и других взаимоотношений элементов как внутри архитектурных доменов, так и между доменами, например, задачи Парето-анализа, агрегационно/деагрегационного анализа, анализа рынка, анализа соотношений мощностей участвующих

множеств и прикладного смысла их решений, которые позволяют строить разнообразные схемы прослеживания структурных зависимостей между архитектурными элементами. Исследование и классификация таких задач, определение роли и места в архитектурном процессе, формализация постановок, разработка методик их применения, представляются актуальными вопросами для исследования.

Далее в первом разделе работы исследуется структура архитектурного метода на примере методологии Archimate [1].

Во втором разделе анализируется состояние дел с аналитическим инструментарием в процессах принятия архитектурных решений.

В третьем разделе обсуждаются возможные направления развития архитектурного метода в части аналитического инструментария.

2. Современная структура архитектурного метода на примере методологии Archimate

Рассмотрим основные понятия архитектуры предприятия с точки зрения задач структурного анализа в процессах подготовки и принятия архитектурных решений. За основу понятийного аппарата возьмем нотацию графического языка ArchiMate 2.0. В описании архитектуры предприятия на этом языке выделяют 3 части: ядро (Core), расширение мотивации (Motivation Extension) и расширение миграции (Migration Extension). В архитектурных моделях используется двенадцать базовых типов связей, близких по смыслу и обозначению к используемым в UML: ассоциация, доступ, реализация, специализация, присваивание, агрегация, композиция, группировка, переключение (переход), поток, соединение.

2.1. ОБЩАЯ СТРУКТУРА МЕТОДА

Архитектурный метод характеризуется множественностью видов участников, видов деятельности и уровней детализации описания деятельности.

Ниже приведена общая номенклатура участников архитектурного процесса, видов деятельности, уровней обобщения и назначения их действий, иллюстрируемых примерами.

2.1.1. Виды архитектурной деятельности

Выделяются три категории видов архитектурной деятельности: проектирование, принятие решений и информирование.

В процессах проектирования заинтересованные лица архитектор, разработчик ИС, разработчик бизнес-процессов выполняют действия разработки и принятия решений, что описывается, например, в форме UML-, BPMN-, ER-диаграмм и блок-схем.

В процессах принятия решений заинтересованные лица менеджер, СЮ, СЕО выполняют действия навигации, поддержки проектных решений, сравнения проектных альтернатив, что описывается, например, в форме перекрестных таблиц, ландшафтных карт, списков, отчетов.

В процессах информирования заинтересованные лица персонал, клиенты и другие выполняют действия объяснения, убеждения, согласования, что описывается, например, в форме анимации, презентации, демонстрации процессов, диаграмм.

2.1.2. Уровни обобщения описания

Ко всем названным категориям процессов применяются три уровня обобщения описания: 1) подробные, т.е. наиболее детальные (внутрикомпонентные, выражаемые в терминах диаграмм классов UML и событийных диаграмм процессов BPMN); 2) связные, т.е. на уровне архитектурных компонент связанных отношениями использования, реализации и назначения; 3) обзорные, т.е. на уровне максимальной общности.

На подробном уровне описания заинтересованные лица Разработчик ПО, Владелец процесса выполняют действия проектирования, управления, что описывается, например, в форме диаграмм классов UML, диаграмм процессов BPMN.

На связном уровне описания заинтересованное лицо Менеджер операций выполняет действия анализа зависимостей, влияния изменений, что описывается, например, в форме диаграмм со связями типа «use», «realize», «assign».

На обзорном уровне описания заинтересованные лица архитектор предприятия, СЮ, СЕО выполняют действия управление изменениями, что описывается, например, в форме ландшафтных карт.

Из приведенного описания можно заключить, что в наибольшей степени задачи структурного анализа востребованы в процессах подготовки и принятия архитектурных решений из категории принятия решений.

2.2. СТРУКТУРА АРХИТЕКТУРНОГО ЯДРА

2.2.1. Архитектурное ядро описывает состояния статических структур предприятия в терминах уровней и аспектов. Определены три уровня описания ядра архитектуры: бизнес, приложения и технологии.

На каждом уровне описание ядра разделяется на три аспекта (домена): Пассивная структура (Passive structure) из объектов обработки процессами и функциями; Деятельность (Behavior) из процессов, функций, событий и сервисов; Активная структура (Active structure) из субъектов деятельности (исполнители, роли, приложения, оборудование).

Ядро моделирует объект архитектурного анализа и преобразования.

2.2.2. Точки зрения

В рассматриваемой методологии архитектурная модель предприятия рассматривается с разных точек зрения (Viewpoints), соответствующих предметным областям заинтересованных лиц предприятия. Указанные точки зрения описывают предметные области описанием соответствующих метамоделей и примерами моделей, соответствующих этим метамоделям

В методологии Archimate представлен стандартный набор из семнадцати точек зрения, кратко описанных ниже.

Самые общие точки зрения Вводная – для неархитекторов, Послойная – слои ядра в целом и Ландшафтная карта – назначение ресурсов по бизнес-процессам/функционалам (одно измерение) и продуктам, услугам (второе измерение).

Остальные точки зрения описывают модели слоев и их взаимосвязи. Так для бизнес-слоя определены точки Организация (организатура), Взаимодействие исполнителей, Бизнес-функции, Бизнес-процессы, Взаимодействие бизнес-процессов и Продукты.

Для слоя приложений введены ТЗ Поведение приложений, Структура приложений, Взаимодействие приложений.

Взаимосвязь между слоем приложений и бизнес-слоем описана в ТЗ Использование приложений.

Для технологического слоя введена ТЗ Инфраструктура. Описание сервисной поддержки приложений инфраструктурой задано в ТЗ Использование инфраструктуры, а реализация приложений в инфраструктуре определена в ТЗ Реализация и внедрение. Особую аспектную роль отражают ТЗ Информационные структуры и Реализация сервисов.

2.3. СТРУКТУРА РАСШИРЕНИЙ АРХИТЕКТУРНОГО ЯДРА

2.3.1. Расширение мотивации включает элементы: требования, цели, ограничения, оценки, заинтересованные лица и дополнительный тип связей – связи влияния, что позволяет моделировать целевые структуры. Расширение мотивации описывается ТЗ Заинтересованные лица, Реализация целей, Влияние целей, Принципы, Реализация принципов. Реализация требований, Мотивация.

Из них ТЗ Заинтересованные лица описывается как ролевые сущности во взаимосвязи драйверами изменений,

ТЗ Реализация целей описывает детализацию целей в более конкретные цели, и далее детализацию целей в требования или ограничения, ТЗ Влияние целей описывает связи взаимовлияния между целями и требованиями.

2.3.2. Расширение миграции содержит средства описания диаграмм анализа разрывов между исходным и целевым состоянием архитектурного ядра и средства описания миграции – перехода от исходного к целевому состоянию архитектурного ядра.

Расширение миграции описывается ТЗ Проект, Миграция, Реализация. ТЗ Проект предназначена для моделирования управления архитектурными изменениями. ТЗ Миграция содержит модели и концепты, описывающие переход от существующей к желаемой архитектуре. ТЗ Реализация используется для сопоставления программ и проектов частям архитектуры, которые ими реализуются.

3. Оценка уровня аналитической поддержки принятия решений современными архитектурными системами

Структурный анализ обеспечивает возможность детализации архитектурной модели по конкретным качественным измерениям, аналогичным используемым в OLAP, и быстро переключаться между различными доменами, включающими различные комбинации измерений и взаимосвязей. Он, в принципе, может быть также широко применим, как и OLAP. Основой архитектурного метода является архитектурное моделирование, обеспечивающее заинтересованным лицам предприятия возможности эффективно планировать, разрабатывать, документировать и согласовывать вопросы информационных технологий и хозяйственной деятельности предприятия в режиме поддержки принятия решений. И эта поддержка не должна сводиться

только к непосредственной демонстрации графовой структуры взаимосвязей элементов ИТ-архитектуры и бизнес-архитектуры, а должна выявлять «скрытые» связи, позволяющие судить, например, о том, какие ИТ-компоненты необходимо изменять или удалять. Другое необходимое свойство этой поддержки связано с иерархическим агрегированием информации о схожих свойствах подмножеств архитектурных элементов, позволяющим компактным образом представлять структуру сложной системы.

Для предприятий, интенсивно использующих информационные технологии все более актуальна задача управления сложным комплексом взаимосвязанных архитектурных компонент. Сейчас в этом направлении исследуются различные подходы.

Например, в работе [2] описываются методы визуализации и измерения статуса архитектуры с использованием средств абстрагирования и агрегирования на базе формирования и анализа матриц смежности графа взаимосвязей архитектурных элементов. Подход включает эмпирический метод глобальной структуризации архитектурного пространства.

Другой пример демонстрируется в работах, связанных с управлением портфелем приложений в методологии Archimate [3], где подход также включает свой метод глобальной структуризации архитектурного пространства.

Третий пример приведен в работе [4]. Он также включает визуализацию и измерения, и свой эмпирический метод глобальной структуризации архитектурного пространства, основанный на предлагаемой трактовке операций итерации и декомпозиции вместо традиционных рекурсии и детализации.

Общий характер современных работ характеризуется поиском критериев и метрик анализа архитектур, подходов к глобальной структуризации архитектурных моделей, позволяющих более эффективно бороться со сложностью архитектурных объектов.

На примере методологии Archimate можно убедиться в отсутствии таких средств анализа, как 1) стандартизированный набор критериев и показателей оценки качества архитектурных компонент и архитектуры в целом; 2) а также неполноты системы предметных областей в части оценки качества архитектуры. Другим словами, в архитектурной методологии должна войти система качества архитектуры, базирующаяся на системе измерения качества.

4. Система измерения качества архитектуры предприятия

Архитектура предприятия (АП) по определению призвана быть инструментом решения такой задачи как «фундаментальная организация системы, выраженная в ее компонентах, их взаимосвязях друг с другом и окружением, и принципах разработки и развития». И цель управления архитектурой предприятия (УАП) состоит в поддержке организационных изменений и повышении согласованности бизнес- и ИТ-сфер деятельности. Соответственно, главные задачи УАП сводятся к задачам управления жизненным циклом архитектуры (ЖЦА) по критериям указанной согласованности, как повторяющемся процессе определения и оценки текущего и целевого состояния архитектуры, сценария и портфеля проектов перехода из одного в другое и последующей реализации перехода.

Таким образом, определяющее интегральное свойство АП – согласованность бизнес- и ИТ-сфер деятельности (ВІТА), необходимо анализировать и оценивать на различных стадиях ЖЦА. Инженерный подход к оценке уровня ВІТА предполагает введение соответствующих критериев и метрик.

Совокупность критериев оценки качества архитектуры естественно представить по разделам АП: бизнес-архитектура, ИТ-архитектура, включая архитектуру приложений и инфраструктуру, и архитектурный процесс в виде УАП. Соответствующие точки зрения и предметные области должны включаться в типовой набор ТЗ.

В состав элементов метамодели ТЗ должны включаться критерии оценки качества и измеримые показатели их оценки. В первую очередь необходима система оценки уровней зрелости архитектуры, и с ней согласованные критерии, описываемые ниже.

В состав критериев оценки качества бизнес-архитектуры согласно стандарту ГОСТ Р ИСО/МЕК 9126 [7] входят Гибкость (Flexibility), КПД (Efficiency), Эффективность, Интеграция и координация, Поддержка принятия решений, Контроль и использование опыта прошлых решений, Организационная культура.

Список критериев оценки качества ИТ-архитектуры согласно [6] включает Производительность (Performance), Интероперабельность, Доступность, Используемость (Usability), Точность (Accuracy), Пригодность (Suitability), Сопровождаемость (Maintanability).

Качество управления архитектурой предприятия оценивается согласно стандарту COBIT[8] критериями Планирование и организация. Освоение и реализация, Поставка и обслуживание, Мониторинг и оценка.

Инженерный подход к оценке уровня ВГА предполагает введение соответствующих критериям метрик. Кроме того, необходимо прописать и другие необходимые элементы языка измерений и анализа, что обеспечивается разработкой метамодели данной предметной области.

Метамодель концептуального уровня включает архитектурные сущности, их взаимосвязи с указанием их мощности, а также логические связи обобщения/конкретизации и агрегации/деагрегации.

Сущности метамодели соответствуют элементам ядра и расширения миграции, например: ИТ-организация, Персонал, Процесс разработки ПО, Процесс эксплуатации и сопровождения ПО, Информационная система, Интерфейс, Системная компонента, Стандарты и соглашения, Платформа, Программная Платформа, Аппаратная Платформа, Сущность данных, Атрибуты данных, Сеть, Сервис, Сервис безопасности, Сервис администрирования системы, Интеграционный сервис, Системная документация, Спецификация функциональных требований, Исходный код, Бизнес-функция, Ресурс.

Взаимосвязи метамодели можно характеризовать как логические отношения (часть/целое, общее/ частное), например: Является частью, Является ресурсом для, Состоит из, Имеет, Является разновидностью, и операционные взаимоотношения типа: Использует, Сохраняет. Регламентирует проектирование, Компилируется из, Выполняется на, Читает/записывает, Описывает, Разрабатывает, Сопровождает, Влияет на.

Аналитическая специфика на логическом уровне описания отражается набором атрибутов архитектурных элементов. В качестве примера можно привести для сущности Персонал атрибуты: Компетенции, Опыт, Языки программирования, Бизнес-анализ, Системный менеджмент.

5. Заключение

Современные исследования в области архитектурного анализа характеризуется поисковыми работами в части критериев и метрик анализа архитектур, подходов к глобальной структуризации архитектурных моделей, позволяющих более эффективно бороться со сложностью архитектурных объектов.

Классификация аналитических задач, в особенности задач структурного анализа, определение роли и места в архитектурном процессе, формализация постановок, разработка методик их применения, являются актуальными вопросами для исследования.

С точки зрения развития аналитических возможностей архитектурного метода предполагается перспективным развитие систем качества архитектур и систем измерения качества.

Литература

1. *ArchiMate® 2.0 Specification*, Open Group Standard, 2011.
2. LAGERSTROM, ROBERT, CARLISS BALDWIN, ALAN MAC-CORMACK, AND DAVID DREIFUS. “*Visualizing and Measuring Enterprise Architecture: An Exploratory BioPharma Case*” Harward Business School Working Paper, No. 13-105, June 2013.
3. MARC LANKHORST, DICK A.C. QUARTEL, MAARTEN W.A. STEEN. *Architecture-Based IT Portfolio Valuation* / Practice-Driven Research on Enterprise Transformation Volume 69 of the series Lecture Notes in Business Information Processing pp 78-106.
4. РОДЖЕР СЕШНС. *Оптимальный путь к корпоративным архитектурам*. Открытые системы, No.4, 2006.
5. Y.T. LEUNG, J.C. BOCKSTEDT: *Structural Analysis of a Business Enterprise* //Service Science 1(3), pp. 169-188, 2009.
6. J SAAT, U FRANKE, R LAGERSTROM, M EKSTEDT. *Enterprise architecture meta models for IT/business alignment situations*. Enterprise Distributed Object Computing Conference (EDOC), 2010 14th IEEE International conference, 2010, pp 14-23.
7. *Информационная технология. Оценка программной продукции. Характеристики качества и руководства по их применению*. ГОСТ Р ИСО/МЭК 9126-93.
8. *COBIT 5: Бизнес-модель по руководству и управлению ИТ на предприятии* / Международная некоммерческая ассоциация аудита и контроля информационных систем. 2012.

СОГЛАСОВАННОЕ УПРАВЛЕНИЕ В МНОГОВАРИАНТНЫХ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ СЕТЕВЫХ СТРУКТУРАХ

Еналеев А.К.

(ИПУ им. В.А.Трапезникова РАН, Москва)

anver.en@gmail.com,

Рассматривается задача согласования в организационной системе двух различных типов разбиений крупномасштабной сети. Определяются условия, обеспечивающие оптимальность разбиений сети при совпадении границ полигонов одного типа разбиения с границами полигонов другого типа разбиения. Такого рода задача может быть актуальна при регулировании движения и обслуживания инфраструктуры в транспортных сетях, а также управлении деятельностью и поддержке инфраструктуры информационных, энергетических, трубопроводных сетей.

Ключевые слова: иерархия, организация, разбиения сети, типы разбиений, механизм управления, согласование, оптимизация.

Разбиение сетевых структур на полигоны управления во многих сложных организационных системах является многовариантным. В частности, для транспортных сетевых структур это разбиение по управлению движением (назовем его разбиением первого типа), и по управлению техническим обслуживанием дорог (разбиение второго типа).

Вследствие взаимозависимости функций управления функционированием сети и поддержки ее инфраструктуры, необходимо согласовывать соответствующие этим функциям типы разбиений сети, с целью обеспечения максимальной эффективности функционирования всей системы.

В качестве критерия оптимальности разбиений приняты показатели сложности управления полигонами. Методология оценки показателей сложности управления на примере железнодорожной сети была предложена в [1 – 5]. Оценка затрат на управление, так называемая «секционная функция затрат», сходная с показателем сложности

управления была введена ранее в работах [6, 7]. В этих работах исследованы задачи построения оптимальных иерархических систем управления, в том числе, и над сетевыми структурами. В настоящем докладе рассматривается игровая постановка согласования разбиений сети, следовательно, которая ранее не изучалась.

Пусть имеется сеть, состоящая из n вершин и два органа управления, управляющих одним из двух типов деятельности. Каждый из этих органов управления разбивает сеть на N полигонов.

Для каждого разбиения \hat{Q}^2 2-го типа из этого множества определим сложность разбиения: $W^2(Q^2, Q^1) = L^2(Q^2) + Z^2(Q^2, Q^1)$, где $L^2(Q^2)$ – сложность управления внутренними вершинами и ребрами полигонов разбиения Q^2 , а $Z^2(Q^2, Q^1)$ – сложность согласования разбиений пересекающихся полигонов разбиений Q^1 первого типа с разбиением Q^2 второго типа (предполагается, что при полном совпадении полигонов затраты на согласование минимальны, а для непересекающихся полигонов они равны 0). Методические основы оценки сложности управления изложена в работах [1 – 3].

Обозначим целевую функцию органа, отвечающего за разбиение сети на полигоны первого типа, $\Phi(Q^1, Q^2)$, а целевую функцию органа, отвечающего за разбиение второго типа

$$F(Q^2, Q^1) = H(Q^1) - W^2(Q^2, Q^1) = H(Q^2) - L^2(Q^2) - Z^2(Q^2, Q^1).$$

Предположим, что первый орган делает первый ход, выбирая разбиение Q^1 . Затем второй орган выбирает разбиение Q^2 , зная о разбиении Q^1 . Такая схема функционирования сходна с моделями поведения центра и активного элемента в теории активных систем [8, 9]. Это позволяет воспользоваться моделью игрового описания функционирования рассматриваемой системы, в которой разбиение Q^1 выполняет роль плана, а Q^2 реализации состояния активной системы, а сложность согласования $Z^2(Q^2, Q^1)$ является аналогом функции штрафов за отклонение состояния от плана. Соответственно, можно воспользоваться результатами [8,9] для анализа согласования разбиений первым и вторым органом.

Как следует из этих работ в случае выполнения условий максимального согласования оптимальное разбиение для первого органа определяется оптимальным согласованным механизмом. При этом в оптимальном решении разбиения Q^1 и Q^2 совпадают.

Достаточным условием максимальной согласованности в этом случае является выполнение «неравенства треугольника» на функции

сложностей согласования: $Z^2(Q^2, Q^1) \leq Z^2(Q^2, Q) + Z^2(Q, Q^1)$ для всех допустимых разбиений Q^1, Q^2, Q .

Литература

1. ЕНАЛЕЕВ А.К., ЦЫГАНОВ В.В. *Полигоны информационного управления в больших социальных и экономических сетях / Информационные войны*. 2013. № 4. – С. 62 – 68.
2. ЕНАЛЕЕВ А.К., ЦЫГАНОВ В.В. *Оценка показателей сложности регионального управления в сетевых структурах*. // Материалы международной научно-практической конференции «Теория активных систем» (ТАС-2014). Москва, ИПУ РАН. 2014. – 148-149 с.
3. БЕЛЫЙ О.В., ЕНАЛЕЕВ А.К., ЦЫГАНОВ В.В. *Оценка сложности управления движением*. Информационные технологии в науке, образовании, телекоммуникации и бизнесе. Материалы XLII международной конференции XII международной конференции молодых ученых. IT+SE'14. Майская сессия. – д Крым, Ялта-Гурзуф, 22 мая-1 июня 2014г. – С.158–160.
4. *Проблемы оптимизации структуры регионального управления движением, инфраструктурой, железнодорожными перевозками / БЕЛЫЙ О.В и др.* // В кн. «Научное обеспечение инновационного развития и повышения эффективности деятельности железнодорожного транспорта: коллективная монография членов и научных партнеров Объединенного ученого совета ОАО «РЖД» / под ред. Б. М. Лapidуса. – М.: MittelPress, 2014. – С. 39–55.
5. ЦЫГАНОВ В.В., МАЛЫГИН И.Г., ЕНАЛЕЕВ А.К., САВУШКИН С.А. *Большие транспортные системы: теория, методология, разработки и экспертиза*. – СПб.: ИПТ РАН, 2016. – 216 с.
6. ВОРОНИН А.А., ГУБКО М. В., МИШИН С.П., НОВИКОВ Д.А. *Математические модели организаций*. – М.: ЛЕНАНД, 2008.-360 с.
7. НОВИКОВ Д.А. *Теория управления организационными системами*. – М.: Издательство физико-математической литературы, 2007.
8. БУРКОВ В.Н., ЕНАЛЕЕВ А.К., КОНДРАТЬЕВ В.В. *Двухуровневые активные системы. IV. Цена децентрализации механизмов функционирования* // Автоматика и телемеханика. – 1980. – №6. – С. 110–116.
9. ЕНАЛЕЕВ А.К. *Разработка механизмов стимулирования и управления в двухуровневых активных системах*: автореф. дис... канд. техн. наук. – М: МФТИ, 1980. – 18 с.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА СЕТЕВОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕСУРСОВ ПРИ ТЕСТИРОВАНИИ РЕЛИЗОВ ИТ-СЕРВИСОВ

Киселева Т.В., Маслова Е.В.

(Сибирский государственный индустриальный университет, Новокузнецк)

kis@siu.sibsiu.ru, elenamaslova1805@yandex.ru

Дана постановка задачи распределения ресурсов, необходимых для тестирования релизов ИТ-сервисов при внедрении в эксплуатационную среду, при решении которой использовался метод сетевого программирования, позволяющий упростить сложную задачу оптимизации.

Ключевые слова: ИТ-сервис, риск, распределение ресурсов, сетевое программирование.

Жизненный цикл любого ИТ-сервиса состоит из стадий стратегии, проектирования, внедрения, эксплуатации. На каждой из них ИТ-сервис подвергается различным рискам частичной или полной потери. Существует эффективный способ уменьшения их количества на стадии внедрения. Для этого сервис разбивается на несколько релизов, при внедрении которых проводится предварительное тестирование с целью выяснения, какое количество ресурсов потребуется для обеспечения заданного качества. Тестирование может быть независимым или совместным. Ниже рассмотрим задачу распределения ресурсов при независимом тестировании [1].

При внедрении в эксплуатационную среду релизов ИТ-сервисов обновляются технологические активы (релиз А1), активы приложений (релиз А2), активы портфеля сервисов (релиз А3) и активы бизнеса (релиз А4). Изменяется при этом и текущее базовое состояние самой эксплуатационной среды.

Обозначим через $P(\bar{A}_i), i = \bar{1}, \bar{4}$ и $P(A_i), i = \bar{1}, \bar{4}$ – вероятности возникновения ИТ-происшествий в эксплуатационной среде при встраивании соответствующего релиза до и после тестирования. Вероятности $P(\bar{A}_i), i = \bar{1}, \bar{4}$ будем считать известными. Качество K тестирования будем оценивать по трехбалльной шкале измерения: 1 – «плохо», что соответствует большому риску возникновения ИТ-происшествий, 2 – «удовлетворительно – среднему риску», 3 – «хорошо» – малому риску. То есть, если интервал $(0; P(\bar{A}_i))$ вероятностей разбить на три равных подинтервала: $(0 \div \frac{1}{3} P(\bar{A}_i))$, $(\frac{1}{3} P(\bar{A}_i) \div \frac{2}{3} P(\bar{A}_i))$, $(\frac{2}{3} P(\bar{A}_i) \div P(\bar{A}_i))$, и в результате тестирования оказалось, что если $P(A_i) \in (0 \div \frac{1}{3} P(\bar{A}_i))$, то качество тестирования $K(A_i) = 3$; если $P(A_i) \in (\frac{1}{3} P(\bar{A}_i) \div \frac{2}{3} P(\bar{A}_i))$, то $K(A_i) = 2$; если $P(A_i) \in (\frac{2}{3} P(\bar{A}_i) \div P(\bar{A}_i))$, то $K(A_i) = 1$.

Функции затрат от качества тестирования релизов $z_p(A_i)$, $K = \bar{1}, \bar{3}$, $i = \bar{1}, \bar{4}$, считаются известными [1].

Дадим постановку задачи оптимального распределения ресурсов на тестирование релизов ИТ-сервисов.

Дано:

1. Эксплуатационная среда, состоящая из бизнес- и организационной архитектуры, архитектуры приложений и сервиса и технологической архитектуры (продукта).
2. Пакет релизов $A_i = 1, 2, 3, 4$.
3. Качество тестирования релизов K .
4. Вероятности возникновения рисков $P(\bar{A}_i), i = \bar{1}, \bar{4}$.
5. Затраты на тестирование релизов: $z_K(A_i), K = \bar{1}, \bar{3}, i = \bar{1}, \bar{4}$.
6. Ограничение: $K(A_1 \cup A_2 \cup A_3 \cup A_4) \geq K^*$.
7. Критерий: суммарные затраты на тестирование релизов:

$$\sum_{i=1}^4 z_K(A_i).$$

Требуется:

Оптимизировать распределение ресурсов на тестирование при соблюдении ограничения и минимизации критерия, т.е.

$$\sum_{i=1}^4 z_K(A_i) \rightarrow \min .$$

Иначе, требуется определить такие минимальные затраты $z_K(A_i), i = \overline{1, n}$, которые обеспечивают качество $K(A_1 \cup A_2 \cup A_3 \cup A_4) \geq K^*$ тестирования ИТ-сервиса не ниже заданного уровня K^* .

Решение задачи методом сетевого программирования [2] осуществляется последовательно, с наращиванием сложности. Поэтому сначала рассматриваем затраты на тестирование релизов A_1 и A_2 и вероятности возникновения инцидентов при внедрении этих релизов в ИТ-среду. Их совместную вероятность обозначим через $y_1(A_1, A_2)$, а затраты – через $z_1(A_1, A_2)$. Далее к y_1 и z_1 присоединяем затраты, необходимые для тестирования релиза A_3 , и вероятность возникновения при этом ИТ-происшествий. Получаем соответственно затраты z_2 и вероятность y_2 ; аналогично на следующем шаге при введении релиза A_4 получаем вероятность y_3 и затраты z_3 .

Для функции z соответствие сетевого представления можно записать:

$$(1) \quad z_1 = \sum_{i=1}^2 z(A_i); z_2 = z_1 + z(A_3); z_3 = z_2 + z(A_4).$$

Процедуры тестирования релизов будем считать независимыми, как было сказано ранее. Вероятность суммы двух совместных событий A и B рассчитывается по формуле:

$$(2) \quad P(A + B) = P(A) + P(B) - P(AB) .$$

Тогда вероятность y_1 возникновения ИТ-происшествий рассчитывается следующим образом:

$$(3) \quad y_1(A_1, A_2) = P(A_1 + A_2) = P(A_1) + P(A_2) - P(A_1 \cap A_2) .$$

Далее аналогично оцениваются y_2 и y_3 :

$$(4) \quad y_2(y_1, A_3) = y_1 + P(A_3) - y_1 P(A_3) .$$

$$(5) \quad y_3(y_2, A_4) = y_2 + P(A_4) - y_2 P(A_4) .$$

Для решения задачи оптимального распределения ресурсов на тестирование релизов ее следует разбить на несколько подзадач. Сначала рассчитываются значения $y_1(A_1, A_2)$ и $z_1(A_1, A_2)$. При этом

$$(6) \quad z_1 = \sum_{i=1}^2 a(A_i) \rightarrow \min, P(y_1) = P(A_1 + A_2) = K^* .$$

Далее с использованием полученных значений находятся $z_2(y_1, A_3)$; $z_2(y_1, A_3)$ при следующих условиях:

$$(7) \quad z_2 = z_1 + z(A_3) \rightarrow \min, P(y_2) = P(A_1 + A_2 + A_3) = K^* .$$

После чего аналогично оцениваются значения $z_3(y_2, A_4)$; $z_3(y_2, A_4)$ при условиях:

$$(8) \quad z_3 = z_2 + z(A_4) \rightarrow \min, P(y_3) = P(A_1 + A_2 + A_3 + A_4) .$$

Это и является решением исходной задачи.

В докладе подробно представлено решение этой задачи и приведены расчеты для конкретного примера [3].

Литература

1. ЗИМИН В.В., КИСЕЛЕВА Т.В., МАСЛОВА Е.В. *Оптимальное распределение ресурсов, необходимых для тестирования релизов ИТ-сервиса* // Тр. IV Всеросс. науч.-практ. конф. «Моделирование и наукоемкие информационные технологии в технических и социально-экономических системах». - Новокузнецк: изд. Центр СибГИУ, 2016. - С. 220 – 225.
2. БУРКОВА И.В. *Метод сетевого программирования в задачах управления проектами*: дисс. на соиск. уч. степени докт. техн. наук. М.: изд. ИПУ РАН, 2012. 181 с.
3. ЗИМИН В.В., КИСЕЛЕВА Т.В. *Задача оптимального распределения ресурсов на тестирование релизов ИТ-сервиса* // Тр. X Всеросс. науч.-практ. конф. по системам автоматизации в образовании, науке и производстве. – Новокузнецк, 2016. – С. 475-480.

ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ ПРЕДПРИЯТИЯ НА ОСНОВЕ СОВРЕМЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ¹³

Козлова О.А.¹, Тельнов Ю.Ф.¹, Трембач В.М.²

(1 – РЭУ, Москва, 2 – Московский
авиационный институт)

blestoks@yandex.ru, ytelnov@mail.ru, trembach@yandex.ru

Рассматриваются подходы к решению задач управления организационно-технических систем предприятия на основе современных интеллектуальных технологий. Показана структура интеллектуальной системы на основе агентно-ориентированного подхода с использованием единого информационного пространства. Представлен агент формирования единого информационного пространства.

Ключевые слова: интеллектуальная система, агент, единое информационное пространство, планировщик, база знаний.

1. Введение

Появление и развитие вычислительной техники привело к появлению новых подходов к управлению организационно-техническими системами (ОТС) в различных областях. В настоящее время наблюдается расширение задач, требующих использования современных информационных технологий. Это связано с бурным ростом как самих ОТС, их усложнением, так и ростом сложности обеспечивающих информационных систем и технологий. По этой причине становятся востребованными интеллектуальные системы для управления большими организационно-техническими объектами.

Одной из важных задач интеллектуальной системы является задача формирования управляющих воздействий для выполнения поставленных целей [1,2]. В данной статье представлен подход к созданию интеллектуальной системы на основе агентно-

¹³ Статья подготовлена при поддержке РФФИ (проект № 14-07-00880; проект № 16-07-01062)

ориентированного подхода с использованием единого информационного пространства.

2. Интеллектуальная система для задач управления большими техническими объектами

В настоящее время информационные системы становятся стратегическим источником информации и используются на всех уровнях организации любого профиля. Информационные системы помогают организации достичь успеха в своей деятельности, создавать новые товары и услуги, находить новые рынки сбыта, обеспечивать себе достойных партнеров, организовывать выпуск продукции по низкой цене и многое другое. В настоящее время информационные системы получают дальнейшее развитие. Возникает необходимость в системной оптимизации, использовании методов математического моделирования и интеллектуальных технологий для стратегического и оперативного управления организациями (предприятиями).

В основу деятельности по созданию интеллектуальных систем (ИС) выделяется [5] необходимость комплексного учета потребностей заинтересованных сторон. В работе [6] выделяют принципы системной инженерии, которые составляют основу в решении интеллектуальных задач. Это:

1. Переход от редуccionистского к системному подходу.
2. Переход от структурного к процессному подходу.
3. Переход от одной группы описаний ко множественности групп описаний.
4. Переход от рабочего проектирования (конструирования, дизайн) к обязательному предварительному архитектурному.
5. Переход от непосредственной реализации к моделицентричной реализации.
6. Переход от документоцентризма к датацентризму.
7. Переход от работы «для одного хозяина» к работе со множеством заинтересованных сторон.
8. Переход от «проверки» к разделению верификации и валидации.
9. Переход от методов «предсказания будущего» к использованию гибких методов.

10. Переход от «технологического конвейера» к «заказам-поставкам».

Одним из подходов к созданию интеллектуальных систем для задач управления большими техническими объектами является подход на основе использования сервисно-ориентированной архитектуры (СОА) [7]. Основу такой архитектуры составляет модульный подход к разработке программного обеспечения.

Такой подход основан на использовании сервисов со стандартизированными интерфейсами, что позволяет многократно использовать функциональные элементы (модули, реализующие сервисы), ликвидировать дублирование функциональности в ИС [4]. Функциональные элементы ИС (модули, приложения) обычно реализуются, как набор имеющихся разработок с простым протоколом для обмена произвольными сообщениями в формате XML. Возможно использование и других реализаций [4]. На рис. 1 показана структура интеллектуальной системы для управления большими техническими объектами.

Большие ОТС состоят из множества подсистем, комплексов, и все они решают свои специфические задачи в рамках предметной области [2]. Для каждой задачи характерны свои исходные данные, технические средства и методы решения. Модули интеллектуальной системы как отдельные приложения являются интеллектуальными агентами с собственной базой знаний.

3. Использование проблемной области в интеллектуальной информационной системе

Для выполнения запланированных функций организационно-технической системе необходима совместная работа ее агентов с использованием базы знаний проблемной области. База знаний проблемной области – это все знания, необходимые для решения задачи управления большим техническим объектом [1,2].

Формирование БЗ проблемной области осуществляется из различных источников. Для рассматриваемой многоагентной системы управления большим техническим объектом в качестве интеллектуальных агентов, формирующих знания о действительности в своем формате, выделяются следующие: агент восприятия реального мира через датчики, агенты интерфейсов пользователей, агент речевого взаимодействия.

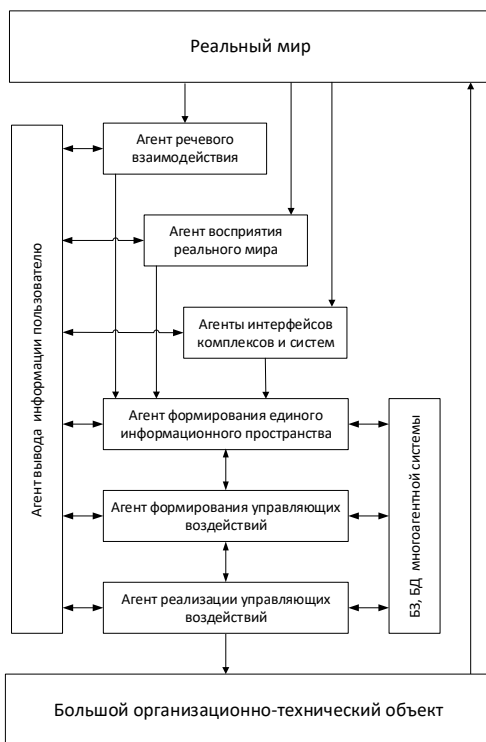


Рис.1. Структура интеллектуальной системы

Интеллектуальная система использует знания, которые представляются в виде описаний сущностей [1,2]. Сущности могут представляться, в простейшем случае, характеристическими признаками (атрибутами) и связанными в зависимости от состояний признаков управляющими воздействиями. В качестве признака, например, может быть наличие или отсутствие какого-либо режима работы, процесса, показателей в заданных пределах и т.д. Таким образом, совокупность признаков сообщает о текущем состоянии технического объекта.

Система представления знаний в виде признаков позволяет унифицировать знания, хранящиеся в различных модулях и создать систему управления, не зависящую от сред, с которыми работают модули системы формирования проблемной области. Каждый модуль в

такой системе работает со своей уникальной средой и имеет свою уникальную базу знаний.

3. Формирования единого информационного пространства

Знания, обеспечивающие работу каждого модуля, хранятся в базе знаний модуля в формате, который отражает специфику функционирования модуля. Однако, для решения задачи управления большим организационно-техническим объектом необходимо учитывать все сведения, и с этой целью знания должны иметь общий формат и единое представление знаний. Одним из решений данной задачи является создание интеллектуального агента, осуществляющего формирование единого информационного пространства с общей базой знаний и универсальным форматом передачи информации.

Система, основанная на едином информационном пространстве, является универсальной и может быть одинаково результативно использована в различных предметных областях. Информационное пространство всегда является специализированным. Одной из таких систем является система формирования БЗ проблемной области из различных баз знаний, которая играет важную роль в работе интеллектуальной системы, делает её расширяемой и позволяет решать задачи при изменяемых внешних условиях.

4. Заключение

Перспективным направлением построения БЗ проблемной области является использование контекста описаний сущностей. Это актуально для проблемных областей большого размера, так как позволяет сократить обрабатываемые объемы знаний при принятии решений.

Литература

1. ОСИПОВ Г.С. *Лекции по искусственному интеллекту*. - М.: Красанд, 2009. - 272 с.
2. ТРЕМБАЧ В.М. *Решение задач управления в организационно-технических системах с использованием эволюционирующих знаний*. – М.: МЭСИ, 2010. – 236 с.

3. ТРЕМБАЧ В.М., *Бортовой вычислительный комплекс с использованием сервисов речевого взаимодействия*. // Научно-практический журнал «Открытое образование», МЭСИ, №4, 2015, с. 45-50
4. <https://ru.wikipedia.org/wiki> - Википедия - Сервис-ориентированная архитектура
5. *Системная инженерия программного обеспечения: введение*. - «Открытые системы», № 05, 2002 /: <http://www.osp.ru/os/2002/05/181460/>
6. *Системная инженерия и задачи инженерной подготовки в ТПУ* (Аналитический обзор), Томский политехнический университет, 2012г./: http://portal.tpu.ru/standard/design/syst_engineerin/Tab/Syst.pdf
7. ТЕЛЬНОВ Ю.Ф. *Инжиниринг предприятий на основе сервисно-ориентированных архитектур* // 18-я научно-практическая конференция «Инжиниринг предприятий и управление знаниями». – М.: МЭСИ, 2015.

ЯЗЫК МОДЕЛИРОВАНИЯ КОНВЕЙЕРНЫХ ПРОЦЕССОВ

Куприянов Б.В.

(ИПУ им. В.А.Трапезникова РАН, Москва)

kuprianovb@mail.ru

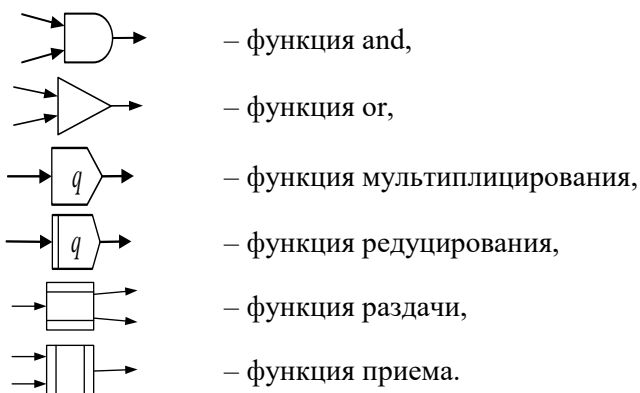
Приводится описание графического языка численного моделирования конвейерных процессов. Язык позволяет описывать широкий класс дискретных процессов, таких как производственные процессы, вычислительные процессы, процессы рассматриваемые в теории расписаний и т.п.. Даются определения основных конструкций языка и прикладная интерпретация. Перечисляются основные характеристики, которые могут быть вычислены с помощью соответствующей данному языку системы моделирования.

Ключевые слова: дискретные процессы, конвейерные процессы, язык моделирования, система моделирования.

1. Введение

Конвейеризация один из основных методов организации серийных и поточных производств. Однако описать производственный процесс как классический конвейерный удастся далеко не всегда. Основная причина в том, что классические конвейерные процессы составляют малую часть всех производственных процессов. Одно из основных ограничений классических конвейерных процессов обусловлено использованием только одного типа отношения предшествования операций. Данный факт ограничивает множество возможных структур конвейерных процессов.

В работах [1-3] описывается теория рекурсивных конвейерных процессов, которая опирается на некоторое множество типов отношений предшествования операций, которые имеют место в реальных процессах. На базе данной теории разработан язык моделирования конвейерных процессов и проект системы моделирования.



4. Функции управления временем позволяют привязывать управление процессом к астрономическому времени.

5. Основные характеристики конвейерного процесса.

Система моделирования, построенная на базе данного языка моделирования, позволит вычислять следующие характеристики процесса[3]:

- класс процесса (в теории [1] определены 4 класса);
- расписание процесса;
- коэффициент загрузки оборудования;
- «узкое место» конвейера (критическая операция);
- период и амплитуду колебания производительности конвейера;
- время выхода процесса на стационарный режим;
- скорость роста очереди к операции;
- стоимостные характеристики процесса.

В статье [2] приведены примеры использования данного типа моделей для моделирования производственных процессов, вычислительных процессов и составления транспортного расписания. Данное моделирование может быть использовано для составления исходного расписания для применения оптимизационных методов распределения ресурсов теории расписаний.

3. Заключение

Система моделирования, построенная на базе данного языка, может иметь применение как автономная система общего назначения.

Аналогом таких систем для других классов процессов являются Powersim [4], Anylogic и т.п.. Кроме того на базе данного языка возможно построение MES-систем [5] управления производственным процессом.

Литература

1. КУПРИЯНОВ Б.В. *Рекурсивные конвейерные процессы – основные свойства и характеристики*. Вестник УМО «Экономика, статистика и информатика». № 1. 2015.
2. КУПРИЯНОВ Б.В. *Применение модели конвейерных процессов рекурсивного типа для решения прикладных задач*. Вестник УМО «Экономика, статистика и информатика». № 6. 2014.
3. КУПРИЯНОВ Б. В. *Вычисление некоторых производственных характеристик рекурсивного конвейера*. Научно-практический журнал «Открытое образование». № 1. 2016.
4. СИДОРЕНКО В.Н. *Системно – динамическое моделирование в среде POWERSIM: Справочник по интерфейсу и функциям*. – М.: МАКС-ПРЕСС, 2001. – 159 с.
5. ЗАГИДУЛЛИН Р.Р. *Управление машиностроительным производством с помощью систем MES, APS, ERP*. // Старый Оскол:

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОГРАММНЫХ СИСТЕМ ИЗ ОБЪЕКТОВ И КОМПОНЕНТОВ

Лаврищева Е.М.
(МФТИ, ИСП РАН, Москва)
lavr@ispras.ru

Дан анализ подходов к моделированию сложных систем UML и ОКМ, разработанных в период расцвета ООП для моделирования предметных областей (ПрО) из объектов. Дана характеристика основных понятий методов моделирования UML и ОКМ. Предложено четыре уровня проектирования модели ПрО (обобщенный, структурный, характеристический и поведенческий), основанных на логико-математическом аппарате. Определен формальный переход от объектной модели (ОМ) к компонентной модели системы, содержащей реализацию объекта в виде компонентов и их интерфейсов. Метод ОКМ прошел апробацию в докторской диссертации В.Н.Грищенко (2007), в системе информатизации Национальной Академии Наук Украины, на курсах по технологии программирования и программной инженерии в КНУ и МФТИ (1980-2015).

Ключевые слова: объектный метод; моделирование ОКМ; модель; компонент; компонентная модель, программная система; алгебра анализа; компонентная алгебра,

1. Базовые основы метода моделирования систем

Проектирование программ и систем проводилось структурным методом и по сформировавшимся моделям жизненного цикла (ЖЦ) систем (каскадная, спиральная, итерационная и др.). Эти методы широко развивались и используются у нас в стране В.В. Липаевым В.В. [1], Орловым [2], Ведером А.М. [3], а также за рубежом как стандартное представление систем (ISO/IEC 12207 Life Cycle-1996). В конце 80-х годов прошлого столетия появился ООП Г.Буча, который изменил эти методы и внес в практику проектирования модельный подход. Его основу составляли модели архитектуры систем и базовые

характеристики этих системы. Первым языком моделирования стал UML (Unified Modelling Language, 1994) [4-6]. В нем для системы создавалась объектная модель (ОМ) ПрО в виде графа, в вершинах которого располагались отдельные объекты, а на дугах отношения (связи) между ними. Элементы модели трансформировались к программному коду, который тестировался и документировался. Язык UML начал широко использоваться многими зарубежными и отечественными фирмами. Создавались CASE –средства (Rational Rose, OMT и др.) [6], и новые подходы к моделированию систем (MDA, MDD, SOA, SCA и др.

В это время начала сформироваться новая концепция моделирования систем – объектно-компонентный метод (ОКМ) [7-9] (www.ispras.ru/preprints/docs/rep_29_2015.pdf). В ОКМ реализована методология формального определения понятий ПрО, модель программной системы (ПС) и семейств программных продуктов (СПП) (www.sei.com/Produclines) из объектов и компонентов. В ОКМ объекты рассматриваются на логическом уровне проектирования ПС, как функции и методы ПрО, а компоненты, как физическая реализация объектов. Каждый компонент может быть реализацией нескольких объектов или некоторой части объектной системы, полученной на уровнях проектирования ПрО [9-14]. Компонент получил многократное использование в разработках новых ПС, обеспечивая объектную парадигму с использованием интерфейсов взаимосвязи объектов. В этом методе программная система определяется, как совокупность отдельных объектов и компонентов для реализации взаимосвязанных функций некоторой ПрО. SEI USA – ProductLine/ProductFamily дал определение моделируемой системы, как совокупность готовых продуктов и артефактов, решающих задачи домена или членов его семейства. Далее рассматривается основные положения метода моделирования ОКМ и его применение в практической деятельности.

1.1. ОБЪЕКТЫ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ ПС

Фундаментальную основу концепции моделирования ПрО из объектов составляет теории ООП Буча, Фреге и Геделя-Бернайса и понятия классов объектов, инкапсуляции, наследования свойств и операций над элементами класса (экземплирование, сериализация,

агрегация, классификация и др.). Дается описание построения концептуальных моделей ПС и СПП с использованием функций и операций объектного анализа предметной области. Объекты группируются в классы.

Класс – это определенное множество объектов, имеющих общие переменные, структуру и поведение. Объект является экземпляром класса.

Одним из основных свойств объектов является инкапсуляция. Она реализуется с помощью интерфейсов, которые состоят из методов и атрибутов. Атрибут может определять внешние переменные экземпляра класса. Для каждой внешней переменной существуют методы выборки значения переменной (get-метод) и присвоение ему новое значение (set-метод). С общей методологической точки зрения, интерфейс экземпляра объекта состоит из переменных методов. Каждый объект может иметь несколько интерфейсов, которые определяют его функциональные свойства. Кроме того, объект может иметь специальный интерфейс, методы которого работают с экземплярами (например, Home-интерфейс в EJB модели EJB языка Java). На абстрактном уровне интерфейс может рассматриваться как частичный вид абстрактного класса, которая сводится к операции приведения классов. Если выполняется операция приведения экземпляра класса в соответствии с определенным интерфейсом, то обязательным условием является реализация этим экземпляром всех методов соответствующего интерфейса.

Теория Г.Буча предлагает стратегию проектирования, ПрО, исходя из утверждения, что весь материальный мир состоит из объектов. Любая ПрО – это совокупность объектов, связанных между собой некоторым множеством отношений и поведения в течение некоторого времени жизни системы. То есть,

<объектная ориентация> = <объекты> + <наследование>.

Каждое понятие ПрО, вместе с его свойствами и поведением является отдельным объектом, а вся ПрО – это совокупность объектов со связями, которые устанавливаются на базе отношений между этими объектами. В качестве объекта выступают как абстрактные образы, так и конкретные физические предметы или группы предметов с указанными общими характеристиками и функциями [7, 8].

Для определения объекта используется понятийная структура - треугольник Фреге, согласно которой объект есть *денотат*. Символ

используется для идентификации объекта, а денотат соответствует уровню знаний о сущности моделируемого мира, которое отражается этим объектом. Каждому треугольнику Фреге будет соответствовать определенный объект с собственным именем и определенным содержанием.

Объект как понятийная структура по Фреге, состоит из собственного идентификатора, денотата и образа предмета или в виде абстрактного компонента, на который указывает этот идентификатор, и концепта, определяющего смысл денотата. Объект имеет хотя бы одно свойство или характеристику и уникальную идентификацию во множестве объектов и предикатов свойств и отношений.

1.2. УРОВНИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОБЪЕКТНОЙ МОДЕЛИ

Для проектирования объектной модели (ОМ) из объектов предложено логико-математический аппарат, применяемый на следующих уровнях:

- обобщающий понятие объекта в виде денотата в соответствии с теорией Фреге в виде <имя объекта> <концепт>;
- структурный для теоретико-множественного упорядочения объектов и представление их в виде графа с операциями объединения, пересечения, разности, симметричной разницы и т.п.;
- характеристический для логико-алгебраического представления характеристик объектов и их свойств;
- поведенческий для определения поведения объекта во времени и взаимосвязях между объектами в графе ОМ.

Объект, имеющий одновременно статус множества (класса) и элемента какого-либо множества, имеет внешние и внутренние свойства и характеристики.

Под *характеристикой* понимается совокупность свойств объекта (унарных предикатов) и выделенных предикатов, удовлетворяющих условию, при которых каждый объект принимает значение истины на заданной паре *IS – A / Part – Of*. и одновременно не больше, чем один предикат из совокупности. Характеристика может быть внешней и внутренней и к ней применяется отношение принадлежности «Part-of».

1.3. АЛГЕБРА ОБЪЕКТНОГО АНАЛИЗА

Алгебра объектного анализа

$$(1) \Sigma = (O', \Psi, P),$$

где $O' = (O_1, O_2, \dots, O_n)$ – множество объектов, Ψ – множество операций над элементами O' , $P = (P_1, P_2, \dots, P_r)$ – множество предикатов, на основе которых определяются концепты; $O_i = O_i(\text{Name}_i, \text{Den}_i, \text{Con}_i)$, где $\text{Name}_i, \text{Den}_i, \text{Con}_i$ – знак (имя), денотат и концепт соответственно. Каждая из операций имеет определенный приоритет и арность, а также связана с соответствующими допустимыми изменениями денотатов и концептов [5, 6].

Для каждого объекта формируется его концепт.

Если $O' = (O_1, O_2, \dots, O_n)$ – совокупность объектов ПрО, а $P' = (P_1, P_2, \dots, P_r)$ – множество унарных предикатов из свойств объектов ПрО, то концепт объекта O_i является множеством утверждений на предикатах P' , принимающих значение истина. То есть концепт $\text{Con}_i = \{P_{ik}\}$ при $P_k(O^i) = \text{true}$, где P_{ik} – утверждение для объекта O_i соответственно предикату P_k . Согласно структуры концептов между объектами определяются отношения типа «род-вид».

Теорема 1.1. Множество операций Ψ алгебры Σ является полной системой операций и предикатов P относительно функций объектного анализа ПрО.

Строится некоторая объектная система

$$O_{\text{syst}} = (O_{\text{class}}, G),$$

где $O_{\text{class}} = \{O_{\text{class}}^i\}$ – множество классов; G – объектный граф со связями и отношениями между классами и экземплярами.

1.4. ВЫХОДНАЯ МОДЕЛЬ ГРАФОВОЙ СТРУКТУРЫ ПРО

При проектировании ПрО из объектов на четырех уровнях формируется (ОМ) вида:

$$(2) \text{OM} = \langle G^t_1; G^t_2, G^t_3, G^t_4 \rangle,$$

где G^t_1 – граф объектов ПрО, созданной на обобщающем уровне ($t=1$); G^t_2 – функция FM (Feature Model) на характеристическом уровне ($t=2$); G^t_3 – архитектурно-компонентная модель структурного уровня ($t=3$); G^t_4 – интерфейсная модель взаимодействия СПП на поведенческом уровне ($t=4$).

Объектам функций G^t_1 и их характеристикам соответствуют методы и данные (уровня 2, 3), необходимые для реализации продуктов в

СПП и обеспечения их взаимодействия. Функция $FM = (F1, F2, \dots, Fk)$ включает базовые функциональные характеристики ОМ.

Итоговый граф G включает объекты типа I (рис.1), которые выполняют функцию вызова объектов и передачи им соответствующих данных в требуемом формате [8].

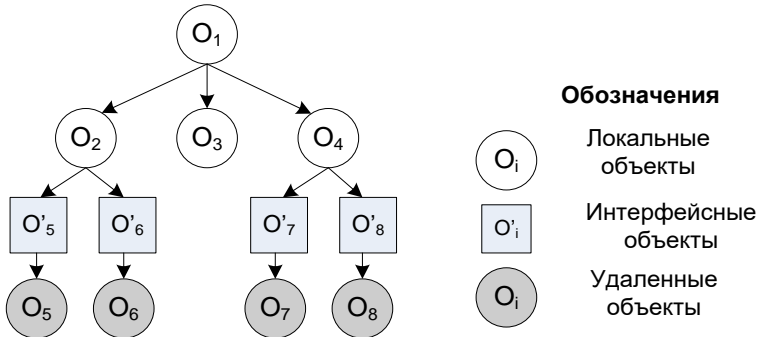


Рис. 1. Граф G на множестве объектов и интерфейсов

Вершины данного графа G задают функциональные объекты – $O_1, O_2, O_3, O_4, O_5, O_6, O_7, O_8$ и интерфейсные объекты – O'_5, O'_6, O'_7, O'_8 , которые размещаются в репозитории, а дуги соответствуют отношениям между всеми видами объектов. Результат связи двух объектов (например, $link P_2(O'_6)$ - интерфейсный объект $In O'_2$).

Исходя из графа G (рис.1) можно задать программы из объектов P_1-P_6 с использованием операторов объединения (сборки) в операторе $link$:

- 1) $P_1 = O_2 \cup O_5$, $link P_1 = In O'_5 (O_2 \cup O_5)$;
- 2) $P_2 = O_2 \cup O_6$, $link P_2 = In O'_6 (O_2 \cup O_6)$;
- 3) P_3 ;
- 4) $P_4 = O_4 \cup O_7$, $link P_4 = In O'_7 (O_4 \cup O_7)$;
- 5) $P_5 = O_4 \cup O_8$, $link P_5 = In O'_8 (O_4 \cup O_8)$;
- 6) $P_0 = (P_1 \cup P_2 \cup P_3 \cup P_4 \cup P_5)$.

При переходе от объектов ОМ к компонентам формируется *компонентная модель*:

$$KM = \langle RC, In, ImC, Fim \rangle,$$

где RC – базовые компоненты множества компонентов C , которые соответствуют базовым объектам модели ОМ; In – интерфейс компо-

ентов, среди параметров которого задается имя точки вариантно-сти; ImC – реализация базового компонента в заданной среде; $Fim(\cdot)$ – функции преобразования входных и выходных параметров интерфейса и множество данных в сигнатуре интерфейса.

OM и KM верифицируются на правильность вхождения в них объектов и компонентов, а FM – на правильность заданных функций.

2. Формализация компонентных элементов ПС

К компонентным элементам ПС относится семейство формальных моделей, объединенных единой понятийной, терминологической и математической базой [15, 16]:

- модель компонента;
- модель процесса;
- модель компонентной среды.

Дадим им определение.

1) Модель компонента:

(3) $MComp = (CName, CIn, CFact, CIm, CSer)$,

где $CName$ – уникальное имя компонента; $CIn = \{CIni\}$ – множество интерфейсов компонента; $CFact$ – управление экземплярами компонента; $CIm = \{CImj\}$ – множество реализаций компонента; $CSer = \{CSerr\}$ – множество системных сервисов.

Множество $CIn = CInI \cup CInO$ состоит из входных $CInI$ и выходных $CInO$ интерфейсов.

2) Модель интерфейса имеет вид:

(4) $CIn = (InName, InFun, CIn, InSpec)$,

где $InName$ – имя интерфейса; $InFun$ – функциональность (метод) интерфейса; CIn – интерфейс управления экземплярами компонента; $InSpec$ – спецификация интерфейса (описания типов, констант, методов и т. д.).

Интерфейс задает операции управления экземплярами:

$CIn = \{Locate, Create, Remove\}$,

где $Locate$ – поиск и определение экземпляра компонента; $Create$ – создание экземпляра компонента; $Remove$ – удаление экземпляра компонента.

3) Модель компонентной среды имеет вид:

(5) $CE = (NameSpace, InRep, ImRep, CSer, CSerIm)$,

где $NameSpace$ – множество имен компонентов среды; $InRep = \{InRep_i\}$ – репозиторий интерфейсов; $ImRep = \{ImRep_j\}$ – репозиторий реализаций; $CSer = \{CSer_k\}$ – системные сервисы; $CSerIm = \{CSerImr\}$ – реализации сервисов.

Компонентная среда – это множество серверов приложений, где разворачиваются компоненты, контейнеры, экземпляры, которые обеспечивают реализацию функциональности компонента.

Для размещения в некоторой среде для компонента необходимо выполнить действия:

- определить критерии и условия расположения компонентов в узлах графа с учетом связей между ними согласно компонентного графа, отображающего объектный граф G;
- определить средства передачи сообщений от одного компонента к другому;
- объединить программные компоненты и их интерфейсы в структуре ПС из компонентов повторного использования (КПИ).

Таким образом, исходя из модели КМ компоненты модели ПС, могут быть распределены по узлам сети и взаимодействовать между собой через механизмы интерфейсов и сообщений.

2.1. КОМПОНЕНТНАЯ АЛГЕБРА.

ВНЕШНИЕ И ВНУТРЕННИЕ ОПЕРАЦИИ

Многоосновная компонентная алгебра имеет вид:

$$(6) \quad \theta = \{ \varphi_1, \varphi_2, \varphi_3 \},$$

где $\varphi_1 = \{CSet, CSESet, \Omega_1\}$ – внешняя алгебра, $\varphi_2 = \{CSet, CSESet, \Omega_2\}$ – внутренняя алгебра, $\varphi_3 = \{Set, CSESet, \Omega_3\}$ – алгебра эволюции.

Внешняя алгебра

$$\varphi_1 = \{CSet, CSESet, \Omega_1\},$$

где $CSet$ – множество компонентов; $CSESet$ – множество компонентных сред; Ω_1 – множество операций: $CSet2 = Cset \oplus CSESet1$ – инсталляция (развертывание); $CSESet3 = CSESet1 \cup CSESet2$ – объединение сред; $CSESet2 = CSESet1 \setminus CSet$ удаления компонента из среды.

Внутренняя алгебра

$$\varphi_2 = \{CSet, CSESet, \Omega_2\},$$

где $\Omega_2 = \{addIm, addIn, replIn, replIm\}$, $addim$ – операции добавления реализации С, $addIn$ – добавление интерфейса; $replIm$ – операция замещения реализации С; $replIn$ – замещения интерфейса.

Алгебра эволюции

$$\varphi_3 = \{CSet, CSEt, \Omega_3\},$$

где $\Omega_3 = \{Orefac, OReing, ORever\}$ и $Orefac = \{AddOImp, AddNIm, ReplIm, AddIn\}$ – операции рефакторинга; $Oreing = \{rewrite, restruc, adop, conver\}$ – операции реинженерии; $ORever = \{redesign, restruc\}$ – операции реверсной инженерии.

Алгебра сборки

$$\varphi_4 = \{CSet, CSEt, \Omega_3\},$$

где $\Omega_3 = \{incon, redev, linkconf, makeaw, add, insert, redo\}$ – операции сборки и взаимодействия компонентов с преобразованием типов и форматов данных, передаваемых между КПИ, с помощью примитивных функций генерации типов GDT стандарта ISO/IEC 11404–2007 к фундаментальным типам данных ЯП (и обратно).

2.2. ТЕОРИЯ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ДАННЫХ

Эта теория состоит из алгебраических систем для простых и структурных типов данных и функций преобразования структурных типов к простым типам FDT. Если имеет место нерелевантность в передаче данных от одного ЯП к другому, то используются примитивные функции преобразования (например, тип integer к character и наоборот) [17–20]. Эта теория получила развитие для общих типов данных (GDT стандарта ISO/IEC 11404), которые отображаются в типы данных современных ЯП путем генерации GDT к FDT [17]. Генерация базируется на наборе функций (процедур) в языке XML со следующим содержанием:

- преобразование типов данных для последовательности языков ЯП₁, ..., ЯП_n;
- формальное представление описания типов данных FDT;
- представление GDT данных в формат FDT для обработки и апроциации схемы данных FDT;
- отображение типов данных GDT \Leftrightarrow FDT.

Для реализации указанного набора функций разработана библиотека функций для преобразования типов данных GDT (примитивных, агрегатных и генерированных) к FDT.

Данная теория преобразования типов данных может использоваться для организации вычисления компонентов в среде Cloud Computing и Big Data. Вариант реализации отдельных аспектов этой

теории выполнен как раздел «Трансформация ТД» на веб сайте – <http://7dragons.ru/ru>

2.3. ПРИМЕНЕНИЕ ОКМ

Комплекс ИТК [20] включает новые средства для производства ПС и СПС из готовых КПИ по линиям обработки КПИ средствами сборки программ, систем и их семейств. В него входит фабрика программ КНУ (<http://programsfactory.univ.kiev.ua>), реализованная студентами под руководством автора в 2011, на сайте www.intuit.ru и <http://sestudy.edu-ua.net> (2012).

3. Заключение

Определены цели и формализмы представления сложных целевых систем с помощью объектов, компонентов и КПИ. Описан ОКМ метод, содержащий базовые формальные механизмы определения ОМ из объектов и операций объектного анализа ПрО. Обоснованно четырех уровневое проектирования модели ПрО (обобщенного, логико-математического структурирования, характеристического и поведенческого). Дано формальное описание задач каждого уровня. Предложен формальный переход от ОМ из объектов к компонентной модели, в которой каждому методу объекта соответствует реализация компонента. Среди компонентов выделены КПИ, интерфейсы объекты и компоненты. Предложена алгебра формирования КМ и построения ПС.

Литература

1. ЛИПАЕВ В.В. *Методы обеспечения качества крупномасштабных программных систем.* – М.: СИНТЕГ, 2003. – 510 с.
2. ОРЛОВ С.А. *OLE /COM, CORBA и распределенные вычисления.* // Открытые системы. – 1995, № 3. – С. 37- 43.
3. ВЕДЕРОВ А.М. *CASE-технология. Современные методы и средства проектирования информационнх систем.* – М.: Финансы и статистика, 1998. – 176с.
4. БУЧ Г., РАМБО Д., ДЖЕКОБСОН А. *Язык UML. Руководство пользователя:* пер. с англ. – М.: ДМК, 2000. – 432 с.

5. БОГСС У., БОГСС М. *UML и Rational Rose*. – Изд.-во Лори, 2000. – 580 с.
6. ЭММЕРИХ В. *Конструирование распределенных объектов. Методы и средства программирования интероперабельных объектов в архитектурах OMG/CORBA, Microsoft COM и Java RMI*. – М.: Мир, 2002. – 510 с.
7. ГРИЩЕНКО В.Н. *Теоретические и прикладные аспекты компонентного программирования*. – Автореф. докт. К.: ИК имени В.М. Глушкова, НАНУ, 2007. – 34 с.
8. ГРИЩЕНКО В.Н., ЛАВРИЩЕВА Е.М. *Методы и средства объектного и компонентного программирования*. // Кибернетика и системный анализ, 2003. – №1. – С. 39–54.
9. ГРИЩЕНКО В.Н. *Метод объектно-компонентного проектирования программных систем* // Проблемы программирования. – 2007. – №2. – С.113–125.
10. Е.М.ЛАВРИЩЕВА. *Object modelling of subject domains*, // Заочный журнал «Объектные системы», 2015, 6с.
11. ЛАВРИЩЕВА Е.М., КОЛЕСНИК А.Л., СТЕНЯШИНА.Ю. *Объектно-компонентное проектирование программных систем. Теоретические и прикладные вопросы*. // Вестник КГУ, серия физ.-мат. наук. – 2013. – №4. – С. 150-162.
12. KATERINA LAVRISCHEVA, ANDREY STENYASHIN, ANDRII KOLESNYK. *Object-Component Development of Application and Systems. Theory and Practice* /Journal of Software Engineering and Applications, 2014, 7, August 2014, <http://www.scirp.org/journal/jseaUSA>.
13. К.М. ЛАВРИЩЕВА, О.О. СЛАБОСПИЦЬКА, *Підхід до побудови об'єктно-компонентної моделі сімейства програмних продуктів*, Проблемы программирования N3, 2013. – С. 14–24.
14. ЛАВРИЩЕВА Е.М. *Парадигмы программирования сборочного типа в программной инженерии*. – Межд. Конференция –УкрПРОГ–2014, Сборник трудов. – С.76–92.
15. ЛАВРИЩЕВА Е.М. *Компонентная теория и коллекция технологий для разработки индустриальных приложений из готовых ресурсов*, / Труды Четвертой научно-практической конференции «Актуальные проблемы системной и программной инженерии», АПСПИ-2015, 20-21мая 2015. – С. 101-119.

16. К. М. ЛАВРИЩЕВА, А. Ю. СТЕНЯШИН *Подход до трансформации GDT стандартf ISO/IEC 11404 для ghbvtytybz в гетерогенных средах// 2nd International Conference on High Performance Computing – 2012. – С. 227–234.*
17. ЛАВРИЩЕВА Е.М. *Software Engineering компьютерных систем. Парадигмы, Технологии, CASE-средства программирования.*– Наук. Думка. – 2014. – 284 с.
18. ЛАВРИЩЕВА Е.М. *Программная инженерия. Парадигмы, технология, CASE-системы.*- М.: Юрайт. – 2016. – 280 с.
19. ЛАВРИЩЕВА Е.М., ЗИНЬКОВИЧ В.М., КОЛЕСНИК А.Л. и др. *Инструментально-технологический комплекс разработки и обучения приемам производства программных систем, (укр.)* – Гос. служба интеллектуальной собственности Украины. – Свид. о регистрации авторского права. – № 45292 от 27.08.2012. – 103 с.

ВОПРОСЫ ИНТЕГРАЦИИ ВСТРОЕННЫХ И НАЛОЖЕННЫХ БИОИНСПИРИРОВАННЫХ МЕХАНИЗМОВ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Лукинова ОВ.¹, Туров В.Н.²

(1 – Институт проблем управления РАН, Москва;

2 – Московский технологический университет)

vladimir-nt@ya.ru

Рассмотрены концептуальные модели представления системы защиты информационных технологий в терминах открытой среды, сформулированы задачи, возникающие при проектировании таких систем из штатных и наложенных механизмов, основанных на принципах иммунитета живых существ

Ключевые слова: биоинспирированные механизмы защиты, модель OSE/RM, бизнес-процесс, целевая функция безопасности

1. Введение

Защита информационных технологий, реализованных в виде информационных систем (ИС), в настоящее время становится одной из критических проблем. Ее решение требует системного подхода к организации защиты, целостного систематизированного представления об объекте защиты – ИС, с учетом ее архитектурно-функциональных особенностей.

Исходя из указанных принципов, в работе представлены следующие положения: введена целевая функция для системы защиты; описана функциональная референсная модель открытой информационной системы, интегрирующая функциональность нескольких аспектов информационной технологии, в частности: прикладную и защитную; предложена конкретизация модели ИС в части защитной компоненты, которая создает основу для концептуального проектирования системы защиты; сформулированы задачи, возникающие при интеграции встроенных и наложенных средств защиты, реализованных в биоинспирированной парадигме.

2. Задачи, связанные использованием биоинспирированных механизмов защиты

Существующая практика разработки систем защиты, которые должны обеспечивать безопасность ИС, основана на том, что комплекс защитных мер выбирается исходя из возможных потенциально-опасных угроз (атак), свойственных эксплуатируемой ИС (на основе типизированных списков уязвимостей и неформализованных представлений нарушителя), и соображений приемлемости ущерба (риска). Невозможность гарантировать предотвращение угроз безопасности или предотвращение несанкционированного использования ресурсов систем требует корректировки существующего подхода, который отражает необходимые условия безопасности ИС.

В [1] изложены положения к организации безопасности на основе комплексного системного представления, где задача организации защиты информационных ресурсов сформулирована как *задача обеспечения безопасного функционирования автоматизированных бизнес-процессов предприятия*. Процессный подход послужил основой для введения целевой функции системы защиты: поскольку ИС является реализацией бизнес-процессов предприятия, а именно они представляют действительную ценность для бизнеса, то их значимость должна определять и уровень безопасности ИС, и, кстати, цену, которую предприятие готово потратить на защиту. Целевая функция вводится как вектор основных свойств безопасности $\{\overline{KS}\} = \{C, D, K\}$, где C – целостность, D – доступность, K – конфиденциальность, которые могут быть измерены, по крайней мере, в лингвистических переменных (разумеется, могут быть использованы и другие свойства). Кроме того, возникает задача представления ИС в виде некоторой модели, причем модель должна в полной мере отражать функциональность ИС и позволять декомпозировать основные цели по функциональным группам объекта защиты. Для этого была выбрана референсная модель среды открытых информационных систем *OSE/RM (Open Systems Environment / Reference Model)*, предложенная комитетом *IEEE POSIX* [1, 2, 3]. Данная модель представляет ИС как сочетание двух компонент: прикладной (приложений, реализующих функции бизнес-процесса) и платформенной, которая обслуживает запросы приложения. Модель структурируется в виде матрицы компонент («клеток»), отражающих

функциональные группы ИС. Трехмерность модели позволяет структурировать не только функциональность самой ИС (плоскость <ИС>), но и системы защиты (плоскость <З>) (подробное описание модели приведено в [1, 4]). Проведена конкретизация межкатегорийного представления системы защиты, что означает интеграцию «клетками» плоскости <З> совокупности защитных механизмов (Мх), обеспечивающих защиту реализаций соответствующих «клеток» плоскостей <ИС> и самой защитной системы в соответствии с требованиями вектора $\{\overline{KS}\} = \{C, D, K\}$ [4]. При этом существует два типа Мх: встраиваемые (штатные) в программное обеспечение при его разработке и наложенные, которые представляют собой отдельные программно-аппаратные комплексы в виде систем обнаружения аномалий, вторжений и т.п. Сегодня активно ведутся исследования в области биоинспирированных средств обеспечения информационной безопасности, основанных на принципах адаптации и иммунитета живых существ [5,6]. При рассмотрении задач мониторинга активности, анализа, сдерживания атак и восстановления после инцидентов безопасности, достоинства самоадаптирующихся механизмов защиты, построенных на основе иммунных свойств живых организмов, очевидны – они снижают стоимость поддержки таких систем, а также за счёт полной автоматизации процесса требуют существенно меньшего времени на блокирование вредоносных действий, восстановление ресурсов и переобучение системы защиты.

Однако проектирование системы защиты в части ее межкатегорийного представления использование наложенных биомеханизмов требует решения следующих задач:

Оценка эффективности биомеханизмов и соотнесение ее с вектором $\{\overline{KS}\} = \{C, D, K\}$.

Оценка взаимовлияния встроенных и наложенных биомеханизмов при проектировании системы защиты ИС.

Оценка уровня защиты информационной системы, которую могут обеспечить встроенные механизмы, и потребности в дополнительных наложенных.

Решение указанных задач позволит подойти к проектированию системы защиты информационных систем с позиций современной методологии управления ИТ-средой предприятия и в соответствии с

требованиями государственного регулятора в области информационной безопасности [7], а также найти наиболее перспективные области применения биоинспирированных механизмов защиты.

Литература

1. ЛУКИНОВА О.В. *Методология проектирования систем защиты, построенных на основе референсной модели POSIX OSE/RM* // Системы высокой доступности. – 2012. – №3. – С.38-45.
2. *IEEE Std 1003.0-1995, IEEE Guide to the POSIX Open System Environment (OSE)* - N-Y.: The Institute of Electrical and Electronics Engineers, 1995. - 194p.
3. *ISO/IEC TR 14252-96 Information technology. Guide to the POSIX Open System Environment (OSE)*,
4. БОЙЧЕНКО А.В., ЛУКИНОВА О.В. *Отражений механизмов защиты на модель OSE\RM* // Труды Конгресса по интеллектуальным системам и информационным технологиям. 2011. – Т. 2. –С. 372-377.
5. ДАСГУПТА Д., БЕРСИНИ Х., и др. *Искусственные иммунные системы и их применение* / Под ред. Д. Дасгупты. Пер. с англ. под ред. А.А. Романюхи. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. 344с.
6. КОТЕНКО И.В., ШОРОВ А.В., НЕСТЕРУК Ф.Г. *Анализ биоинспирированных подходов для защиты компьютерных систем и сетей* // Труды СПИИРАН. Вып.3 (18). СПб.: Наука, 2011. С. 19—73.
7. *Требования о защите информации, не содержащих государственную тайну, содержащейся в государственных информационных системах*. Приказ ФСТЭК России №17 от 11 февраля 2013 г.

ЗАДАЧИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НАГРУЗОК

Ляпунцова Е.В.¹, Шихалиев М.С.²

(1 – МГТУ им. Баумана; 2 – Московский
государственный университет путей сообщения
Императора Николая II (МИИТ))
lev77@me.com, shihaliev@live.ru

В докладе рассматриваются задачи распределения нагрузки между узлами пиринговой сети при доступе к общим ресурсам. Предлагаются эвристические алгоритмы для задач с одним и с двумя критериями. Приводятся результаты вычислительных экспериментов.

Ключевые слова: пиринговая сеть, доступ к общим ресурсам, многокритериальная оптимизация.

1. Введение

Повсеместное распространение вычислительной техники и сети Интернет привели к появлению задач, решение которых имеет большое практическое значение. Одной из них является задача организации доступа к общим ресурсам в пиринговых сетях. Решение данной задачи требует, как комплексного анализа архитектур и протоколов вычислительных сетей данного типа, так и выполнения сложных многокритериальных оптимизаций [1].

На сегодняшний день методы организации доступа к общим ресурсам не предусматривают распределение нагрузки с учетом характеристик вычислительных узлов сети. Специфика функционирования пиринговых сетей предусматривает использование многочисленных копий данных, доступ к которым осуществляется параллельно. Для предотвращения ситуаций взаимной блокировки общепринятым методом является использование алгоритмов взаимного исключения. В мировой практике используются два подхода: на основе марке и на основе разрешения. Первый подход требует выделения координатора, который выдает разрешения на доступ и на которого ложиться вся вычислительная нагрузка. Второй подход предусматривает получение использование методов голосования

между копиями данных и получения разрешения на доступ от большинства участников. Нагрузка в таком случае многократно дублируется на всех голосующих узлах. Оба подхода не учитывают различия в характеристиках узлов, которые участвуют в процессе организации доступа к общим ресурсам [2].

Недостатки функционирования данных методов приводят к снижению эффективности функционирования всей вычислительной сети, как следствие в сети появляются задержки на обслуживание запросов и отказы обслуживания. Повышение эффективности методов доступа к общим ресурсам требует применения методов дискретной оптимизации.

2. Постановка задачи

Пусть имеются m узлов вычислительной сети и n требований (запросов на доступ к объекту данных). Необходимо распределить требования по узлам по критерию равномерной загрузки узлов (по объему занимаемой памяти). Обозначим b_i – объем памяти, занимаемый i -м требованием, $x_{ij} = 1$, если требование i размещено в узле j , $x_{ij} = 0$, в противном случае.

Задача распределения требования с одним критерием

Определить $\{x_{ij}, i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m}\}$ такие, что

$$(1) \quad Y(x) = \max_j \sum_i b_i x_{ij} \rightarrow \min$$

при ограничениях

$$(2) \quad \sum_i x_{ij} = 1, i = \overline{1, n}.$$

Задача распределения требования с двумя критериями

Определить $\{x_{ij}, i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m}\}$ при которых

$$(3) \quad \begin{aligned} F_1 &= \max_j z_j = \max_j \sum_i x_{ij} c_i \\ F_2 &= \max_j u_j = \max_j \sum_i x_{ij} a_i \end{aligned}$$

В качестве интегрального критерия возьмем

$$(4) \quad F = \max(qF_1; F_2) \rightarrow \min,$$

где q – коэффициент значимости критерия F_1 по сравнению с F_2 .

Положим $b_i = qc_i$, $i = \overline{1, n}$. В этом случае интегральный критерий принимает вид

$$(5) F = \max(F_1, F_2), \quad \text{где } F_1 = \max_j \sum_i b_i x_{ij}$$

Задача распределения блоков требования в узлах целиком

Определить $\{x_{kj}\}$, $k = \overline{1, p}$, $j = \overline{1, m}$ такие, что

$$(6) \max_j \sum_k x_{kj} a_k \rightarrow \min$$

при ограничениях

$$(7) \sum_j x_{kj} = 1,$$

$$(8) \sum_k x_{kj} \leq q.$$

Задача распределения блоков требований

Пусть допускается размещение блока в нескольких узлах. Обозначим $y_{ij} = 1$, если требование $i \in Q_k$ размещается в узле j , $y_{ij} = 1$ в противном случае, $i = \overline{1, n}$, $j = \overline{1, m}$. Необходимо решить задачу:

$$(9) \max_j \sum_i y_{ij} \tau_i \rightarrow \min,$$

при ограничениях

$$(10) \sum_j y_{ij} = 1, i = \overline{1, n},$$

$$(11) \sum_k 1 \left[\sum_{i \in Q_k} y_{ij} \right] \leq q, j = \overline{1, m},$$

где $1[x] = 1$, если $x > 0$, $1[x] = 0$, если $x = 0$.

3. Методы решения

Для получения решения авторами были разработаны эвристические алгоритмы распределения нагрузки между узлами, которые позволяют производить однокритериальные и двухкритериальные оптимизации. В качестве входных данных для однокритериальной задачи используются такие характеристики вычислительных узлов, как мощность процессора, размер оперативной памяти, объем жесткого диска и т.п. Использование двухкритериальной эвристики аналогично однокритериальной, за исключением двух критериев для оп-

тимизации. Двухкритериальная эвристика основана на задаче минимакс и использует в качестве оптимизации метод дихотомического программирования.

Данные, которые были получены в результате компьютерного моделирования, сравнивались с методом «затраты-эффект» и случайного распределения [3]. Разработанные эвристики показали приемлемое время решения задачи и лучшие результаты. В сравнение с методом «затраты-эффект» предложенная двухкритериальная эвристика показала значительно меньшую ошибку при увеличении размерности. Применение разработанных эвристик позволяет повысить эффективность распределения нагрузки по вычислительным узлам пиринговой сети в задачах организации доступа к общим ресурсам.

Литература

1. ОБЕЙДАТ А.А. *Управление доступом к общим ресурсам в пиринговых сетях*: Дис. кан. тех. наук: Новосибирск, – 2009.
2. VII Московская международная конференция по Исследованию Операций (ORM2013): труды, Москва, 15-19 октября 2013. Т.2.
3. В. Н. БУРКОВ. *Механизмы управления: Управление организацией: планирование, организация, стимулирование, контроль* / В. Н. Бурков, И. В. Буркова, М. В. Губко, Н. И. Динова, А. К. Еналеев, В. В. Кондратьев, Н. А. Коргин, Д. А. Новиков, А. В. Цветков, А. Г. Чхартишвили, А. В. Щепкин. –М.:ЛЕНАНД, 2016

ВЫПОЛНЕНИЕ МНОЖЕСТВА ЗАДАЧ НА СЕТЕВЫХ СТРУКТУРАХ

Ляпунцова Е.В.¹, Шихалиев Р.С.²

(1 – МГТУ им. Баумана; 2 – Московский
государственный университет путей сообщения

Императора Николая II (МИИТ))

lev77@me.com, shihaliev@live.ru

Рассматриваются математические постановки составления расписания выполнения задач на сетевой структуре с альтернативными маршрутами. Предлагаются их решения на основе методов локальной оптимизации, ветвлений и ветвей и границ.

Ключевые слова: дискретная оптимизация, многоагентные системы, распределённые системы.

Введение

Повсеместное применение вычислительных сетей привело к актуализации исследования методов организации распределённых вычислений. Одним из таких направлений является выполнение множества задач в средах имеющих сетевую структуру. Подобный класс задач относится к NP-сложным и для своего решения требует использование методов дискретной оптимизации.

Динамическая композиционная адаптация [2] является весьма перспективным методом организации программного обеспечения позволяющая отвечать быстро меняющимся требованиям современного мира. Применение данного подхода в многоагентных системах [3] позволяет значительно упростить решение сетевых задач, за счёт быстрой адаптации ПО к среде выполнения. Однако существующие методы организации подобных систем не рассматривают появление альтернативных решений при адаптации ПО и возникающие с этим проблемы.

В докладе рассматривается вычислительная сеть, в которой решается некоторое множество задач. Алгоритму решения каждой задачи соответствует путь в сети. Одновременно в каждой вершине

сети может решаться только одна задача, поэтому возможны конфликтные ситуации, когда в момент прихода в вершину некоторой задачи, эта вершина занята решением некоторой другой задачи.

1. Постановки задач

Задача 1. Определение приоритетов задач всех проблемных вершин, при которых время решения всех задач

$$(1) \quad T = \max_i T_i \rightarrow \min .$$

Задача 2. Определение приоритетов всех проблемных вершин, при которых максимальное отклонение времени решения задач T_i от требуемых Q_i

$$(2) \quad \Delta = \max_i (T_i - Q_i) \rightarrow \min .$$

Задача 3. Составление расписания выполнения задач по критерию минимизации потерь при превышении времени T_i завершения решения задач от требуемых $Q_i, i = \overline{1, n}$. Суммарные потери имеют вид

$$(3) \quad S(T) = \sum_{i=1}^n \varphi_i(Q_i - T_i) 1[Q_i - T_i],$$

где $1[x] = 0$ при $x \leq 0$, $1[x] = 1$ при $x > 0$. Без ограничения общности примем

$$(4) \quad \varphi_i(Q_i - T_i) = a_i(Q_i - T_i), \quad a_i > 0, \quad i = \overline{1, n} .$$

2. Методы решения

Для решения приведённых задач предложены алгоритмы решения, в основе которых лежат методы локальной оптимизации, ветвлений и ветвей и границ [1]. Также рассмотрены частные случаи сети с одной и двумя проблемными вершинами.

Литература

1. СИГАЛ И.Х., ИВАНОВА А.П. *Введение в прикладное дискретное программирование: модели и вычислительные алгоритмы*: 2-е изд., испр. и доп. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007. - 304 с.

2. PHILIP K. MCKINLEY, SEYED MASOUD SADJADI, ERIC P. KASTEN, BETTY H. C. CHENG. *A Taxonomy of Compositional Adaptation* // Technical Report MSU-CSE-04-17. May 2004.
3. GUNASEKERA K. *Compositionally Adaptive Mobile Software Agents for Pervasive Environments* // PhD thesis, Monash University. 2011.

МЕТОДОЛОГИЯ И ИНСТРУМЕНТАРИЙ МЕТАМОДЕЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРИЛОЖЕНИЙ БАЗ ДАННЫХ

Олейник П.П.

(Шахтинский институт (филиал)
Южно-Российского государственного
политехнического университета им. М.И. Платова)
xsl@list.ru

Многие современные информационные системы являются программными приложениями баз данных. При этом в качестве хранилища информации используются реляционные системы управления базами данных (РСУБД), а для реализации бизнес-логики применяют объектно-ориентированные языки программирования (ООЯП). Из-за различий в подходах к управлению данными возникает так называемое объектно-ориентированное несоответствие (ОРН), для преодоления последствий которого применяется множество частных решений. В данной статье кратко описана разработанная автором методология метамодельного проектирования приложений баз данных (МММППБД) которая, позволяет реализовать различные этапы проектирования разрабатываемой информационной системы и в конечном итоге реализовать приложение с развитым графическим интерфейсом.

Ключевые слова: Метамодель, Объектные системы, Приложения баз данных, UML.

Введение

Данная методология разрабатывалась автором в течение последних нескольких лет и протестирована на множестве проектов в различных сферах деятельности: от высокочастотного биржевого трейдинга и до автоматизированного управления сетью салонов красоты. МММППБД подразумевает следующие этапы:

1. Концептуальное проектирование;
2. Метамодельное проектирование;
3. Сущностное проектирование;

4. Имплементационное проектирование;

5. Презентационное проектирование.

На рисунке 1 представлена общая схема описываемой методологии.

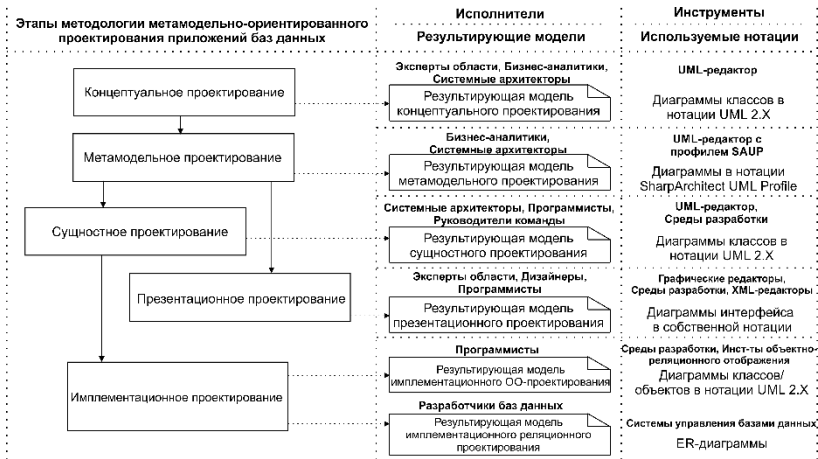


Рис. 1. Общая схема методологии

1. Этапы методологии

Рассмотрим каждый этап более подробно. Концептуальное проектирование представляет собой высокоуровневое проектирование, основная цель которого заключается в создании обобщенного графического представления будущей информационной системы [1-2]. Концептуальное проектирование также называют инфологическим и используют для построения модели предметной области, применяя при этом различные графические нотации. В настоящее время очень часто для описанных целей применяют модель «сущность-связь», цель создания которой заключается в отображении сущностей моделируемой предметной области, атрибутов сущностей, описывающих характеристики объектов и имеющихся связей. При этом для графического представления применяют нотацию наиболее популярного сегодня графического унифицированного языка моделирования UML.

Метамодельное проектирование представляет собой своеобразное логическое проектирование, то есть описание элементов концеп-

туальной модели в понятиях выбранной модели данных. Преобразование концептуальной модели в логическую модель должно осуществляться по определённым ранее формальным правилам. Т.е. при метамодельном проектировании учитывается специфика выбранной конкретной модели данных. При этом не учитывается специфика конкретной реализации структуры БД и используемой СУБД. Для данного вида проектирования используется унифицированная метамодель объектной системы [3-4]. При этом для формализации представления моделей прикладных предметных областей в понятиях унифицированной метамодели объектно-ориентированных приложений баз данных и выполнения её проверки (валидации и верификации) имеется разработанный автором математический аппарат [5-6]. Для упрощения графического представления результатов данного проектирования был разработан пользовательский UML-профиль [7].

Многие новые современные программные продукты разрабатываются с помощью объектно-ориентированных языков программирования (ООЯП). Такая популярность вызвана наличием апробированной многолетним использованием ОО-парадигмы и наличия инкапсуляции, наследования и полиморфизма, позволяющих повторно использовать написанные ранее программные классы и компоненты. Это сокращает время на разработку как нового продукта, так и на доработку существующего. Таким образом, возникает задача представления модели предметной области в понятиях выбранного языка программирования. Именно для этого предназначено сущностное проектирование, суть которого заключается в выделении сущностей предметной области после метамодельного проектирования в виде синтаксических конструкций языка программирования. По своей сути это первая программная реализация приложения и она зависит от выбранного языка программирования. Наличие её позволяет прототипировать и отлаживать программный продукт еще на этапе проектирования. Кроме того, сущностное проектирование позволяет использовать такие подходы, которые не поддерживаются напрямую в языке программирования, так называемый «синтаксический сахар». Например, многие современные ООЯП не поддерживают механизм множественного наследования реализаций и технологию примесей, которая может быть представлена в виде синтаксической конструкции *interface*. Затем, описанные концепции могут быть реализованы с помощью дополнительного программного кода [8].

Имплементационное проектирование необходимо для реализации модели, полученной при сущностном проектировании в виде синтаксических конструкций выбранного языка программирования и объектов баз данных. Т.к. в настоящее время чаще всего применяют ООЯП, а для сохранения информации реляционную модель данных, то при имплементационном проектировании необходимо выполнить два вида проектирования. Первым является имплементационное объектно-ориентированное проектирование, суть которого заключается в построении UML-диаграммы классов, содержащей классы и ассоциации для выделенных ранее сущностей. Вторым является имплементационное реляционное проектирование, цель которого заключается в создании ER-диаграммы реляционных отношений для выбранной СУБД.

Презентационное проектирование применяется для наглядного представления графических форм приложения, предназначенных для просмотра и редактирования существующей информации и ввода новой. В ходе данного этапа создается набор моделей, содержащих графическое представление сущностей предметной области в разработанной нотации [9].

Несмотря на наличие множества трудоёмких, с точки зрения разработчика, этапов, часть из них можно автоматизировать. Опыт показал, что разработчику информационной системы необходимо корректно выполнить только метамодельное проектирование. Т.е. благодаря наличию собственного UML-профиля нет необходимости в концептуальном проектировании, т.к. имеет смысл сразу проектировать в понятиях экземпляров метаклассов объектной системы. Сущностное проектирование может быть выполнено автоматически на основании информации, заносимой в ходе метамодельного проектирования, добавив соответствующие атрибуты и набор предопределённых значений в полученную UML-диаграмму классов. Имплементационное проектирование также можно автоматизировать с помощью генераторов программного кода, позволяющих создавать имплементационные ОО-модели. Применением методов (паттернов) объектно-ориентированного отображения можно автоматизировать имплементационное реляционное проектирование для РСУБД. Для автоматизации презентационного проектирования можно отделить представление данных в интерфейсе пользователя от механизмов хранения данных. Предоставляя механизмы настройки конечному пользователю, можно добиться быстрого прототипирования приложения и освободить разработчика от этой обязанности.

2. Инструментарий методологии

Описанная методология успешно реализована в созданной автором данной статьи унифицированной среде быстрой разработки корпоративных информационных систем SharpArchitect RAD Studio [10].

Суть последующей разработки приложений в описанной среде заключается в создании экземпляров метаклассов в ходе этапа метамодельного проектирования. Метаклассы позволяют описать различные типы сущностей в зависимости от того, являются они сохраняемыми или нет, используются для вспомогательных целей или в виде параметров различных методов, позволяющих выполнить определенные вычисления. Добавление экземпляров метаклассов – это визуальный процесс, т.е. разработчику предоставляется множество графических форм, позволяющих вносить только допустимые значения. Затем в момент запуска приложения выполняется генерация программного кода на основе значений, присутствующих в метамодели и регистрация полученных динамических библиотек, содержащих классы сущностей предметной области. Метаинформация используется также при генерации графического интерфейса пользователя. В результате используемая платформа имеет следующие преимущества:

- автоматическое создание интерфейса пользователя на основе модели приложения с возможностью настройки конечным пользователем;
- редактор модели приложения позволяет вносить изменения, а именно – описывать классы, связывать их между собой в соответствии с UML диаграммами и задавать сигнатуру методов в момент выполнения приложения; при этом для вступления изменений достаточно перезапустить приложение одного конкретного пользователя (остальные могут продолжить работу);
- возможность декларативного описания валидационных правил, позволяющих проверять корректность и непротиворечивость данных в момент сохранения их в базе данных;
- возможность декларативного описания визуализационных правил, позволяющих выделить с помощью изменения цвета различные графические элементы на форме, а также управлять видимостью и доступностью элементов.
- множество системных (встроенных) классов, позволяет упростить реализацию поведения часто используемых видов сущностей

2. `NotInheritableClass` – применяется для представления метаклассов, которые не могут быть унаследованы. Метакласс `Enum` позволяет представить ненаследуемое перечисление или множество значений одного простого типа.

Абстрактный базовый метакласс `CustomAttributedClass` используется для представления метаклассов, которые имеют атрибуты. Метакласс `DomainClass` применяется для представления классов предметной области. Экземпляры класса предметной области позволяют описывать классы сущностей (например, Клиент, Продукт, Продажа), объекты которых (например, Иванов, Хлеб) сохраняются в БД. Для упрощения описания будем называть экземпляры класса предметной области просто классы предметной области (если не предполагается иное).

Абстрактный метакласс `ComputationalClass<TBaseClass>` является базовым для всех вычисляемых метаклассов, т.е. тех классов, экземпляры которых не сохраняются в БД, а вычисляются в момент выполнения программы (транзиентные).

Перейдем к рассмотрению метаклассов, используемых для описания атрибутов классов. Корневым абстрактным метаклассом, представляющим атрибут, является `AbstractAttribute`. Унаследованные от `VirtualAttribute` метаклассы применяются для представления атрибутов, которые не были созданы разработчиком прикладной предметной области, а были представлены системой. Они необходимы для понимания метамодел и упрощения процесса разработки программного обеспечения. `SystemAttribute` позволяет описать атрибуты, которые являются системными и присутствуют в языке C#. Класс `GeneratedAttribute` применяется для представления атрибутов, которые автоматически генерируются системой. Например, при наследовании от базового древовидного класса автоматически добавляется атрибут `Node`, позволяющий получить дочерние узлы и, таким образом, образовать иерархическую структуру.

Для представления атрибутов, значения которых может задавать пользователь, используется абстрактный базовый метакласс `ConcreteAttribute`. Так как система реализуется на языке C#, то при сохранении значений в БД используются типы данных этого языка. Для описания этого момента добавлен параметризованный метакласс `TypedAttribute <TDefaultValue>`. `TypeAttribute` используется для

представления свойств, значения которых могут сохранять ссылку на тип данных языка C#.

Для представления атрибутов, значения которых может задавать пользователь, используется абстрактный базовый метакласс `ConcreteAttribute`. Так как система реализуется на языке C#, то при сохранении значений в БД используются типы данных этого языка. Для описания этого момента добавлен параметрированный метакласс `TypedAttribute<TDefaultValue>`. `TypeAttribute` используется для представления свойств, значения которых могут сохранять ссылку на тип данных языка C#.

Для реализации поведения в `SharpArchitect RAD Studio` используются различные синтаксические конструкции и метаклассы. Корневым абстрактным метаклассом метода является `Method`. В настоящий момент в системе поддерживаются только методы, реализуемые в виде программного кода и представляемые в виде экземпляров метаклассов, унаследованных от `CodeMethod`. Метакласс `VisualCodeMethod` позволит создать визуальный метод, который отображается пользователю в виде графического элемента в интерфейсе. А `HelperCodeMethod` представляет собой вспомогательный метод, который используется для вызова другими методами и свойствами, т.е. не участвует в формировании интерфейса.

В крупных приложениях часто возникает задача визуального выделения отдельных полей, столбцов или целых строк в зависимости от их значений. Кроме того, часто возникает необходимость скрыть или сделать неактивными некоторые поля ввода или скрыть их из формы. Корневым базовым метаклассом является `VisualizationRule`. `ActionsVisualizationRule` позволяет описать визуализационные правила для различных действий, таких как кнопки Сохранить, Создать новый, Редактировать и т.п. Метакласс `AttributesVisualizationRule` позволяет описать визуализационные правила для атрибутов класса. Экземпляры `MethodsVisualizationRule` позволяют определить правила для визуализационных методов (экземпляры `VisualCodeMethod`). Предложенная методология была применена и успешно внедрена:

1. На крупных предприятиях Ростовской области: Группа компаний Астон (г.Ростов-на-Дону), Группа компаний ПромТяжМаш (г.Таганрог), Шахтинский завод Гидропривод (г.Шахты).

2. В небольших организациях Волгоградской и Ростовской областях: Рекламное агентство PR-Эксперт (г.Волгоград), Рекламно-издательский центр (г.Шахты), Межотраслевой коммерческий банк «Дон-ТексБанк» (г.Шахты).

3. Теоретические и практические знания были применены в учебном процессе Шахтинского института (филиала) Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) имени М.И. Платова и в Ивановском государственном химико-технологическом университете. В Институте сферы обслуживания и предпринимательства (филиале) Донского Государственного Технического Университета в г.Шахты результаты докторского исследования были использованы при проектировании Web-портала ИСОиП (филиала) ДГТУ.

Выводы

В статье представлен созданный автором подход к разработке программного обеспечения названный, методологией метамодельного проектирования приложений баз данных. Были кратко описаны все основные этапы, суть которых заключается в выполнении различных видов проектирования и получения соответствующих моделей в различных графических моделях. Многолетний опыт применения описанной методологии позволил доказать её практическую значимость. При этом каждый этап является относительно независимым от остальных, что позволяет привлекать группу разработчиков и выполнять их параллельно.

Во второй части статьи представлен инструментарий практической реализации предложенной методологии, построенный на базе унифицированной метамодели объектной системы.

Литература

1. ОЛЕЙНИК П.П. *Тестовая модель для обучения проектированию объектно-ориентированных баз данных* // Объектные системы – 2014: материалы VIII Международной научно-практической конференции (Ростов-на-Дону, 10-12 мая 2014 г.) / Под общ. ред. П.П. Олейника. – Ростов-на-Дону: ШИ (ф) ЮРГПУ (НПИ) им. М.И. Платова, 2014. - С. 86-89.

2. ОЛЕЙНИК П.П. *Унифицированная модель тестирования инструментов разработки объектно-ориентированных приложений* // Объектные системы – 2014 (Зимняя сессия): материалы IX Международной научно-практической конференции (Ростов-на-Дону, 10-12 декабря 2014 г.) / Под общ. ред. П.П. Олейника. – Ростов-на-Дону: ШИ (ф) ЮРГПУ (НПИ) им. М.И. Платова, 2014. С. 23-32.
3. ОЛЕЙНИК П.П. *Иерархия классов метамодели объектной системы* // Объектные системы – 2012: материалы VI Международной научно-практической конференции (Ростов-на-Дону, 10-12 мая 2012 г.) / Под общ. ред. П.П. Олейника. – Ростов-на-Дону: ШИ ЮРГТУ (НПИ), 2012. – С. 37-40.
4. ОЛЕЙНИК П.П. *Унифицированная метамодель объектной системы* // Прикладная информатика. 2015. Том 10. №4 (58). – С. 70-81.
5. ОЛЕЙНИК П.П. *Формальное описание прикладных предметных областей в понятиях унифицированной метамодели объектно-ориентированных приложений баз данных* // Объектные системы – 2015: материалы X Международной научно-практической конференции (Ростов-на-Дону, 10-12 мая 2015 г.) / Под общ. ред. П.П. Олейника. – Ростов-на-Дону: ШИ (ф) ЮРГПУ (НПИ) им. М.И. Платова, 2015, С. 108-114, http://objectsystems.ru/files/2015/Object_Systems_2015_Proceedings.pdf
6. ОЛЕЙНИК П.П. *Формальное представление моделей прикладных предметных областей в понятиях унифицированной метамодели объектно-ориентированных приложений баз данных* / П.П. Олейник // Вестник ЮУрГУ. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». – 2015. – Т. 15, № 4. – С. 12–25. DOI: 10.14529/ctcr150402
7. ОЛЕЙНИК П.П., ГУРЬЯНОВ В.И. *UML-профиль проектирования структуры объектно-ориентированной базы данных* // Объектные системы – 2015: материалы X Международной научно-практической конференции (Ростов-на-Дону, 10-12 мая 2015 г.) / Под общ. ред. П.П. Олейника. – Ростов-на-Дону: ШИ (ф) ЮРГПУ (НПИ) им. М.И. Платова, 2015, С. 73-79, http://objectsystems.ru/files/2015/Object_Systems_2015_Proceedings.pdf

8. ОЛЕЙНИК П.П., ГУРЬЯНОВ В.И. *Реализация примесей в современных объектно-ориентированных средах разработки приложений баз данных* // Научные коммуникации. Научная этика. Инженерная этика: сб. докл. Первой регион. науч. конф. (Россия, Омск, 30 сент. – 1 окт. 2015 г.) / ОмГТУ, ОНЦ СО РАН, ОФ ИМ СО РАН; [гл. науч. ред. П. Г. Макухин]. – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2015. С.90-94.
9. ОЛЕЙНИК П.П., НИКОЛЕНКО О.И. *Прототипирование и реализация графической формы заказа для информационной системы ресторанов быстрого питания* // Объектные системы – 2015: материалы X Международной научно-практической конференции (Ростов-на-Дону, 10-12 мая 2015 г.) / Под общ. ред. П.П. Олейника. – Ростов-на-Дону: ШИ (ф) ЮРГПУ (НПИ) им. М.И. Платова, 2015, С. 68-73, http://objectsystems.ru/files/2015/Object_Systems_2015_Proceedings.pdf
10. ОЛЕЙНИК П.П., *программа для ЭВМ «Унифицированная среда быстрой разработки корпоративных информационных систем SharpArchitect RAD Studio»*, свидетельство о государственной регистрации № 2013618212 от 04 сентября 2013 г.

СЦЕПЛЕНИЕ И СВЯЗНОСТЬ В МОДЕЛЯХ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ

Фёдоров И. Г.

(РЭУ им Плеханова, Москва)

IFedorov@mesi.ru,

В работе предложена интерпретация понятий сцепления и связность в рамках онтологической модели Бунге-Ванда-Вебера, показано, что связность можно охарактеризовать как результат пересечения операций и данных, образующих процесс, а сцепление можно охарактеризовать в терминах потоков: информационного и данных, образующихся в результате исполнения процесса.

Ключевые слова: модель процесса, декомпозиция, система, онтология Бунге-Ванда-Вебера

1. Введение

В рамках программной инженерии сцепление (coupling) и связность (cohesion) принято считать основными характеристиками качества проектируемой программной системы. Эти понятия были впервые введены У. Стевенсом, Г. Майером и Л. Константином [1], их использование для анализа бизнес-процессов было предложено Г. Каляновым [2]. Связностью называется внутреннее свойство процесса, характеризующее силу ассоциации между всеми парами взаимодействующих элементов процесса, чем сильнее связность, тем сложнее декомпозировать процесс на подпроцессы. Эти понятия не имеют чёткого определения, а первоначально предложенные критерии являют собой частные примеры хорошей и плохой связи внутри и между модулей [1]. Как следствие, существует большое разнообразие несовпадающих метрик, используемых для численной оценки качества программных систем [3]. В настоящее время отсутствуют исследования, где объясняется природа связи внутри и между подпроцессами. Цель настоящего исследования заполнить этот пробел.

Сегодня для объяснения теоретических основ программной инженерии часто используют модель Бунге-Ванда-Вебера (БВВ) [4].

2. Природа связи между подпроцессами

Исследуем содержимое понятия процесс, воспользуемся моделью БВВ [4]. Процессом М. Бунге называет историю состояний некоторого объекта, который изменяется под действием трансформаций, инициируемых событиями [5]. Объект может быть простым – неделимым или комплексным – иметь внутреннюю структуру, в последнем случае он может быть разделён на образующие его элементы. Трансформация понимается как работа, изменяющая объект, она может быть простой или сложной, состоящей из нескольких простых операций. Мы исключим самопроизвольное изменение информационного объекта, будем считать, что он не подвержен «старению», так что трансформация является единственной причиной изменения его состояния. Событие отражает факт и момент времени, когда происходит изменение объекта [6]. Оно предполагается дискретными, его длительностью принято пренебрегать. Различают внутренние события, связанные с наблюдаемым объектом и внешние события, связанные с объектом окружения. Внутреннее событие отмечает момент времени, когда закончилась предыдущая трансформация, объект готов к исполнению очередной операции. Однако наступления внутреннего события недостаточно для начала исполнения очередной трансформации. Внешнее событие отражает факт изменения состояния объекта окружения системы, оно инициирует исполнение операции, фиксирует момент времени, когда началась трансформация. Кроме того, оно может свидетельствовать о возникновении нестандартной ситуации, требующей специальной обработки, например, прекратить выполнение операции процесса. Можно говорить, что внешнее событие «управляет» исполнением операции процесса.

Сцепление и связность являются системными свойствами, они возникают в результате деления целого на образующие его части. В системном анализе принято различать состав системы, определяющий номенклатуру, образующих её элементов, и структуру, трактуемую как совокупность устойчивых связей между этими компонентами [7]. Неверно понимать декомпозицию, как выявление состава системы, следует обязательно учитывать связи, сильно связанные компоненты нельзя рассматривать по отдельности, но только совместно.

М. Бунге настоятельно рекомендует различать агрегат, образованный совокупностью независимых элементов, его состояние в лю-

бой момент времени равно сумме состояний, образующих его компоненты, и систему, состояние которой не аддитивно [7]. Можно сделать вывод, что декомпозиция агрегата тривиальна, поскольку его части не взаимодействуют, иными словами сцепление между модулями отсутствует, а декомпозиция системы не неординарна, поскольку взаимодействующие подсистемы нельзя рассматривать изолированно друг от друга, но только во взаимосвязи, иными словами, так как связность внутри модуля высокая. Таким образом, система не определяется её частями, не может быть познана и объяснена на основе одного лишь знания о её составе [8]. Следует решить вопрос, как учесть связи между элементами системы.

Вначале рассмотрим процесс, образованный простым, неделимым объектом, который изменяется под действием операций, исполняемых в определённом порядке. С процессом целиком и с каждой его операцией связаны внешние события, которые управляют исполнением операций. Мы полагаем, что процесс имеет детерминированное поведение, так что состояние объекта в любой момент времени определяется его исходным состоянием и теми операциями, которые его изменяют. Теперь предположим, что объект является комплексным, может быть разделён на субобъекты меньшего размера. В этом случае, исходный процесс распадается на соответствующее число подпроцессов, каждый описывает историю отдельного субобъекта, при этом, операции процесса разделяются таким образом, что каждая связана с соответствующим субобъектом. Таким образом, декомпозиция процесса предполагает разделение информационного объекта на образующие его компоненты, разложение операции на составляющие её работы, разложение событий на элементарные. Рассмотрим эти три декомпозиции по отдельности, обращая внимание на те случаи, когда в результате декомпозиции будет нарушена детерминация. Будем считать, что детерминация нарушается в результате разрыва связей между компонентами.

2.1. ДЕКОМПОЗИЦИЯ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЪЕКТА ПРОЦЕССА

Декомпозиция информационного объекта выполняется по функциональному принципу. Если придерживаться общесистемных критериев декомпозиции, следует так разделить исходный объект, чтобы субобъекты были независимы друг от друга – не имели общих

(разделяемых) свойств (элементов данных) [9]. Однако при моделировании процессов это условие часто не выполняется, так что два или более субобъектов имеют общие данные. Это означает, что изменяя один из них, мы автоматически меняем второй (в части общих для них элементов данных). В результате декомпозиции оба субобъекта окажутся в разных подпроцессах, в каждой операции исполняются асинхронно, так что возникнет коллизия, когда два подпроцесса одновременно изменяют разделяемый фрагмент данных, мы не можем понять, результатом какой операции является состояние информационного объекта в данный момент времени (см.

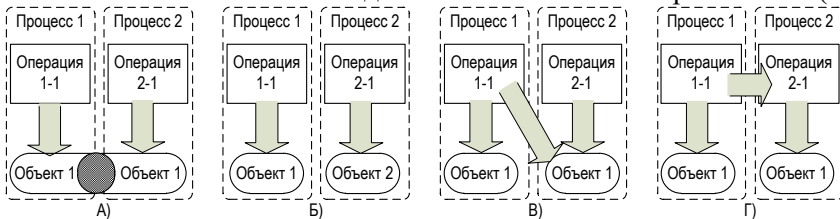


Рис. 3-а). Будем считать связь, возникающую между двумя подпроцессами, которые обращаются к разделяемому информационному объекту, сильной, поскольку происходит нарушение детерминации.

Чтобы исключить взаимовлияние через разделяемые объекты, подпроцессы следует синхронизировать [10]. Можно предложить не исполнять оба подпроцесса одновременно, но только поочередно. Именно так работают т.н. последовательные процессы [10]. Поскольку при этом детерминация не нарушается, связь между последовательными процессами остаётся слабой.

2.2. ДЕКОМПОЗИЦИЯ РАБОТ, ОБРАЗУЮЩИХ ПРОЦЕСС

Рассмотрим различные моды декомпозиции работ процесса. Если используется функциональная стратегия, то её результатом является функциональная декомпозиция работ (work breakdown structure), другое название библиотека функций [11]. Результатом такой декомпозиции является бездефектная и безызбыточная иерархическая модель, в которой работы на одном уровне иерархии независимы друг от друга. Функциональная декомпозиция является мощным средством для выявления пропущенных, избыточных, дублирующих или ненужных работ процесса [12], однако она приводит к функциональным моделям,

тогда как нас интересуют процессные. При моделировании процессов используется темпоральная мода декомпозиции, при этом выбирается объект наблюдения, затем рассматривается последовательность операций, изменяющих этот объект. Если каждая работа процесса связана только с одним объектом, причём последние не имеют общих, разделяемых элементов данных, то результирующие подпроцессы не будут иметь взаимных связей, окажутся полностью взаимонезависимыми, так что они образуют агрегат, а не систему, связь между подпроцессами отсутствует (см.

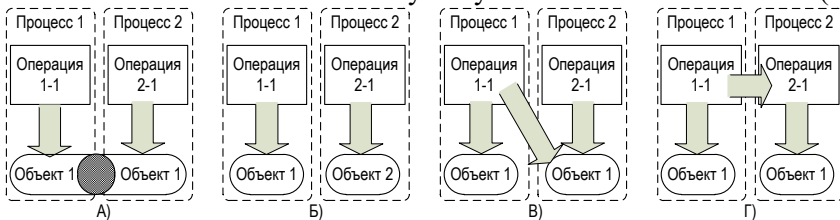


Рис. 3-б).

Однако часто работы разных процессов могут «пересекаться», рассмотрим два сценария. В первом случае, один субобъект связан с двумя операциями, которые в результате декомпозиции оказались в разных подпроцессах, при этом обе асинхронно изменяют этот объект

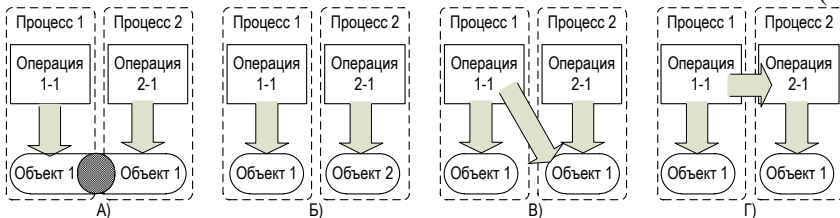


Рис. 3-в). Поскольку мы не знаем, в каком порядке выполняются эти операции, детерминация нарушается. Например, поток управления процесса разветвляется на логической операции «И», при этом, информационный поток не делится, так что две параллельные операции изменяют один информационный объект. Возникает перекрёстное влияние двух операций разных подпроцессов на один информационный объект, происходит нарушение детерминации, связь, можно квалифицировать как сильную.

Во втором случае, операция одного процесса оказывает воздействие на операцию другого процесса – одна работа изменяет другую

(см.

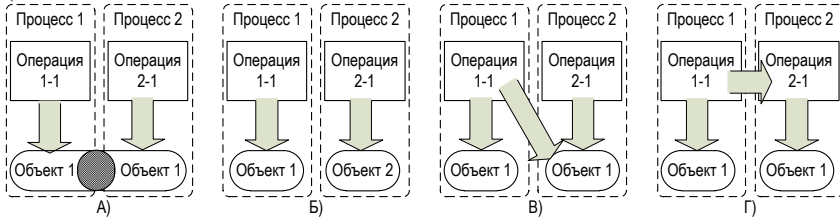


Рис. 3-г). Например, если одна программа выходит за пределы отведённого ей адресного пространства, она может изменить код другой программы. Именно так ведут себя «зловредные» программы, когда пытаются нарушить безопасность ИТ системы. В следствие взаимодействия работ происходит потеря детерминации, поскольку операции выполняются асинхронно, мы не знаем, является ли текущее состояние объекта результатом оригинальной или модифицированной операции, будем считать связь между подпроцессами сильной

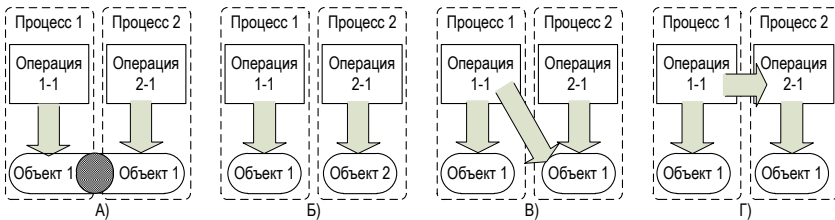


Рис. 3. Связь между подпроцессами: А) через разделяемый информационный объект, Б) отсутствует, В) перекрёстное влияние, Г) взаимовлияния работ

2.3. ДЕКОМПОЗИЦИЯ СОБЫТИЙ

Рассмотрим два сценария: декомпозицию события генератор и события обработчик. Генерирующее событие сопоставлено с объектом окружения, который достигает некоторого целевого состояния. Если предположить, что этот объект комплексный, то его можно разложить на субобъекты меньшего размера (см. Рис. 4). Теперь важно решить, является ли внешний объект агрегатом или системой. В первом случае, состояние агрегата равно сумме состояний образующих его элементов, при этом простое генерирующее событие превращается в комплексное. Во втором случае, поскольку состояние системы не аддитивно, выбранное целевое состояние не может быть сведено

к сумме состояний каждого из субобъектов в отдельности. Таким образом, неясно, достигается ли целевое состояния, происходит нарушение детерминации, можно говорить, что связь является сильной.

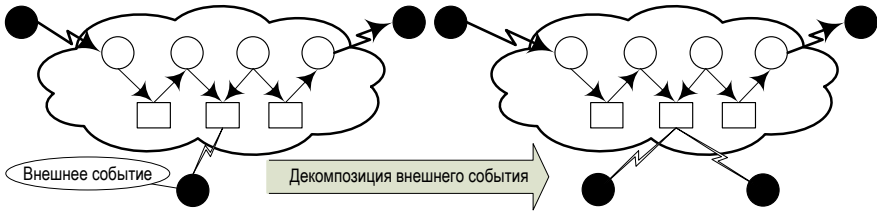


Рис. 4. Декомпозиция внешнего события

Рассмотрим декомпозицию обработчика события. Если генерирующее событие управляет отдельной операцией, то наступление этого события оказывает влияние только на эту операцию, а если оно управляет процессом, то оказывает влияние на все операции этого процесса. Например, событие, заключающееся в том, что клиент отозвал свой заказ, так что дальнейшее исполнение не целесообразно, прерывает исполнение процесса, на какой бы операции он не находился. Операция обработчик, которая первоначально находилась в рамках одного процесса, в результате декомпозиции может оказаться разделена на трансформации, которые окажутся в разных подпроцессах. При этом, связь генерирующего события с обработчиками должна сохраниться (см. Рис. 5). Поскольку детерминация не нарушается, будем считать эту связь слабой.

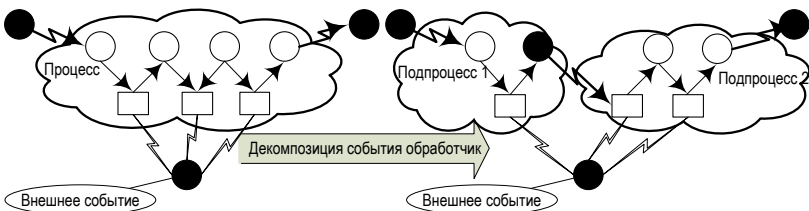


Рис. 5. Декомпозиция обрабатывающего события

Предположим, что обработчик это процесс, образованный некоторым комплексным объектом (см.

Рис. 6-а). Внешнее стартовое событие инициирует последовательность трансформаций, с каждой связано внутреннее событие. Исполнение процесса прекратится, когда произойдет завершающее событие, оно является внутренним для данного процесса и внешним для следующего в цепочке. Теперь представим себе, что процесс декомпозировали на два подпроцесса (см.

Рис. 6-Б), в результате, событие, которое первоначально было внутренним, превращается во внешнее для второго подпроцесса. Поскольку детерминация не нарушилась, можно считать связь слабой.

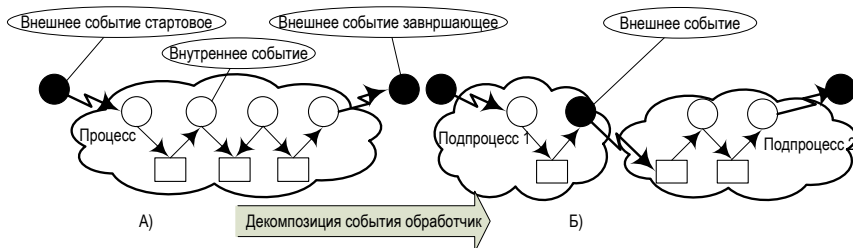


Рис. 6. Внутреннее событие в результате декомпозиции превращается во внешнее

3. Связность в контексте онтологии БВВ

Поскольку механизмы сильной и слабой связи между подпроцессами нами исследованы, можно по-новому интерпретировать критерии сцепления, предложенные У. Стевенсом, Г. Майером и Л. Константином [1].

1. Связность по содержанию можно интерпретировать, как доступ из одного подпроцесса внутрь другого. При этом авторы не делают различия между взаимовлиянием двух операций, принадлежащих разным подпроцессам, одновременным доступом к общему разделяемому объекту данных и пересечением двух объектов, принадлежащих к разным подпроцессам. Во всех случаях, ситуация рассматривается как нежелательная, поскольку нарушается детерминация, так что связь является сильной.

2. Связность по общему доступу к данным описывает ситуацию, когда две операции разделяют доступ к общей глобальной переменной. Например, процесс и вложенный подпроцесс имеют общий доступ к переменным родительского процесса. При этом сложно определить, какие

изменения выполнены конкретным модулем, так что возникают проблемы с детерминацией, поэтому связь считается сильной.

3. Внешняя связность, когда две операции процесса делят между собой доступ к внешним сервису или устройству. Очень напоминает сцепление по общему доступу к данным, но операции обращаются к данным не напрямую, а задействуют вызов сервиса. Если обе операции делят доступ к внешнему сервису и имеют разрешение на запись информации, может возникать состояние гонки, так что связь считается сильной.

4. Связность по управлению, когда один процесс синхронизирует своё исполнение с другим, посылая ему информационный объект-флаг, предназначенный для управления внутренней логикой второго [13]. Если объект-флаг не несёт информационной нагрузки, то можно говорить, что есть поток управления, связывающий два подпроцесса, однако потока данных нет. Мы классифицировали подобную связь как слабую. Если же флаг несёт информационную нагрузку, то существуют оба потока: управления и данных, связь не является слабой и требует рассмотрения с учётом возможной коллизии разделяемого доступа к объекту данных.

5. Связность по образцу — когда процессы имеют доступ к одному сложному информационному объекту, причём каждый меняет только свою порцию данных, которая не пересекается с информацией, изменяемой другим процессом. Этот случай напоминает внешнюю связность по данным. Первоначально кажется, что коллизии нет, поскольку обе операции изменяют разные элементы данных, однако это не так, поскольку исполнитель первой операции не видит изменений, вносимых вторым исполнителем и наоборот, логика принятия решения может оказаться нарушенной.

6. Связность по данным, если взаимодействие последовательно выполняемых работ организовано через передачу аргументов. Можно представить, что есть несколько операций, которые исполняются последовательно, причём все они оперируют общими данными. Данные передаются от первой операции ко второй через посылку, имеющую «информационное» наполнение. Можно говорить, что потоки управления и данных совпадают, так что связь является сильной.

4. Сцепление в контексте онтологии БВВ

Обратим внимание, что в рамках системного анализа и программной инженерии понятие система трактуется по-разному, в первом случае, система означает множество сильно связанных компонентов, а во втором случае – модули могут быть связаны слабо. Природа сильной связи нами описана, рассмотрим теперь случай слабой связи между подпроцессами. Определим понятия поток данных и управления, свяжем их с концептами онтологии БВВ. Поток, который связывает две последовательно исполняемые операции и переносит результат от уже завершённой операции на вход следующей или внешнему потребителю мы будем трактовать как информационный. Поток, который связывает две последовательные операции и, тем самым определяет очерёдность их исполнения, но не переносит информацию, мы будем называть потоком управления.

Рассмотрим агрегат, образованный независимыми подпроцессами, каждый из которых образован одним неделимым объектом, причём все они не имеют общих элементов данных, а операции не пересекаются. Под действием внешнего события объект первого подпроцесса покидает исходное стабильное состояние, начинается последовательность трансформаций, в результате произойдёт цепь внутренних событий, отображающих последовательность смены состояний первого объекта. Мы будем говорить, что поток управления образован «движением» информационного объекта, подразумевая изменение этого объекта операциями процесса, хотя «физического» перемещения нет. Когда первый объект достигнет целевого состояния, первый подпроцесс считается завершённым, при этом внутренне событие первого подпроцесса является одновременно стартовым событием следующего подпроцесса, оно инициирует начало последовательности трансформаций в новом объекте. Таким образом, можно говорить о событийной цепочке процессов, где завершившийся процесс инициирует старт следующего процесса. При этом, управление передаётся от первого подпроцесса к следующему, так что поток управления существует, однако, поскольку передачи информации между подпроцессами нет, поток данных отсутствует. Аналогичная ситуация возникает в случае, когда два подпроцесса синхронизируют свою работу, причём первый, дойдя до определённой точки, приостанавливает свою работу до тех пор, пока не произойдёт внешнее событие, инициированное внешним подпроцессом, после чего, первый подпроцесс продолжит свою работу.

Выскажем предположение, что сцепление между подпроцессами можно охарактеризовать теми потоками, которые возникают между подпроцессами. Если их связывает информационный поток, то сцепление является сильным, а если его нет, то связь слабая. Рассмотрим критерии сцепления [2].

1. Функциональное сцепление означает, что некоторая совокупность работ решает одну общую задачу или выполняет одну функцию. Так связаны действия, образующие одну операцию или операции образующие глобально известный, повторно используемый процесс. Такую совокупность работ принято рассматривать как «чёрный» ящик, причём мы ничего не знаем, что происходит внутри него, поэтому декомпозировать на части функционально связанный модуль невозможно. Можно видеть, что данный пример является характеристикой связности.

2. Последовательное сцепление — отдельные операции связаны таким образом, что выход одной является входом следующей. Этот случай можно рассматривать как связность по данным. Обратим внимание, операции выполняются над одним объектом данных, поэтому они не могут выполняться одновременно, но только последовательно. При последовательной связности модули имеют взаимную зависимость по данным, но, поскольку они не обращаются к данным одновременно, мы можем рассматривать эти модули отдельно друг от друга.

3. Параллельное (информационная) сцепление — несколько операции выполняются параллельно, причём все имеют общий вход и\или выход. В зависимости от контекста, этот случай можно трактовать либо как связность по данным, либо как связность по образцу. Параллельное сцепление удобно охарактеризовать с точки зрения потоков данных, либо управления. Принято считать, что поток управления вначале разветвляется на несколько параллельных ветвей, а затем эти потоки объединяется в один [14]. При этом, вне внимания остаются вопросы работы с данными. Если поток данных не разделяется, так что параллельные ветви изменяют общий объект данных, то возникает состояние гонки. Если же данные разделяются, так что каждая ветвь работает со своей копией объекта данных, то возникает вопрос, как объединить изменения, сделанные в параллельных ветвях? С другой стороны, возможна коллизия потоков управления. Если один поток управления вначале разделяется на несколько параллельных потоков,

но последние не объединяются в один, то говорят о размножении точек управления процесса [15]. Таким образом, если информационный поток не разделяется одновременно с потоком управления, то следует говорить о связности по данным или по образцу. А если поток данных разделяется — о связности по данным.

4. Процедурное сцепление — работы связаны передачей управления, но передачи данных ними нет. После завершения первой работы происходит проверка статуса её завершения и, если он нормальный, то управление передаётся следующей по порядку. Если же статус завершения ненормальный, то может произойти обработка ошибочной ситуации.

5. Временное сцепление — работы увязаны в линейную последовательность, так что после завершения первой, без проверки статуса завершения, управление всегда передаётся следующей по порядку, ветвлений нет. Передачи данных между работами нет, поэтому вторая работа выполняется без учёта статуса завершения первой. Как и в предыдущем примере, на практике, обычно, существует минимальный информационный поток, образованный идентификатором процесса.

6. Логическое сцепление — работы предназначены для решения одной общей задачи, причём исполняется только одна из них, которая более других соответствует конкретной ситуации. Например, процесс «по случаю» (Ad-Hoc) объединяет альтернативные варианты работ, так что пользователь выбирает те из них, которое в наибольшей степени соответствует конкретной ситуации. При логической связности модули теоретически могут оказывать взаимное влияние друг на друга, иметь общие объекты данных, но они и при каких обстоятельствах не исполняются одновременно, всегда выбирается только одна модель, так, что взаимным влиянием можно пренебречь.

7. Сцепление по совпадению — процесс содержит работы, которые не связаны друг с другом ни управлением ни данными. Выявить какой-либо порядок в исполнении работ не представляется возможным. Иначе мы называем такой процесс неформализованным, но он представляет мало интереса для бизнеса.

Можно сделать вывод, что сцепление можно характеризовать через степень совпадения потоков управления и данных процесса. Высокая связность возникает, когда оба потока совпадают, а низкая связность возникает, когда в процессе нет ни потока данных, ни управления.

5. Выводы

Проведённый анализ позволяет сделать следующие выводы. Была высказана гипотеза, что предложенные У. Стевенсом, Г. Майером и Л. Константином [1] критерии связности и сцепления не определяют эти понятия, а являются частными примерами хорошей и плохой связи внутри и между модулей. Они не покрывают всего многообразия возникающих ситуаций, например, они не рассматривают сильную связь, возникающую в результате декомпозиции внешнего события.

Нами показано, что природа связи внутри процесса, называемая связностью, и между подпроцессами, называемая сцеплением, одна и та же и связана с пересечением у разных подпроцессов объёмов данных и работ, в результате чего нарушается детерминация. Сильная связь между процессами возникает: (а) когда объекты имеют разделяемые элементы данных, при этом оба изменяются одновременно; (б) вследствие перекрёстного влияния, когда один объект изменяется операциями, относящимися к разным процессам; (в) в случае взаимовлияния операций разных процессов, когда одна операция изменяет работу другого процесса; (г) когда генерирующее событие декомпозируется без учёта связей внутри информационного объекта окружения. Как следствие, сильно связанные подпроцессы нельзя рассматривать по-отдельности, но только совместно, накладывая дополнительные условия на их взаимодействие. Во-вторых, если существуют оба потока, и управления и данных, то они совпадают, мы будем говорить, что поток управления образован движением информационного объекта, в противном случае, поток управления существует без потока данных. Чтобы охарактеризовать связь между подпроцессами, предлагается анализировать существующие между ними потоки: информационный и управления. В случае, когда поток управления существует без потока данных, связь является слабой. Существование информационного потока делает эту связь сильной.

Предложенные в этой работе объяснения понятий сцепление и связность позволят аналитикам легко выявлять ситуации, где возможна потеря детерминации, правильно структурировать процесс, выделяя в нём повторно используемые модули.

Литература

1. STEVENS W., MYERS G., CONSTANTINE L. *Structured Design* // IBM Systems Journal, Vol. 13, No. 2, 1974. pp. 115-139.
2. КАЛЯНОВ Г.Н. *Теория и практика реорганизации бизнес-процессов.* – М.: Синтег, 2000. 203 pp.
3. VANDERFEESTEN I., REIJERS H., VAN DER AALST W. *Evaluating workflow process designs using cohesion and coupling metrics*, Vol. 59, No. 5, May 2008. pp. 420-437.
4. WAND Y. WEBER R. *An Ontological Model of an Information System* // IEEE Transactions on Software Engineering, Vol. 16, No. 11, November 1990. pp. 1282-1292.
5. BUNGE M. *Treatise on Basic Philosophy. Ontology I: The Furniture of the World.* Vol 3. Boston, MA.: D. Reidel Publishing Company, 1977. 369 pp.
6. ФЁДОРОВ И.Г. *Адаптация онтологии Бунге-Ванда-Вебера к описанию исполняемых моделей бизнес-процессов* // Прикладная информатика, Vol. 58, No. 4, 2015. pp. 82-92.
7. BUNGE M. *Treatise on Basic Philosophy. Ontology II: A the World of Systems.* Dordrecht: D. Reidel Publishing Company. 379 pp.
8. ДОБРОХОТОВ А.Л. *Новая философская энциклопедия.* 2nd ed. -М.: Мысль, 2010. Т.4 pp.
9. MOODY D. *A decomposition Method for Enterprise Relationship Models: A System Theoretic Approach.* // Proceedings of the Twenty-First International Conference on Information Systems, ICIS 2000. Brisbane, Australia. 2000 December 10-13. pp. 462-469.
10. ДЕЙКСТРА Э. *Взаимодействие последовательных процессов / Языки программирования.* Москва: Мир, 1972. 86. pp.
11. OWEN J. *Business Function Modelling eBook* // John Owen's Integrated Modelling Method. 2009. URL: [//integrated-modeling-method.com/imm-bpm-business-process-modeling-store/business-function-modeling-ebook/](http://integrated-modeling-method.com/imm-bpm-business-process-modeling-store/business-function-modeling-ebook/) (дата обращения: 15.01.2014).
12. ФЁДОРОВ И.Г. *Системный подход к выявлению бизнес-процессов методом «сверху вниз»* // Прикладная информатика. 2012. Vol. 41. No. 5. pp. 5-13.
13. ФЕДОРОВ И.Г. *Моделирование бизнес-процессов в нотации BPMN 2.0.* Москва: МЭСИ, 2013.
14. KIEPUSZEWSKI B., TER HOFSTED E A., VAN DER AALST W. *Fundamentals of Control Flow in Workflows*, Vol. 39, No. 3, 2002.
15. ФЁДОРОВ И.Г. *Метод отображения исполняемой модели бизнес-процесса в сети Петри* // Экономика, статистика и информатика. Вестник УМО. 2013. № 4. С. 191-196. 2013. No. 4. pp. 191-196.

ИНТЕГРАЦИЯ СИСТЕМ ПЛАНИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВА И ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ ПОДСИСТЕМ НА ОСНОВЕ МУЛЬТИАГЕНТНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Цуканов М.А.

*(Старооскольский технологический институт
им. А.А.Угарова (филиал) НИТУ «МИСиС»)*

tsukanov_m_a@mail.ru

Рассматривается интеграция процессов оперативного управления и диспетчирования производства во взаимосвязи с подсистемами ремонта и складского хозяйства

Ключевые слова: технологическая координация, диспетчирование, планирование, оптимизация, мультиагентные системы.

1. Введение

Основной целью оперативного планирования и управления таким сложноструктурированным производством является составление согласованных планов цехов предприятия и обеспечение их выполнения. Задача существенно усложняется для производств, характеризующихся широкой номенклатурой выпускаемой продукции, многообразием оборудования, многостадийностью технологических процессов, многовариантностью технологических маршрутов и, как следствие, сложными перекрестными материально-транспортными связями.

2. Понятие сложноструктурированной производственной системы и ее сложности

Сложноструктурированная производственная система, представляет собой многономенклатурное многостадийное производство, имеющее перестраиваемую технологическую и организационную структуру, обладающую адаптивными свойствами, позволяющими быстро переориентировать его на выпуск различного ассортимента продук-

ции за счет частичного изменения аппаратного состава производства и его структуры. Таким образом, сложноструктурированная производственная система представляет собой динамическую систему, состав и функции которой изменяются во времени (рис. 1) [1].

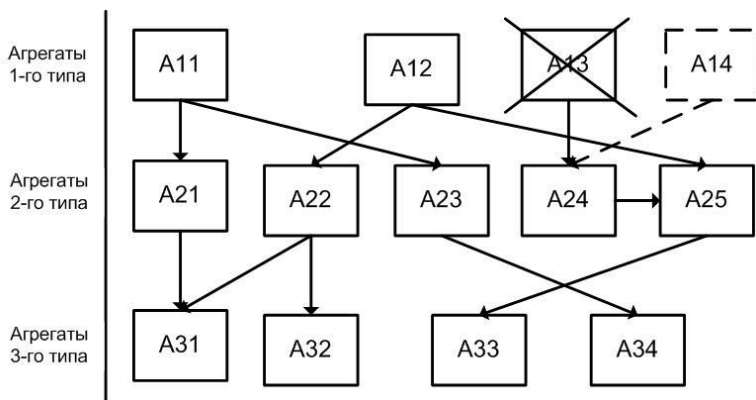


Рис. 1. Структура связей сложноструктурированного дискретно-непрерывного производства

Примерами таких производств являются металлургическое, пищевое, фармацевтическое, химическое и некоторые другие.

Непрерывную работу этих производств всегда можно представить последовательностью отдельных технологических операций, дискретных по своему характеру – со своим началом и окончанием, с получением выходных результатов или конечной продукции в каждой операции. Декомпозиция таких систем на составляющие их компоненты и элементы, дискретные по своему смыслу, имеет конечное число указанных составляющих. В динамике работу системы можно представить непрерывно-дискретной простым переходом к ее анализу в ограниченных временных интервалах. Поэтому свойство непрерывно-дискретного характера структуры системы в подавляющем большинстве случаев соответствует технологическому, организационному, экономическому смыслу реальных объектов моделирования [2].

Часть сторон функционирования системы, например, организационные решения, информационные потоки – дискретна по своей

природе, другие – условно, по своему технологическому, экономическому или иному смыслу [3].

Несмотря на то, что непрерывно-дискретная система имеет много общего с дискретными параллельными и распределенными системами, она не может быть сведена к чисто дискретным моделям, так как динамика ее непрерывных компонент достаточно сложна. С другой стороны, описание ее в рамках классической теории динамических систем затруднительно, так как в ней могут возникать события, в результате которых мгновенно меняется глобальное поведение и структура системы. При этом одно событие может порождать другие, а сам дискретный процесс, результатом которого является выбор нового поведения, описывается нетривиальным дискретным алгоритмом, который в общем случае можно представить графом мгновенных переходов [4].

Невозможность представления непрерывно-дискретной системы чисто дискретными или чисто динамическими моделями позволяет выделить эти системы в отдельный класс систем, поведение которых описывается бесконечной последовательностью сменяющих друг друга длительных непрерывных и мгновенных дискретных поведений.

Из анализа различных подходов к исследованию непрерывно-дискретных систем следует, что на сегодняшний день не существует подхода к моделированию и анализу этого класса сложных систем, в котором бы равноправно и логично сосуществовали методы исследования дискретной и непрерывной компоненты.

Помимо перечисленных особенностей задачу оперативного управления такими производствами усложняет тесная взаимосвязь с обеспечивающими подсистемами склада и ремонта (рис. 2).

В рамках описываемой системы существует необходимость одновременного решения трех тесно взаимосвязанных друг с другом задач:

1. Планирования и технологической координации производства;
3. Планирования и мониторинга ремонтов;
4. Оптимизации загрузки-разгрузки складов готовой продукции и производственных ресурсов.



Рис. 2. Связь производства с обеспечивающими подсистемами

3. Расширение мультиагентной системы оперативного управления и диспетчирования производства

3.1. ПЛАНИРОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КООРДИНАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

Задача технологической координации сложного производства в режиме диспетчирования не имеет простого решения [8]. Большинство авторов работ в этом направлении предлагают декомпозицию исходной задачи координации на ряд взаимосвязанных подзадач с последующей интеграцией получаемых решений.

Рассмотрим процесс планирования производства на основе программы выпуска продукции на сутки (смену), которая содержит список заказов q_i на выполнение, где $i = \overline{1, n}$ – номер заказа. Каждому заказу q_i соответствует некоторый вид продукции и технологический маршрут его производства, задающий определенную последовательность технологического и транспортного оборудования A_l , где $l = \overline{1, L}$ – номер группы однотипных агрегатов.

Пример матрицы назначения агрегатов на заказы представлен в таблице 1, где 1 соответствует наличию агрегата A_l в технологическом маршруте выполнения заказа q_i , а 0 означает отсутствие агрегата A_l в технологическом маршруте выполнения заказа q_i .

Каждая группа однотипных агрегатов A_l в общем случае содержит несколько одинаковых единиц оборудования, работающих параллельно и независимо друг от друга. Для выполнения конкретных заказов по технологическому маршруту, использующему данный тип агрегата, могут быть назначены единицы оборудования с разными номерами в зависимости от их состояния (свободны/заняты).

Таблица 1. Назначение агрегатов на обработку заказов

агрегат заказ	A ₁	A ₂	...	A _{i-1}	A _i	A _{i+1}	...	A _{L-1}	A _L
q ₁	1	0	...	0	1	0	...	1	0
q ₂	1	1	...	0	0	1	...	0	1
...
q _{i-1}	0	1	...	1	1	0	...	0	1
q _i	0	0	...	1	1	0	...	1	1
q _{i+1}	1	0	...	1	1	1	...	0	0
...
q _{n-1}	0	1	...	0	0	1	...	1	1
q _n	1	1	...	0	1	0	...	1	0

Задача составления производственного расписания состоит в формировании последовательности заказов, удовлетворяющей критерию оптимальности (1), в качестве которого в работе принята минимизация суммарных условных потерь (2), связанных с переналадкой всех единиц технологического оборудования при переходе с обработки одного заказа q на другой $q+1$:

$$(1) F = \sum_l \sum_k \sum_q R_{lk(q,q+1)} \rightarrow \min,$$

$$(2) R_{lk(q,q+1)} = \rho_{qlk} \cdot \Delta D_{lk(q,q+1)},$$

где ρ_{qlk} – производительность технологического агрегата A_{lk} по выпуску q -го заказа; $\Delta D_{lk(q,q+1)}$ – длительность переналадки технологического агрегата A_{lk} при переходе от обработки q -ого заказа к $(q+1)$ -му.

Производственное расписание можно представить в виде взвешенного графа, вершинами которого являются заказы q_i исходного плана выпуска продукции (i – номер заказа в исходном списке), а ребрами – возможные переходы между заказами с весами, соответствующими условным потерям при переходе от q -го к $(q+1)$ -му заказу $R_{lk(q,q+1)}$, связанным с переналадкой каждого типа агрегата.

Задача упорядочения заказов в серию заключается, таким образом, в переборе всех возможных серий заказов из исходного плана выпуска, и определению последовательности, обеспечивающей оптимальное значение целевой функции при заданных ограничениях на производственные, материальные, временные, трудовые ресурсы.

Таблица. 2. Общие условные потери

агрегат	q_1	q_2	...	q_{n-1}	q_n
q_1	∞	$R_{1,2}$	...	$R_{1,n-1}$	$R_{1,n}$
q_2	$R_{2,1}$	∞	...	$R_{2,n-1}$	$R_{2,n}$
...	∞
q_{i-1}	$R_{i-1,1}$	$R_{i-1,2}$	...	$R_{j-1,n-1}$	$R_{j-1,n}$
q_i	$R_{i,1}$	$R_{i,2}$	...	$R_{j,n-1}$	$R_{j,n}$
q_{i+1}	$R_{i+1,1}$	$R_{i+1,2}$	...	$R_{i+1,n-1}$	$R_{i+1,n}$
...
q_{n-1}	$R_{n-1,1}$	$R_{n-1,2}$...	∞	$R_{n-1,n}$
q_n	$R_{n,1}$	$R_{n,2}$	...	$R_{n,n-1}$	∞

Согласно вышесказанному и рис. 2. информационная модель сложноструктурированной производственной системы должна строиться с учетом сырьевых и энергетических ресурсов; планы ТОРО (ремонт) и т.д.

В работе предлагается система поддержки принятия решений, которая базируется на моделях производственных звеньев и алгоритмах оптимизации составления производственных расписаний.

Для рассматриваемого класса дискретно-непрерывных производств характерна раздельная обработка этапов заказа на отдельных технологических агрегатах, таким образом, система оперативного управления характеризуется как распределенная организационно-техническая система. Современная мировая практика совершенствования управления в таких системах предлагает использование мультиагентных технологий [6].

3.3. МУЛЬТИАГЕНТНАЯ СИСТЕМА ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ И ДИСПЕТЧИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВА ВО ВЗАИМОСВЯЗИ С ПОДСИСТЕМАМИ РЕМОНТА И СКЛАДСКОГО ХОЗЯЙСТВА

Рассмотрим концепцию распределенной мультиагентной системы (МАС) применительно к проектированию системы оперативного управления и диспетчирования производства во взаимосвязи с подсистемами ремонта и складского хозяйства (рис. 3).

Верхний уровень системы представлен МАС планирования производства. Агент-супервизор первого уровня (своего рода менеджер знаний), использующий информационную модель рассматриваемой

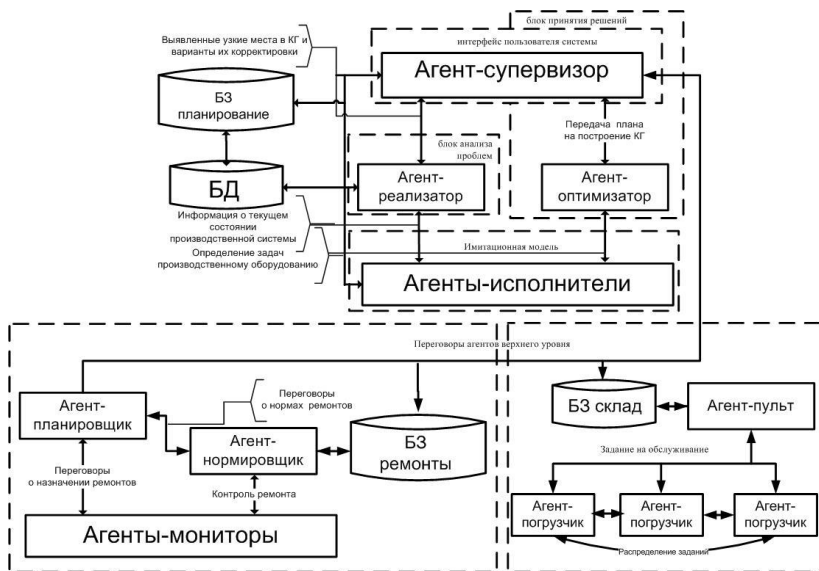


Рис. 3. Расширенная МАС оперативного управления и диспетчирования производства

предметной области, включающую схему расположения технологического оборудования и подъемно-транспортных средств цеха; основные технологические маршруты; множество заказов, которые необходимо выполнить; сырьевые и энергетические ресурсы; планы ТОРО и т.д.

Агент-оптимизатор на основе сформированных агентом-супервизором заданий с рекомендациями по выполнению осуществляет их распределение по технологическим и транспортным агрегатам, т.е. осуществляет составление расписания. Далее агент-реализатор проверяет данное распределение с целью обнаружения «узких мест» при выполнении производственной программы и формирует рекомендации по их устранению.

Каждая технологическая установка или подъемно-транспортное средство в свою очередь представляется агентом-исполнителем, задачей которого является отработка определенной технологической или транспортной операции на основе предлагаемых ему требований по ее выполнению с выдачей ответа о возможности выполнить данное требование.

Необходимым компонентом системы является база знаний, в которой хранятся алгоритмы и инструментарий для агента-супервизора и агента-реализатора.

Результатом работы системы является выполнение производственной программы с заданными технико-экономическими показателями при условии соблюдения наложенных ограничений.

Взаимодействие агентов в системе осуществляется следующим образом. Агент–супервизор формирует технологическое задание по обслуживанию заказов с учетом изменившейся производственной ситуации, которое в виде входного сообщения поступает агенту-оптимизатору, идентифицирующему характер изменений, и определяющему группы агентов-исполнителей, которым необходимо отправить новые задания на выполнение. Степень готовности агентов-исполнителей принять задание анализируются с помощью агента-реализатора. Он посылает агенту-супервизору сообщение о возможности или невозможности выполнения заданий каждым из членов рабочей группы.

Супервизор анализирует степень готовности каждого агрегата и степень его занятости во всех технологических маршрутах плана, на основании чего формируется новое задание для агента-оптимизатора, и агенту-реализатору направляется новое расписание для окончательной проверки распределения требований на обработку.

Второй уровень системы представлен системой визуально-оптического мониторинга ремонтных работ, построенной на базе архитектуры, описанной в [7]. На этом уровне предполагается осуществление наблюдения за выполнением хода ремонтных работ с целью снижения простоя производства.

Агент-планировщик анализирует состояние производственного оборудования и составляет план ремонтных работ, который в последствии используется агентом-супервизором системы планирования производства. Каждый агент-монитор данной подсистемы работает с камерами видеонаблюдения на ремонтных участках.

Видеоинформация с нескольких камер (нескольких рабочих мест) централизовано собирается для анализа агентом-нормировщиком. Итогом работы подсистемы являются рекомендации по корректировке времени включения находящихся на ремонтных работах агрегатов в производственный план, а также значение показателя

выявленных непроизводительных затрат рабочего времени ремонтного персонала.

Третий уровень системы – управление складом. Структура МАС включает в себя агента-пульт, который аккумулирует перечень заказов на разгрузку/выгрузку и рассылает его агентам-погрузчикам. В зависимости от своего местоположения и максимальной погрузочной способности эти агенты распределяют между собой работы.

Целевая функция агентов-погрузчиков основывается на распределении заданий по загрузке/разгрузке склада между собой с учетом выполнения всех заданий за минимальное время, при максимальной производительности каждого агента.

$$(3) \quad F = \begin{cases} \sum_{i=1}^n t_{ag_i} \rightarrow \min \\ \sum_{i=1}^n P_{ag_i} \rightarrow \max \end{cases},$$

где t_{ag_i} – время выполнения всех работ i -м агентом; P_{ag_i} – объем выполненной работы i -м агентом.

В процессе работы агенты должны учитывать следующие ограничения:

1) $m_i \leq m_{\max}$, где m_{\max} – максимально переносимый вес груза, а m_i – вес, переносимый i -м агентом.

2) $f^i(x_i, y_i) \neq f^j(x_j, y_j)$ – в один момент времени на одной позиции не могут находиться i -й и j -й агенты.

База знаний этого уровня позволяет агентам-погрузчикам обладать информацией о топологии склада

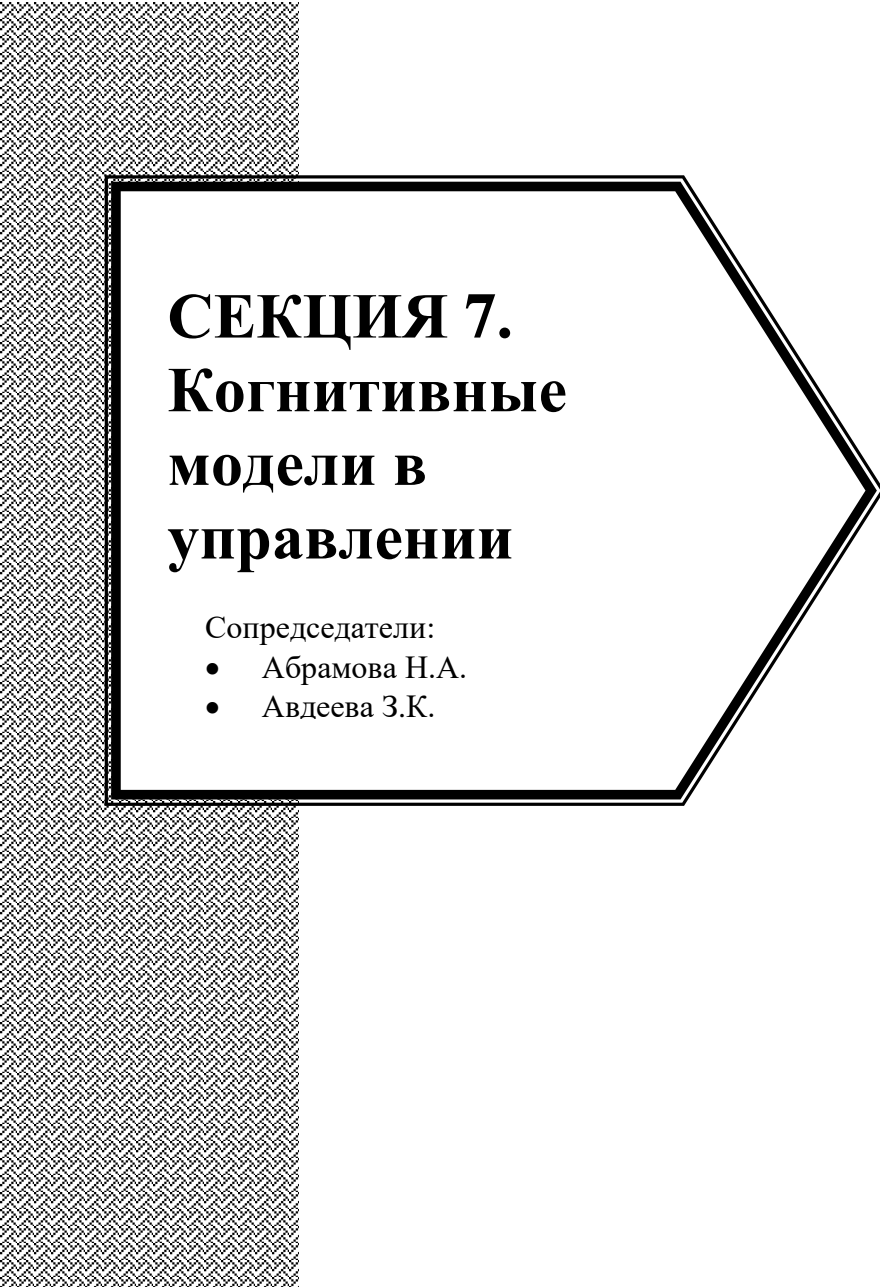
Такая методика представляется особо актуальной в условиях все более набирающего популярность роботизированного складского хозяйства.

4. Заключение

Предложенный мультиагентный подход к управлению производством и обеспечивающими подсистемами позволит повысить адаптивность системы к текущим изменениям и даст преимущество в оперативности и адекватности принимаемых решений.

Литература

1. АВДЕЕВ В.П. *Производственно-исследовательские системы с многовариантной структурой* / В.П. Авдеев, Б.А. Кустов, Л.П. Мышляев. — Новокузнецк; Изд-во Кузбасского филиала Инженерной академии 1992. — 188 с.
2. БУРКОВ В.Н. *Применение теории оптимального управления к задачам распределения ресурсов* / Б. Н. Бурков // Труды 3 Всесоюзного совещания по автоматическому управлению. М.; Наука, 1967, — 255 с.
3. БУСЛЕНКО Н. П. *Моделирование сложных систем* / Бусленко Н. П. — М., Наука, 1968. — 355 с.
4. КОНОВАЛОВ С. А. *Разработка и практическое использование математической модели технологической линии «сталь-прокат»*: канд. диссертация. Свердловск: УПИ им С. М. Кирова, 1970. — 125 с.
5. ПЕРОВСКАЯ Е.И. *Об одном алгоритме решения задачи календарного планирования* // Вычислительные процессы и структуры / Бусленко Н. П. — Л.: Машиностроение, 1982. — С. 84-92.
6. ТРАХТЕНГЕРЦ Э. А. *Компьютерные системы поддержки принятия управленческих решений*: статьи международной конференции по проблемам управления. М.: — 2003.
7. ЦУКАНОВ М.А. *Автоматизированное распознавание нетипичного поведения на основе визуальнооптического мониторинга как одна из проблем компьютерного зрения* / Цуканов М.А., Ульянова О.П. // Труды XII всероссийского совещания по проблемам управления ВСПУ-2014. М.; Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, 2014. — С. 4041-4047.
8. ЦУКАНОВ М.А. *Технологическая координация и управление сложноструктурированными производствами на основе мультиагентных технологий*: дис. канд. тех. наук. — Воронеж, 2013. — С. 25–33.



СЕКЦИЯ 7. Когнитивные модели в управлении

Сопредседатели:

- Абрамова Н.А.
- Авдеева З.К.

КОГНИТИВНЫЙ ПОДХОД К ПРОБЛЕМЕ ДОСТОВЕРНОСТИ ИДЕНТИФИКАЦИИ В КОГНИТИВНОМ МОДЕЛИРОВАНИИ

Абрамова Н.А.

(ИППУ им. В.А.Трапезникова РАН, Москва)

ninaabramova@mail.ru

На основе междисциплинарного анализа практики когнитивного моделирования и современных подходов к пониманию мыслительных процессов в когнитивной науке предложен когнитивный подход к анализу процессов идентификации слабо структурированных объектов, ситуаций и т.д., учитывающий когнитивные аспекты, которые влияют на достоверность конечных результатов. Эксперимент показал, что подход способен объяснить традиционный редуцирующий взгляд методологов на когнитивные процессы идентификации и зафиксировать некоторые условия, при которых порождаются риски для достоверности. результатов, что подтверждено экспериментом

Ключевые слова: когнитивное моделирование, идентификация, достоверность, когнитивные аспекты, квазиалгоритм

Введение

В последние годы наблюдается расширение состава пользователей методологии когнитивного моделирования, в том числе, за счет новичков, уверовавших в ее преимущества. При этом новички рассматривают методологию как интуитивно понятную и не подозревают, что методы построения моделей на основе когнитивных карт, исходящие от методологов (теоретиков, преподавателей вузов и др.), подвержены систематическим ошибкам. Как показывают наши исследования, некоторые причины лежат в традиционном редуцирующем взгляде методологов на когнитивные процессы идентификации. В докладе вкратце излагаются альтернативный подход и его эмпирическая проверка.

1. Начальные понятия и исследовательские подходы

Предметом исследования являются когнитивные карты, которые характеризуются формальной семантикой, и мыслительные процессы построения таких карт, или иначе, процессы идентификации слабо структурированных ситуаций в терминах формальных теоретических моделей карт. Общая характеристика таких процессов состоит в том, что они реализуют не обычные алгоритмы, но квазиалгоритмы. Операции квазиалгоритма являются человеко-зависимыми, эвристическими и потому недостоверными: 1) по крайней мере, для некоторых из них известен только ожидаемый формальный тип результата, но недостаточно известно, как получить нужный результат; 2) может быть неизвестно, как отличить правильный (или приемлемый, адекватный).

Фрагмент знаковой карты на рис. 1 построен согласно «естественному» квазиалгоритму структурной идентификации M_0 , когда вначале определяется множество значимых факторов ситуации S , а затем для каждой пары из $F \times F$ – знак влияния или 0.



Рис.1. Фрагмент знаковой когнитивной карты

2. Две модели, связанные с идентификацией

Когнитивный подход к достоверности идентификации на основе квазиалгоритмов исходит из допущения о наличии у человека двух видов когнитивных ресурсов, поддерживающих процесс идентификации: *автоответчиков* и *детекторов ошибок и аномалий*. Концепция детектора сформирована в рамках модели экспертной верификации, предложенной ранее (Abramova, 2012), путем интеграции разных идей и терминов (Бехтерева, 2000; Фестингер, 1957; Ухтомский, 1950) с акцентом на компьютерную метафору. Структурная модель детектора дана на рис. 2.

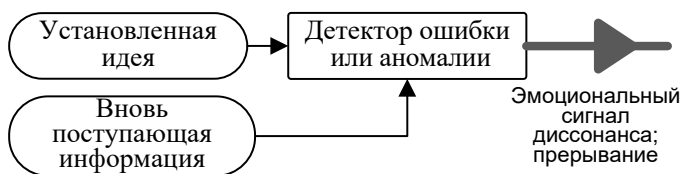


Рис. 2. Детектор с входными элементами знаний

В последней модели [2] взаимодействуют оба вида ресурсов, поддерживая основной осознанный ментальный процесс (рис.3). Если этот процесс реализует квазиалгоритм, автоответчики выдают, как правило, эвристические ответы, которые не достоверны, но контролируются системой детекторов с прерываниями.

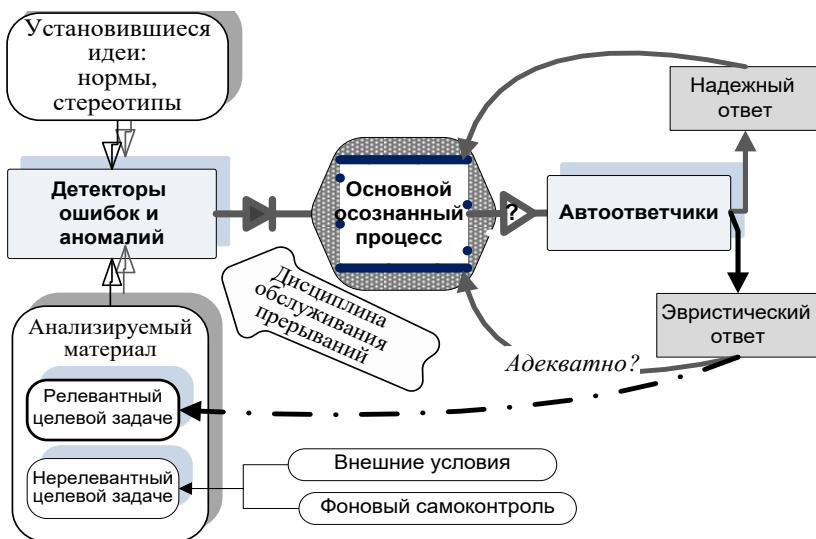


Рис.3. AD-модель взаимодействия когнитивных ресурсов

2. Два подхода к достоверности идентификации

Возможности когнитивного подхода к идентификации и ее достоверности демонстрируются путем сравнения с традиционным путем, который представлен методом M_0 . Сравнение ограничено ошибкой ложной транзитивности во фрагменте карты рис.1, которая

является типовой. Ошибка выражается в неправдоподобном косвенном выводе: **рост** *доступа производителей к внешним газопроводам* влечет **снижение дефицита газа в стране**. Для традиционного подхода такие ошибки необъяснимы. Их логическая природа в терминах концептуальной семантики карт установлена ранее (Абрамова, Коврига, 2008). Однако важно выяснить, в чьих знаниях нужна коррекция.

Для этого был поставлен эксперимент [1] по выявлению мыслительных процессов людей, по отдельности идентифицирующих влияния между парами факторов, следуя методу *M₀*. Основная гипотеза состояла в том, что здесь срабатывает естественная способность человеческого мышления, известная в психологии и в лингвистике, которая названа **адаптацией понятий к контексту**.

Краткий общий вывод, по результатам эксперимента и его анализа посредством АД-модели из [2], состоит в том, что все этапы структурной идентификации в квазиалгоритмическом методе оказались подверженными ошибкам и, следовательно, недостоверными. Более подробный анализ представлен в [2].

Литература

1. ПОРЦЕВА Е.Ю., РЕЗВЯКОВА А.А. *Об одном эксперименте по источникам ошибок в когнитивных картах* / Доклад на этой конференции.
2. АБРАМОВА N.A. *The cognitive approach to the problem of identification validity in cognitive mapping* / 8th IFAC Conf. on Manufacturing Modelling, Management and Control MIM 2016. – IFAC-PapersOnLine, Vol. 49, Issue 12, 2016. – P. 586-591.

ОБ ИНФОРМАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПОСТРОЕНИЯ, АНАЛИЗА И ВЕРИФИКАЦИИ КОГНИТИВНЫХ КАРТ «ПАВК-51»¹⁴

Абрамова Н.А., Порцев Р.Ю.
(ИПУ им.В.А.Трапезникова РАН, Москва)
abramova@ipu.ru, poruss@mail.ru

Рассматриваются функциональные особенности информационной технологии построения, анализа и верификации когнитивных карт ПАВК-51, развиваемой в лаборатории когнитивного моделирования и управления развитием ситуаций ИПУ РАН.

Ключевые слова: информационная технология, когнитивная карта, верификация, когнитивная поддержка.

1. Введение

В ходе теоретических исследований и практики применения когнитивного моделирования, обнаруживается ряд разнородных проблем в этом направлении. В частности, речь идет о проблеме рисков для достоверности результатов когнитивного моделирования, обусловленных человеческим фактором, и о практических ограничениях и трудностях при имитационном моделировании когнитивных карт.

С учетом этого в лаборатории когнитивного моделирования и управления развитием ситуаций ИПУ РАН развивается технология построения, анализа и верификации когнитивных карт ПАВК-51, которая совместима с другими технологиями когнитивного моделирования при решении более традиционных задач.

Сегодня технология служит: (1) для решения практических и исследовательских задач, таких как быстрое построение, чтение (понимание), верификация и анализ когнитивных карт; (2) для эмпирической проверки работоспособности методов и функций, направленных на повышение достоверности результатов решения задач. Некоторые аспекты функциональности этой технологии были представлены на Симпозиуме по визуальной аналитике в Англии под эгидой НАТО (2-

¹⁴ Работа выполнена при частичной поддержке РФФИ (грант 14-07-00961а).

е место среди лучших работ) [6] и на XX Байкальской конференции «Информационные и математические технологии в науке и управлении» (диплом 1-ой степени в конкурсе «Лучший доклад») [2].

На сегодня ПАВК-51.1 поддерживается двумя программными средствами: свободно распространяемым средством ИМС Стар-Tools и собственным прототипом MapConstructor.

Далее будут представлены характерные черты технологии ПАВК-51.1 при решении следующих задач, которые являются целевыми для этой технологии: (1) построение когнитивной карты со встроенной верификацией, (2) анализ внешнего поведения когнитивной карты.

1. Построение когнитивной карты со встроенной верификацией

В развиваемой технологии акцент делается на принцип когнитивной поддержки решения человеком его части функциональных задач, который состоит в использовании таких технологических решений, которые приводят к улучшениям, относящимся к когнитивной сфере человека и влияющим на качество процесса и/или результат решения.

В технологии ПАВК-51 построение когнитивной карты выполняется в визуальной форме, причем подбираются такие формы представления, которые способствуют более углубленному пониманию карты в целом и/или ее отдельных частей составителями карты, коммуникантами и верификаторами.

Для поддержки построения карты имеется комплекс элементарных операций и технологических приемов, которые, в силу простоты, интуитивной понятности смысла, скорости исполнения, легко позволяют достичь автоматизма для типичных манипуляций с картами. Комплекс включает в себя: операции (функции) по построению и редактированию карты; автоматическое визуальное реструктурирование (autolayout) по критериям, которые выбирает человек; произвольное перемещение выделенной части карты относительно «остатка»; обратимое абстрагирование от подробностей (свертка-развертка частей карты).

Применение верификации для повышения достоверности конечных результатов в ПАВК-51 существенно отличается от известных технологий на основе систем «Канва» А. Кулинича и «Front End» А. Маклукаса, также ориентированных на преодоление

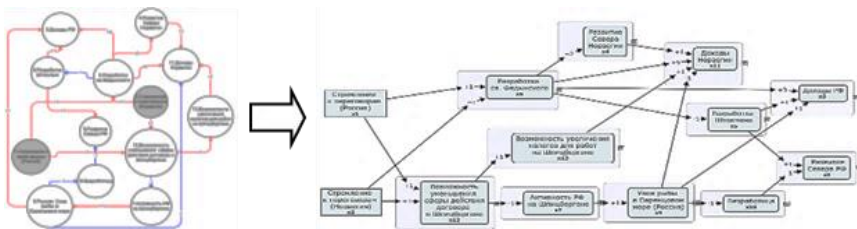


Рис. 1. Пример визуального реструктурирования карты

ошибок¹⁵. В названных технологиях первая проверка корректности, т.е. собственноверификация, начинается после получения результата имитационного моделирования.

Напротив, технология ПАВК-51 позволяет реализовать принцип поэтапной (пошаговой) верификации [1], заимствованный из области проектирования надежного программного обеспечения. Согласно этому принципу, верификация встраивается в процесс создания конечного продукта путем верификации промежуточных результатов с последующей коррекцией, если на очередном шаге обнаруживается несоответствие. Преимущества такой пошаговой (stepwise) верификации состоят не только в ограничении распространения ранних ошибок и рисков для достоверности, но и в возможности выявления разнородных типов ошибок посредством соответствующих критериев. Как показали исследования нашей лаборатории, именно такая разнородность типична для разных этапов построения карт.

Технология ПАВК-51 рассчитана на метод верификации когнитивных карт, основанный на множестве частных, преимущественно локальных критериев достоверности, которые противопоставляются типичным ошибкам [1,4,5]. Сегодня известны критерии, относящиеся к отдельным факторам карты и их именованию, к отдельным причинно-следственным влияниям и более сложным конструкциям. В версии ПАВК-51.1 программно поддерживаются критерии, относящиеся к построению преимущественно знаковых карт, при этом предполагается расширение множества поддерживаемых критериев.

Для когнитивной поддержки пользователей технология не ограничивается жестким порядком этапов при построении карты (вначале – факторы, затем – связи, их веса). При этом в версии ПАВК-

¹⁵ Технология на основе «Front End» предназначена для области системной динамики, но использует когнитивные карты.

51.1 пошаговая верификация для вновь появляющихся конструкций поддерживается, но не является принудительной. Выбор между встроенной и отложенной верификацией отдельных конструкций и карты в целом остается за пользователем.

В ПАВК-51 верификации когнитивной карты поддерживается разными видами когнитивной поддержки.

Имеются когнитивные поддержки, которые трактуются психологами как контекстные расширения кратковременной памяти человека, с использованием таких известных технологических средств как всплывающие подсказки, открывающиеся окна с комментариями. При этом представление частных критериев достоверности в виде фраз на естественном языке, составленных по словесным шаблонам, ориентированным на корректность, не только расширяет кратковременную память, но и стимулирует возникновение когнитивного диссонанса в случае несоответствий.

Другой вид поддержки – это визуальная фокусировка внимания на проверяемом фрагменте, к которому применим соответствующий критерий, путем подсвечивания фрагмента и затенения «остатка». Такая визуализация направлена на снижение когнитивной нагрузки и активизацию когнитивных ресурсов человека при работе с картой.

Имеются поддержки, в которых сложные для человека операции инструмент выполняет автоматически. В частности, такой вид поддержки применяется при верификации по критерию отсутствия дублирующих влияний [3], где сочетается (1) исполнительская поддержка: автоматический поиск множества всех конструкций карты некоторого типа, и (2) когнитивная поддержка оценки найденной конструкции: визуальная фокусировка внимания на оцениваемой конструкции карты (см. рис. 2).



Рис. 2. Поддержка верификации знаковой карты по критерию отсутствия дублирующих влияний

2. Анализ внешнего поведения когнитивной карты

В основе большинства систем и технологий когнитивного моделирования лежит подход к прогнозированию (анализу) динамики ситуации посредством имитационного моделирования. Этот традиционный подход дополнен совместимым функциональным подходом к анализу посредством аналитических методов и методов визуальной аналитики (иначе, графоаналитических).

Принципиальное различие двух подходов состоит в том, что имитационное моделирование ищет результаты, относящиеся к конкретной ситуации, а функциональный подход ищет общую закономерность в виде функции, представляющей зависимость динамики целевых факторов карты от необходимого и достаточного множества аргументов (включая входные факторы), в виде композиции функций агрегирования влияний зависимых факторов [2].

На сегодня в ПАВК-51.1 для анализа внешнего поведения карт применяются функции обратимого абстрагирования от подробностей карты путем объединения элементов и сворачивания частей карты. В частности, абстрагирование от весов влияний помогает акцентировать внимание на структуре карты, а абстрагирование от промежуточных факторов помогает акцентировать внимание на внешнем поведении модели.

Используя методы упрощающих структурных преобразований, описанных в [2], и функции абстрагирования, можно получить для конкретного целевого фактора ациклической карты единственный составной узел, который представляет внешнее поведение карты в части этого целевого фактора (см. рис. 3).

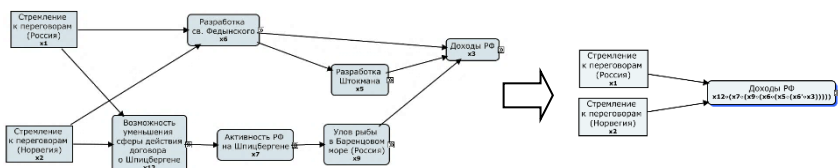


Рис. 3. Пример анализа внешнего поведения ациклической карты

Работоспособность когнитивной поддержки верификации и анализа карт подтверждается с одной стороны опытом применения тех-

нологии, а с другой, – теоретическими исследованиями по таким темам как эффект обрамления Канемана-Тверски, логико-психологические координаты Шапиро и др.

Литература

1. АБРАМОВА Н.А. *Экспертная верификация при использовании формальных когнитивных карт. Подходы и практика / Управление большими системами. Выпуск 30.1 «Сетевые модели в управлении»*. М.: ИПУ РАН, 2010. С. 371 – 410.
2. АБРАМОВА Н.А., ПОРЦЕВ Р.Ю. *Аналитические методы для анализа слабоструктурированных ситуаций на основе функциональных когнитивных карт / Труды XX Байкальской Всероссийской конференции «Информационные и математические технологии в науке и управлении»*. Иркутск: ИСЭМ СО РАН, 2015. С. 62 – 70.
3. АБРАМОВА Н.А., ПОРЦЕВ Р.Ю. *Метод идентификации дублирующих влияний при построении ациклической когнитивной карты / Труды IX Межд. конф. «Когнитивный анализ и управление развитием ситуаций»*. CASC'2011. М.: ИПУ РАН, 2011. С. 260 – 265.
4. КОВРИГА С.В., ТЕЛИЦЫНА Т.А. *О методе верификации когнитивных карт, основанном на частных критериях достоверности / Труды XII Всероссийского совещания по проблемам управления (ВСПУ XII, Москва, 2014)*. М.: ИПУ РАН, 2014. С. 4132-4143.
5. ABRAMOVA N.A., KOVRIGA S.V. *Criterial Approach to Verification at Cognitive Mapping of Ill-Structured Situation Dynamics // In proc. the 30th International Conference of the System Dynamics Society. – St. Gallen, Switzerland, July 22 – 26, 2012. – P. 1-23.*
6. ABRAMOVA N.A., MAKARENKO D.I., PORTSEV R.U. *Development of Visual Analysis Methods at Modelling of Ill-Structured Situation based on Cognitive Maps // In proc. IST-116 Symposium on Visual Analytics. – Shrivenham, Swindon, United Kingdom, October 28-29, 2013.*

О МЕТОДОЛОГИИ МОДЕЛИРОВАНИЯ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ МНОГОСЛОЙНЫХ НЕЧЕТКИХ КОГНИТИВНЫХ КАРТ¹⁶

Гинис Л.А.

(Южный федеральный университет, Таганрог)

gla@sfedu.ru

В докладе представлены составляющие теоретико-методологических основ когнитивного моделирования процессов управления и принятия решений в сложных системах, в частности предлагается использование многослойных нечетких когнитивных карт для моделирования и анализа функционирования сложных систем.

Ключевые слова: сложная система, нечеткая когнитивная карта, принятие решения

1. Введение

Современное требование учета человеческого фактора при разработке моделей для изучения поведения, развития и определения обоснованных управленческих решений в сложных системах определяет актуальность представленной работы.

2. Методологическая основа и пример моделирования

Опираясь на работы известных отечественных исследователей в области когнитивного моделирования [1,6,7], опишем предлагаемую методологию моделирования проблемно-ориентированных систем, которая строится в отличие от известных, на основе многослойных нечетких когнитивных карт (НКК), что позволяет обосновывать управленческие решения для устойчивого и экономически безопасного развития такой системы на примере социально-экономической. Отдельные элементы методологии частично раскрыты в [2,3,5,8] и обобщены в [4]. Кратко обозначим основные этапы методологии.

¹⁶ Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ № 15-07-00185а и 16-07-00336.

Этап I. Анализ сложной системы как объекта управления включает процесс, связанный с анализом предметной области, в результате которого должны быть выделены подсистемы, внутренние и внешние связи и соподчинения в системе, проблемы управления. На этапе II раскрывается стратифицированное описание структуры системы, в рамках которого можно выделить следующие блоки. Представление уровней управления системы моделью в виде пирамиды и выделение ее сегментов; определение управляющих эшелонов, страт, слоев сегмента. Теоретико-множественное представление выделенных слоев, в т.ч. определение входных, выходных и управляющих информационных потоков. Построение ситуационной модели управления. Прогнозирование переходов системы из текущего состояния в желаемое. Моделирование нечеткого управляющего воздействия. Этап III непосредственно связан с процессом моделирования отдельных подсистем посредством многослойных нечетких когнитивных карт по каждой из подсистем. Проводится анализ структурных и динамических свойств отдельной модели. Определяется набор альтернативных управляющих решений в условиях неопределенности по каждой из названных на этапе I проблем. При возможности, переход к четким когнитивным картам отдельных элементов подсистем. Этап IV связан с проведением эксперимента. Разрабатываются стратегии и моделируются соответствующие им сценарии развития подсистем на базе четких и нечетких когнитивных карт. На этапе V проводится верификация и разработка рекомендаций по принятию обоснованных управленческих решений.

Принимаем, что все сложные системы, которые подлежат моделированию, являются устойчивыми или квазиустойчивыми. Предлагается определять устойчивость структуры такой системы с помощью определения нечеткой базы и живучести НКК [2]. Рассмотрим социально-экономическую систему (СЭС), как типичного представителя сложной системы.

Устойчивое развитие любой СЭС определяется следующими составляющими: X_1 – политическая безопасность, X_2 – этническая безопасность, X_3 – военная безопасность, X_4 – технологическая безопасность, X_5 – экономическая безопасность, X_6 – экологическая безопасность. Тогда однослойная НКК на одном из уровней иерархии принимает вид, см. рис. 1

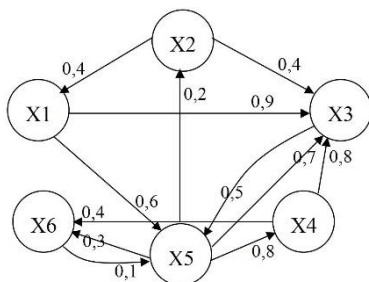


Рис. 1. Однослойная НКК

Найдем все нечеткие пути между концептами, построим матрицу достижимости и определим нечеткое множество баз:

$$Bx = \{ \langle 1/6 \rangle, \langle 0,9/5 \rangle, \langle 0,8/4 \rangle, \langle 0,6/3 \rangle, \langle 0,4/1 \rangle \}.$$

Анализ множества показывает, что среди прочих найден один концепт x_2 , из которого достижимы все остальные со степенью 0,4, т.е. его активизация даст положительный эффект в развитии всех составляющих системы. Это говорит о достаточно устойчивой структуре модели.

3. Заключение

Предлагаемая методология моделирования сложных систем на основе многослойных нечетких когнитивных карт, формулируемая на основе синтеза концепций теории систем и теории принятия решений, теории нечетких графов и теории иерархических многоуровневых систем, расширяет возможности учета неопределенностей различной природы, в том числе риск человеческого фактора.

Литература

1. АБРАМОВА, Н.А., АВДЕЕВА, З.К. *Когнитивный анализ и управление развитием ситуаций: проблемы методологии, теории и практики* // Проблемы управления. 2008. №3, С. 85-87.
2. БОЖЕНЮК А.В., ГИНИС Л.А. *Применение нечетких моделей для анализа сложных систем* // Системы управления и информационные технологии. 2013. № 1.1. С.122-126.

3. ВОВК С.П., ГИНИС Л.А. *Моделирование переходов между эталонными ситуациями в сложных системах в условиях неопределенности* // Известия ЮФУ. Технические науки. 2013. №2. С. 116-122.
4. ГИНИС Л.А. *Методологические основы нечеткого когнитивного моделирования иерархических проблемно-ориентированных систем* [Электронный ресурс] // Инженерный вестник Дона. 2014. № 2. Режим доступа: <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n2y2014/2326>.
5. ГИНИС Л.А. *Развитие инструментария когнитивного моделирования для исследования сложных систем* [Электронный ресурс] // Инженерный вестник Дона. 2013. № 3 (Том 24). Режим доступа: <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n3y2013/1806>.
6. КУЛИНИЧ А.А. *Компьютерные системы моделирования когнитивных карт: подходы и методы* // Проблемы управления. 2010. №3, С. 2-16.
7. НОВИКОВ Д.А. *«Когнитивные игры»: линейная импульсная модель* // Проблемы управления. 2008. №3, С. 14-22.
8. VOVK S.P., GINIS L.A. *Modelling and forecasting of transitions between levels of hierarchies in Difficult formalized systems* // European Researcher. 2012. Vol. (20), №5-1, pp. 541-545.

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕГИОНАЛЬНЫХ РЫНКОВ ТРУДА НА ОСНОВЕ КОМПОЗИЦИИ КОГНИТИВНЫХ МОДЕЛЕЙ И ДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ МЕЖРЕГИОНАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ

Горелова Г.В.¹, Масленникова А.В.²

(1 – Южный Федеральный Университет, Таганрог;

2 – АНО ВО «Российский новый университет», Москва)

gorelova-37@mail.ru, annucka15@gmail.com

Авторами предложен подход к имитационному моделированию социально-экономического развития регионов и исследованию рынков труда через композицию когнитивных моделей и динамической модели межрегионального развития.

Ключевые слова: рынок труда, когнитивное моделирование, системная динамика

1. Введение

Принятие управленческих решений на базе научно-обоснованных прогнозов предполагает поиск наиболее адекватных современной ситуации математических моделей и методов, в том числе к прогнозированию конъюнктуры на региональных рынках труда.

2. Опыт композиции когнитивного моделирования и системной динамики

Для понимания сложных социально-экономических процессов бесценен опыт ученых РАН по построению разнообразных моделей, как по применяемому математическому аппарату, так и по форме математических зависимостей [6]. Существенный вклад в изучение активных систем внесли и работы по когнитивному моделированию. В будущем перспективными могут стать исследования, основанные уже на композиции когнитивной методологии [1,2,3] и системной динамики. [5,6,8] И первые шаги в этом направлении авторами статьи уже были сделаны. Например, построена когнитивная модель реги-

3. Методика исследования рынка труда с использованием когнитивного и динамического моделирования

Учитывая имеющийся задел авторов по когнитивному и динамическому моделированию социально-экономических процессов, разрабатывается методика оценки региональных рынков труда. В основе методики будет работа не только на когнитивной модели G «Региональная система» (рис. 1), но и сценарный анализ на динамической модели межрегионального развития, которая позволяет моделировать миграционные потоки между регионами. [5] Таким образом, композиция когнитивного подхода с методологией системной динамики позволит строить долгосрочные прогнозы конъюнктуры рынка труда с учетом миграции и проводить качественный анализ ситуации на региональных рынках труда, устанавливая причинно-следственные связи и способствуя принятию грамотных управленческих решений, в том числе по регулированию трудовой миграции на уровне регионов.

Литература

1. ГОРЕЛОВА Г.В., ДРОКИНА К.В. Когнитивное представление концепций занятости населения // Известия ЮФУ. Тематический выпуск: Информационные и гуманитарные технологии в управлении экономическими и социальными системами. № 11 (124), ноябрь 2011. – С. 167-174 2
2. ГОРЕЛОВА Г.В., ЖМИНЬКО А.Е., ЛЯХОВЕЦКИЙ А.М. *Моделирование рынка труда: комплексный подход* // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 5: Экономика. Вып. № 3 (104), 2012. 3
3. ГОРЕЛОВА Г.В., МАСЛЕННИКОВА А.В. *Имитационное моделирование на основе когнитивной методологии и системной динамики, анализ системы «Юг России»* // Системный анализ в экономике – 2012. Секция 2 / Материалы научно-практической конференции. Москва, 27-28 ноября 2012 г. – М.: ЦЭМИ РАН, 2012 – С. 50-65 6
4. ГРАНБЕРГ А.Г. *Основы региональной экономики: учебник для вузов*. Гос. Ун-т – Высшая школа экономики. – 5-е изд. [стер.]. – М. Изд.дом ГУ ВШЭ, 2006. – 495 с. 8

5. МАСЛЕННИКОВА А.В. *Динамическая модель межрегионального развития РФ для исследования стратегий управления социально-эколого-экономическими региональными процессами* // Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD'2010): Труды Четвертой международной конференции (4-6 октября 2010 г., г. Москва, Россия). Том II. – М.: Учреждение Российской академии наук Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, 2010. – С. 346-352 11
6. *НОВАЯ ПАРАДИГМА РАЗВИТИЯ РОССИИ (Комплексные исследования проблем устойчивого развития) / Под ред. В.А. Коптюга, В.М. Матросова, В.К. Левашова.* Второе издание. - М.: Издательство «Академия», Иркутск: РИЦ ГП «Облинформпечать», 2000. - 460 с. 14
7. С.Н. ИСАЕВ, Н.В. ТИХОМИРОВА, Г.В. ГОРЕЛОВА, А.В. МАСЛЕННИКОВА, С.А. ХЛЕБНИКОВА. *Разработка стратегий социально-экономического развития муниципальных образований: монография.* – М.: Автономная некоммерческая организация высшего профессионального образования «Евразийский открытый институт», 2015. – 176 с. 15
8. ФОРРЕСТЕР ДЖ. *Мировая динамика.* - М.: Наука, 1978. – 167 с. 16

РАЗВИТИЕ ТЕХНОЛОГИИ КОГНИТИВНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ НА ОСНОВЕ СИСТЕМЫ STRICE-M¹⁷

Макаренко Д.И., Порцев Р.Ю.
(ИПУ им.В.А.Трапезникова РАН, Москва)
dim@ipu.ru, poruss@mail.ru

Обнаружено, что в области когнитивного моделирования известные варианты постановки задачи прогнозирования посредством имитационного моделирования несут в себе ряд ограничений и трудностей для практики. В ходе развития технологии когнитивного моделирования и управления развитием ситуаций CASC найден ряд решений, направленных на ослабление этих ограничений. Эти решения воплощаются в системе Strice-M.

Ключевые слова: когнитивное моделирование, имитационное моделирование, задача прогнозирования.

1. Введение

В ходе исследований и практических работ в области когнитивного моделирования было обнаружено, что известные формально корректные варианты постановки базовой задачи прогнозирования посредством имитационного моделирования несут в себе ряд ограничений и трудностей для практики. При этом конфликт формальных свойств задачи с практикой, грубо говоря, означает, что имитационное моделирование в рамках базовой задачи вычисляет лишнее, требует лишнего, ограничивает способы воздействия извне, не учитывает возможности использовать знания о предыстории, часто доступные на практике, не учитывает типовых вопросов, возникающих у аналитиков, и др.

¹⁷ Работа выполнена при частичной поддержке РФФИ (грант 14-07-00961а).

В технологии когнитивного моделирования и управления развитием ситуаций CASC найден ряд решений, направленных на ослабление ограничений базовой постановки задачи. Эти решения воплощаются в системе Strice-M.

2. Решения, связанные с интерпретацией шкал

Проведенные теоретические анализы рисков из-за человеческого фактора при составлении модели ситуации на основе когнитивной карты [1], а также – анализ квалификации, профессиональных знаний и интересов разных категорий пользователей систем когнитивного моделирования привели к более умеренным требованиям к моделирующему персоналу. Один из аспектов развития технологии CASC, заложенный в систему Strice-M, связан с проблемой **безразмерных шкал**.

Настоятельной рекомендацией в Strice-M является интерпретация границ шкал отдельных факторов для снятия неопределенности масштабов этих шкал и, соответственно, масштабов шкал весов влияний. Возможна также дополнительная интерпретация отдельных опорных точек исходной дискретной шкалы, если она известна; в частности, это может иметь место при рекомендуемой оценке весов каких-то влияний посредством прямого вычисления как передаточных коэффициентов по опорным точкам двух шкал, как это выполняется в системе «Канва» [2].

Прежде всего, пользователю предоставляется выбор варианта интерпретации приращений переменных в формальной модели: либо как тенденций (скоростей изменения), либо как скачков (однократных изменений) значений факторов, в зависимости от динамики моделируемой исходной ситуации.

В Strice-M в качестве базовой шкалы для каждого из факторов принимается его шкала относительных значений, т.е. значение, относительно которого ищется прогноз, принимается за условный 0.

Если приращения интерпретируются как скачки значений, то максимальное положительное значение приращения для фактора X , $\Delta X = 1$, может интерпретироваться как скачок от 0 до $X_{\text{макс}}$. Если же приращения интерпретируются как тенденции, то максимальное положительное значение приращения для фактора X , $\Delta X = 1$, может интерпретироваться как такая скорость роста значения X , что $X_{\text{макс}}$ из

точки «относительный 0» достигается «почти сразу»: за 1 такт модельного времени.

Наличие индивидуальных базовых шкал с интерпретированными краями, сопоставляемых отдельным факторам, позволяет применять относительно простой способ оценки весов влияний. Так, положительный вес влияния фактора X на фактор Y численно может быть выражен как положительное приращение фактора Y , которое является следствием максимального положительного приращения фактора X в отсутствие других влияний на Y , $\Delta Y |_{\Delta X = 1}$.

3. Решения, связанные с изменением базовой схемы

В технологии CASC базовая схема решения целевой задачи прогнозирования, которая лежит в основе систем «Ситуация» [4] и Strice [3, глава 2.3], в целом сохраняется и в Strice-M, но имеются изменения в задаче построения модели ситуации и значительно модифицируется задача идентификации начальных данных для имитационного моделирования.

В Strice-M задача построения карты дополняется подзадачей интерпретации границ (и опорных точек) шкал факторов. Составителю карты рекомендуется выполнять эту подзадачу перед расстановкой весов влияний в карте.

Задача идентификации начальных данных в Strice-M включает в себя следующие этапы:

- выбор варианта интерпретации приращений переменных,
- подбор подходящей постановки задачи для моделирования,
- уточнение состава начальных данных для моделирования.

Во-первых, предоставляется выбор варианта интерпретации приращений переменных либо как тенденций, либо как скачков значений, как это было обозначено выше.

Во-вторых, в зависимости от типа приращений подбирается задача, решаемая посредством моделирования. Для скачков – это построение сценария развития ситуации под воздействием скачкообразного изменения величин некоторых факторов, а для тенденций – это определение тенденций развития для целевых факторов, исходя из известных (определяющих) тенденций.

Наконец, рассматриваются три типа исходных ситуаций: равновесное (стабильное, устойчивое) состояние зависимых переменных

карты; устойчивое развитие; переходный процесс (без смещения скачков и тенденций).

В зависимости от принятого решения для уточнения начальных данных могут быть применены те или иные правила с использованием известного приема технического обнуления некоторых начальных данных, которые неизвестны, но заведомо не могут повлиять на искомый результат моделирования.

В случае стабильной ситуации задаются скачки значений только по набору входных факторов, подверженных внешнему воздействию. По остальным факторам по умолчанию устанавливается 0, интерпретируемые как значения факторов не меняются.

В случае устойчивого развития ситуации задаются тенденции только по набору входных факторов. По остальным факторам по умолчанию устанавливается 0.

Тем самым ослабляется требование по составу начальных данных для имитационного моделирования, означающее необходимость инициации всех переменных модели.

Литература

1. АБРАМОВА Н.А. *Экспертная верификация при использовании формальных когнитивных карт. Подходы и практика / Управление большими системами. Выпуск 30.1 «Сетевые модели в управлении»*. М.: ИПУ РАН, 2010. С. 371 – 410.
2. КУЛИНИЧ А.А. *Компьютерные системы моделирования когнитивных карт: подходы и методы / Проблемы управления*. М.: ИПУ РАН, 2010. №3. С. 2 – 16.
3. МАКАРЕНКО Д.И., ХРУСТАЛЕВ Е.Ю. *Концептуальное моделирование военной безопасности государства*. М.: Наука, 2008. – 304 с.
4. МАКСИМОВ В.И., ГРИГОРЯН А.К., КОРНОУШЕНКО Е.К. *Программный комплекс «Ситуация» для моделирования и решения слабоформализованных проблем / Международная конференция по проблемам управления. Т.2. Избранные труды*. М.: ИПУ РАН, 1999. С. 58 – 65.

ПРИМЕНЕНИЕ ОНТОЛОГИЙ ДЛЯ КОГНИТИВНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ЭНЕРГЕТИКЕ¹⁸

Массель А.Г., Тюрюмин В.О.

(Институт систем энергетики

им. Л.А. Мелентьева СО РАН, Иркутск)

amassel@gmail.com, vadim.tyuryumin@gmail.com

В статье предложено использовать онтологическое пространство знаний при когнитивном моделировании в энергетике. Описаны основные классы концептов когнитивных моделей. Приводится описание механизма агрегирования и детализации описания концептов с использованием иерархий классов концептов и их атрибутов.

Ключевые слова: онтологии, когнитивное моделирование, семантическое моделирование, энергетическая безопасность.

1. Введение

В Институте систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН ведутся комплексные исследования систем энергетики, важную роль в которых играют исследования проблем энергетической безопасности (ЭБ). Эти исследования подразумевают проведение анализа причин реализации, вариантов протекания и способов ликвидации угроз ЭБ – условий и факторов, создающих экстремальные ситуации в системах энергетики (СЭ). В лаборатории Информационных технологий в энергетике для описания таких ситуаций предлагается использовать методы и средства семантического моделирования, к которым относятся онтологическое, когнитивное, событийное и вероятностное (на основе байесовских сетей доверия) моделирование [5].

¹⁸ Работа выполняется при частичной финансовой поддержке грантов РФФИ №14-07-31268, №14-07-00116, №15-07-01284, №15-57-04074 Бел мол а, №16-07-00474, а также гранта Программы Президиума РАН №229.

2. Онтологический инжиниринг когнитивного моделирования

В исследованиях проблем ЭБ когнитивные карты описывают причинно-следственные связи между концептами при моделировании угроз ЭБ. В настоящее время существует ряд проблем, связанных с описанием реализации угроз ЭБ в энергетических системах с помощью когнитивных карт, которые возникают из-за отсутствия четких правил построения таких моделей и приводят к некоторым трудностям:

1) со стороны экспертов: затруднения при коллективной экспертной деятельности специалистов-энергетиков, возникающие при построении, восприятии и верификации когнитивных моделей;

2) со стороны разработчиков программно-инструментальных средств моделирования: трудно реализуемая задача автоматизации перехода от когнитивного моделирования к другим семантическим моделям [6].

Существуют работы по верификации когнитивных карт [1-4], имеющие универсальный характер. Вместе с тем, в связи со спецификой предметной области – исследований систем энергетики, требуется проведение исследований, имеющих более узкую, предметную направленность, дополняющие упомянутые работы. Авторами предлагается использовать методы и средства онтологического инжиниринга, которые позволят выявить и зафиксировать: основные классы сущностей (концептов когнитивных моделей) в описании взаимодействующих процессов в энергетических системах и отношения между этими классами; совокупность свойств, которые определяют их изменение и поведение во времени (технико-экономические характеристики объектов и систем энергетики, их ограничения и веса связей в моделях); правила классификации, поведения и взаимодействия концептов семантических моделей [7]. Интеграция разрабатываемых онтологий когнитивного моделирования и системы онтологий энергетики позволит создать единое семантическое описание пространства знаний, которое включает понятийный аппарат и классификаторы концептов когнитивных моделей (таких, как принадлежность объектов энергетики к энергосистеме, региону; классификация по производимому энергоресурсу и другие). Предметные онтологии энергетики содержат детализированную информацию о технико-

экономических характеристиках объектов и их ограничениях и связаны с концептами когнитивных моделей, благодаря чему возможно автоматизировать извлечение этой информации при добавлении соответствующих концептов. Предлагаемая авторами схема интеграции онтологий когнитивного моделирования и предметных онтологий (в области энергетики) представлена в виде схемы на рисунке 1.

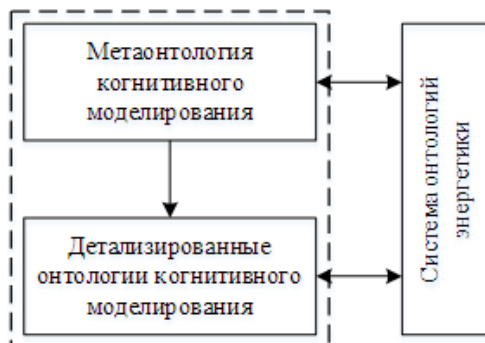


Рис. 1. Схема интеграции онтологических моделей

В соответствии с предлагаемой схемой определен список базовых концептов и отношений между ними при когнитивном моделировании угроз ЭБ:

- 1) объект топливно-энергетического комплекса (ТЭК): объект ТЭК или их совокупность рассматриваются как часть более крупной энергосистемы;
- 2) угроза ЭБ;
- 3) управляющее воздействие: мероприятия, предотвращающие и/или смягчающие последствия реализации угрозы ЭБ;
- 4) ресурсы: обобщенное понятие, обозначающее всякого рода ресурсы, присутствующие или направленные в ТЭК;
- 5) фактор: с точки зрения энергетики, процесс или явление, направленное на изменение ситуации в ТЭК.

Результатом данного этапа инжиниринга является метаонтология, графически представленная на рисунке 2.

Далее разрабатываются детализированные онтологии, которые, в совокупности с онтологиями энергетики, раскрывают каждый из приведенных классов концептов, определяя иерархическую струк-

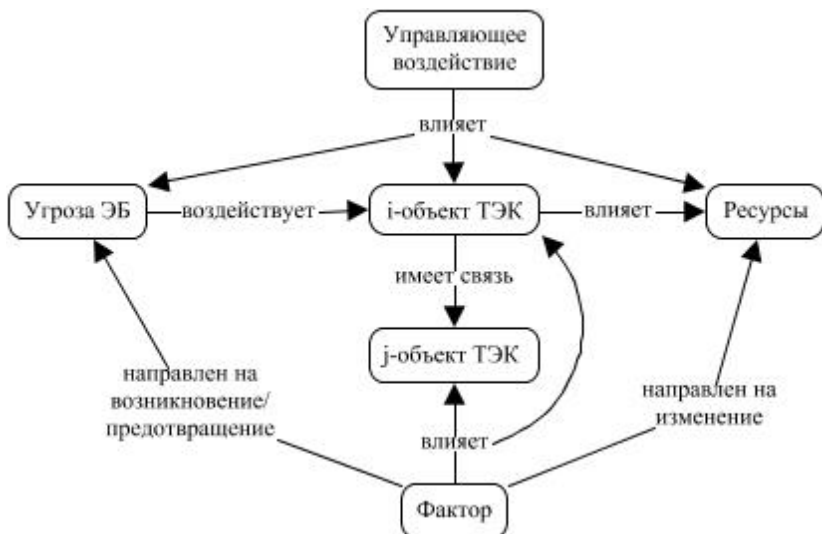


Рис. 2. Метаонтология когнитивного моделирования

туру подчиненности концептов, что используется как для описания принадлежности объектов к энергосистемам, так и описания самих объектов ТЭК, их характеристик и ограничений. Таким образом создается иерархия концептов вида: энергосистема – объект – характеристики (применимо к любому базовому классу концептов), что, в сочетании с другими классификаторами, принятыми в энергетике, позволяет проводить агрегирование или, наоборот, детализацию описания концептов, совместно рассматривать концепты разных уровней в рамках единой онтологической системы, обеспечивая, тем самым, повышение уровня интеграции информации в моделях и четкие правила их построения. Указанные обстоятельства служат основой для преодоления трудностей, связанных с построением и восприятием когнитивных моделей экспертами и автоматизацией перехода к семантическим моделям других видов (событийным и вероятностным).

2. Заключение

В статье рассмотрено использование онтологического пространства знаний при когнитивном моделировании в энергетике. Авторами предлагается создание онтологической системы, интегрирующей онтологии когнитивного моделирования и предметные

онтологии (в области энергетики). Разработка такой системы направлена на создание классификаторов концептов и выработку правил построения когнитивных моделей для облегчения их восприятия экспертами и автоматизированного перехода к другим видам семантического моделирования.

Литература

1. АБРАМОВА Н.А. *Экспертная верификация при использовании формальных когнитивных карт. Подходы и практика // Управление большими системами. Специальный выпуск 30.1 «Сетевые модели в управлении»*. – М.: ИПУ РАН, 2010. С. 371-410.
2. АБРАМОВА Н.А., ВОРОНИНА Т.А., ПОРЦЕВ Р.Ю. *О методах поддержки построения и верификации когнитивных карт с применением идей когнитивной графики // Управление большими системами. Специальный выпуск 30.1 «Сетевые модели в управлении»*. – М.: ИПУ РАН, 2010. С. 411-430.
3. АБРАМОВА Н.А., КОВРИГА С.В. *Некоторые критерии достоверности моделей на основе когнитивных карт // Проблемы управления*. – 2008. – №6. – С. 23-33.
4. КУЛИНИЧ А.А. *Верификация когнитивных карт на основе объяснения прогнозов // Управление большими системами. Специальный выпуск 30.1 «Сетевые модели в управлении»*. – М.: ИПУ РАН, 2010. С. 453-469.
5. МАССЕЛЬ Л.В., МАССЕЛЬ А.Г. *Семантические технологии на основе интеграции онтологического, когнитивного и событийного моделирования / Материалы III междунар. науч.-тех. конф. «OSTIS-2013»*. – Беларусь, Минск: БГУИР, 2013. – С. 247-250.
6. МАССЕЛЬ А.Г., ТЮРЮМИН В.О. *Интеграция семантических моделей в исследованиях проблем энергетической безопасности / Известия Томского политехнического университета*. – № 5. Т.324. – 2014. С. 70-78.
7. ЧЕРНЯХОВСКАЯ Л.Р., ФЕДОРОВА Н.И. *Ситуационный подход к управлению взаимодействием сложных процессов на основе онтологического инжиниринга / Труды XX Байкальской Всероссийской конф. «Информационные и математические технологии в науке и управлении»*. Т.3. – Иркутск: ИСЭМ СО РАН, 2015. – 261 с.

ОБ ОДНОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ ПО ИСТОЧНИКАМ ОШИБОК В КОГНИТИВНЫХ КАРТАХ

Порцева Е.Ю.¹, Резвякова А.А.²

(1 – ИППУ им. В.А.Трапезникова РАН, Москва;

2 – Всероссийская академия внешней торговли, Москва)

portsek@gmail.com, nasssstya@gmail.com

Для выявления источников типовой ошибки ложной транзитивности в когнитивных картах был проведён эксперимент с участием 35 студентов разных вузов. Анализ результатов свидетельствует, что значимым источником ошибки является естественное свойство человеческого мышления, не учитываемое в традиционном методе построения карт.

Ключевые слова: когнитивное моделирование, когнитивная карта, ложная транзитивность, эксперимент

1. Введение

В последние годы расширяется круг пользователей методологии когнитивного моделирования, обнаруживающих ее привлекательность при решении разнообразных прикладных задач. В то же время выявляются разные виды типовых ошибок при построении когнитивных карт. К ним относится типовая ошибка ложной транзитивности. Примером является неправдоподобный косвенный вывод: *рост доступа производителей к внешним газопроводам* (фактор 3) влечет *рост объема добычи газа* (фактор 2), и через (2) – *снижение дефицита газа в стране* (фактор 1).

Логическая природа ошибок такого рода, опирающаяся на логику понятий, установлена ранее [1]. В примере выше проблема – в промежуточном понятии *объем добычи газа*, которое является несоразмерно общим (иначе, недоопределенным) относительно понятия (1) как его контекста. Однако до недавнего времени открытыми или некорректно решаемыми являлись вопросы, кто и в чем «виноват»; в чьих знаниях нужна коррекция.

Для ответа на эти вопросы представляется целесообразным исследовать когнитивные аспекты процесса построения когнитивной

карты конкретными людьми в условиях, когда возникновения ложной транзитивности можно ожидать за счет сомнительных промежуточных понятий [1,2]. Именно этой цели посвящен представленный эксперимент.

2. Описание эксперимента

Эксперимент имел дело с идентификацией реального влияния причинно-следственного влияния, которое фактически оказывается слишком «узким» по отношению к заданной паре понятий факторов, так что понятие фактора-причины оказывается несоразмерно общим (иначе, недоопределенным) относительно понятия-следствия как его контекста. Был взят известный пример с парой факторов (2)→(1), упомянутый выше.

Каждого участника эксперимента индивидуально просили оценить, есть ли зависимость *дефицита газа в стране* от *объема добычи газа*:

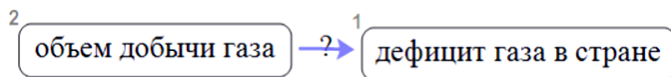


Рис. 1. Визуальное представление вопроса

Рекомендовалось отвечать быстро, и отмечалось, что разные точки зрения будут учтены при моделировании ситуации.

Уточнено, что зависимость есть, если **рост** *объема добычи газа* влечет **снижение** *дефицита газа в стране*, и **снижение** *объема добычи газа* влечет **рост** *дефицита газа в стране*.

Отметим, что, строго говоря, «зависимостью» для простоты общения названа положительная монотонная причинно-следственная зависимость (возможны и другие виды). Кроме того, в вопросах такого сорта по умолчанию подразумевается, что могут быть и другие влияния на фактор-следствие, помимо рассматриваемого. Тем самым, вопрос подразумевает, что отвечающий умеет как-то абстрагироваться от других влияний и их изменений (по соображениям типа «при прочих равных»). Однако основная «ловушка» в вопросе состоит в том, что понятие фактора 2 является несоразмерно общим относительно 1, или иначе, – недоопределенным в своем названии [1].

Проблема связана с подразумеваемым двузначным ответом: *да \ нет* – на поставленный вопрос. Формально, отрицательный ответ означает, что никакого причинно-следственного влияния (2) на (1) вообще нет, т.е. фактически имеющееся, хотя и относительно узкое влияние упущено. А ответ *да* создает риск ложной транзитивности через некоторые влияния на фактор (2).

Основная гипотеза эксперимента, определенная в [1], связана с естественной способностью человеческого мышления, которая может быть названа **адаптацией понятий к конкретному контексту** или, в типичном случае, к их сужению. Эта способность, так или иначе известная в психологии и когнитивной лингвистике, срабатывает автоматически, часто неосознанно. Гипотеза состоит в том, что именно такая естественная адаптация понятий, неосознаваемая человеком, может стать причиной положительного ответа на вопросы такого рода.

В эксперименте были опрошены студенты разных вузов: 13 – из МАИ, 5 – из РАНХиГС, 5 – из УдГУ, 3 – из ВВАТ, 2 – из ИжГТУ, 6 – из других вузов, как технических, так и гуманитарных специальностей. В основном, это были студенты 3-го курса.

3. Обработка результатов эксперимента. Выводы

Полученные результаты опроса обработаны под руководством Н.А.Абрамовой с привлечением моделей из [1, 2]. Из 35 ответов отобраны только те 26, которые содержат явный ответ *да* или *нет*, и приводимые мотивации ответов, если они есть, не содержат грубых ошибок и прямо относятся к вопросу.

• Практически во всех ответах имела место автоматическая адаптация исходных понятий к контексту, которую можно представлять как замену понятий, явную или по умолчанию. Выделяются следующие замены, обозначенные значком \Rightarrow :

1. «объем добычи газа» \Rightarrow «объем добычи газа *в стране*» – в языковом контексте «дефицит газа *в стране*»;

2. «в стране» \Rightarrow «у нас» – в прикладном контексте (дефицит преодолевается добычей, а не покупками);

3. «добыча газа в стране» \Rightarrow «добыча газа для *внутреннего потребления*» – в контексте «дефицит газа у нас в стране» (без учета добычи на продажу).

Замена 1 имела место во всех ответах; 2 – в большинстве ответов, при альтернативной замене на «в некоторой стране» (при разных источниках газа в странах) – в 5 из 35 ответов. Критическая замена 3, создающая риск ошибки, обнаружена не менее, чем в 11 из 23 четко интерпретируемых ответов.

- Несоразмерная общность критического понятия 2, не учитывающего *добычу газа для экспорта*, явно проявилась в 9 из тех же 23 ответов в разных формах когнитивного диссонанса.

- По крайней мере, у 5 участников когнитивный диссонанс вызвало осознание наличия иных факторов влияния на (1), помимо (2), и он препятствовал отдельной оценке влияния (2).

- Общий вывод состоит в необходимости пересмотра традиционного метода построения когнитивных карт, основанного на упрощенных представлениях о мышлении составителей карт.

Литература

1. АБРАМОВА Н.А. *Когнитивный подход к проблеме достоверности идентификации в когнитивном моделировании* / Доклад на этой конференции.
2. АБРАМОВА Н.А. *The cognitive approach to the problem of identification validity in cognitive mapping* / 8th IFAC Conference on Manufacturing Modelling, Management and Control MIM 2016. – IFAC-PapersOnLine, Vol. 49, Issue 12, 2016. – Pp. 586-591.

Научное издание

**Теория активных систем
(ТАС-2016)**

**Труды международной
научно-практической конференции**

*Под общей редакцией чл.-корр. Д.А. Новикова,
д.т.н. В.Н. Буркова*

В печать от 29.12.2016

Формат 60×90/16. Усл. печ. л. 25,25

Тираж 100. Заказ 229

117997, Москва, Профсоюзная, 65
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова
Российской академии наук
www.ipu.ru