

Российская академия наук
Национальный комитет по автоматическому управлению
Научный совет по теории управляемых процессов и автоматизации
ОЭММПУ РАН
Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН
Министерство образования и науки Удмуртской Республики
Удмуртский государственный университет
Удмуртский НОЦ ПУ (на базе УдГУ)
Волгоградский НОЦ ПУ (на базе ВолГУ)
Воронежский НОЦ ПУ (на базе ВГАСУ)
Инновационный НОЦ ПУ (на базе МАИ)
Казанский НОЦ ПУ (на базе КГТУ-КАИ)
Курский НОЦ ПУ (на базе КГТУ)
Липецкий НОЦ ПУ (на базе ЛГТУ)
НОЦ «Системный анализ в управлении» (на базе МИФИ)
Пермский НОЦ ПУ (на базе ПГТУ)
Самарский НОЦ ПУ (на базе СГАУ)
Тверской НОЦ ПУ (на базе ТГТУ)
Старооскольский НОЦ ПУ (на базе СТИ)
Удмуртский Совет ИТ-директоров
Институт логики, когнитологии и развития личности РАН

**VI Всероссийская
школа-семинар
молодых ученых**
Управление большими системами
посвящается памяти А.А. Маркова

Том 2



31 августа – 5 сентября 2009
г. Ижевск

УДК 007

VI Всероссийская школа-семинар молодых ученых «Управление большими системами»: Сборник трудов. – Т2.- Ижевск: ООО Информационно-издательский центр «Бон Анца», 2009. – 414 с.

Во второй том сборника трудов включены научные статьи молодых ученых по фундаментальным основам теории управления, вопросам управления организационными и социально-экономическими системами, управлению качеством.

ISBN 978-5-903140-58-9

Научное издание осуществлено при поддержке РФФИ
грант № 09-07-06039г

© Авторы, постатейно, 2009
©ООО ИИЦ «Бон Анца»
(оформление обложки, верстка)

VI Всероссийская школа-семинар молодых ученых «Управление большими системами» организована Институтом проблем управления РАН, сетью Научно-образовательных центров проблем управления и Удмуртским государственным университетом, совместно с рядом ведущих научно-исследовательских институтов и вузов России, с целью развития и пропаганды достижений теории и практики управления большими системами, методов системного и логического анализа таких систем.

Девиз школы:

Наука без молодых – трагедия,
Наука без стариков – комедия.
(С. Кабулов, академик Узбекистана)

Школа посвящается памяти выдающегося русского математика Андрея Андреевича Маркова, основателя конструктивного направления в математике.



Особенностью школы является то, что все приглашенные докладчики – эксперты №1 по своему направлению по меньшей мере в России. Поэтому школа с необходимостью носит междисциплинарный характер.

Целью школы является передача молодому поколению уникальных умений и знаний ведущих экспертов, не представленных в стандартных публикациях и легче всего воспринимаемых при личном контакте.

ОБЩЕЕ РУКОВОДСТВО

Васильев С.Н., академик РАН (Москва, ИПУ РАН),
Непейвода Н. Н., д.ф.-м.н., проф. (Ижевск, УдГУ).

ПРОГРАММНЫЙ КОМИТЕТ

Новиков Д.А., д.т.н., проф. (Москва, ИПУ РАН) — сопредседатель,
Непейвода Н.Н., д. ф.-м.н., проф. (Ижевск, УдГУ) — сопредседатель,
Петров Н. Н., д.ф.-м.н., профессор (Ижевск, УдГУ) — зам. председателя,

Родионов В. И., к.ф.-м.н., доцент (Ижевск, УдГУ) — зам. председателя,
Баркалов С.А., д.т.н., проф. (Воронеж, ВГАСУ),
Бельтюков А. П., д.ф.-м.н., проф. (Ижевск, УдГУ),
Блюмин С. Л., д.ф.-м.н., проф. (Липецк, ЛГТУ),
Бурков В.Н., д.т.н., проф. (Москва, ИПУ РАН),
Вольфенгаген В. Э., д.т.н., проф. (Москва, МИФИ)
Воронин А.А., д.ф.-м.н, проф. (Волгоград, ВолГУ),
Еременко Ю.И., д.т.н., проф. (Старый Оскол, СТИ),
Ильясов Б.Г., д.т.н., проф. (Уфа, УГАТУ),
Исламов Г. Г., д.ф.-м.н., проф. (Ижевск, УдГУ),
Засканов В.Г., д.т.н., проф. (Самара, СГАУ),
Кудинов Ю.И., д.т.н., проф. (Липецк, ЛГТУ),
Кузнецов В.Н., д.т.н., проф. (Тверь, ТГТУ),
Минаев Э.С., д.э.н., проф. (Москва, МАИ),
Омельченко И.Н., д.т.н., проф. (Москва, МГТУ),
Петров А. Е., д.т.н., проф., акад. РАЕН (Дубна, университет),
Погодаев А.К., д.т.н., проф. (Липецк, ЛГТУ),
Сидельников Ю.В., д.т.н., проф. (Москва, ИПУ РАН),
Сиразетдинов Р.Т., д.т.н., проф. (Казань, КГТУ),
Смирнов А. В, к.ф.н. (Москва, Институт логики, Alt-Linux),
Смолянинов В. В., д.ф.-м.н., проф. (Москва, ИМАШ),
Столбов В.Ю., д.т.н., проф. (Пермь, ПГТУ).

ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ (e-mail: ubs2009@udsu.ru)

Непейвода Николай Николаевич, д.ф.-м.н., проф. — председатель,
Маслов Сергей Геннадьевич, к.т.н., доц. — зам. председателя, ученый секретарь Оргкомитета.
Бабич Олег Всеволодович, программные средства
Банников Александр Сергеевич, техническая поддержка
Бегунов Илья Александрович, организация культурной программы
Дунаев Дмитрий Александрович, интеграция статей и верстка
Клочков Михаил Аркадьевич, к.ф.-м.н., организация заседаний
Логов Алексей Генрихович, техническая поддержка
Непейвода Антонина Николаевна, студенческая группа
Родионова Алла Григорьевна, к.ф.-м.н. научный редактор
Сивков Дмитрий Анатольевич, к.ф.-м.н., подготовка технических средств
Трофимов Николай Иванович, дизайнерская подготовка материалов
Федорова Екатерина Владимировна, сайт школы

СОДЕРЖАНИЕ		5
<i>Аверина Т.А., Кузовлев А.В.</i> Управление рисками в организациях инновационного типа.....		8
<i>Али З.М., Маликов А.И.</i> Н ^о -методы синтеза робастного регулятора энергетической системы.....		14
<i>Али З.М., Маликов А.И.</i> Обеспечение устойчивости энергетической системы с помощью нечеткого регулятора.....		26
<i>Алькдироу Р.Х., Мыльников Л.А.</i> Подход к прогнозированию перспектив развития инновационных проектов на основе инновационной кривой.....		38
<i>Андреева С.М.</i> Инвестирование в инновационном развитии.....		48
<i>Астапов С.В., Богатырев В.Д.</i> Уравнение взаимосвязи основных экономических показателей промышленного комплекса.....		52
<i>Баймуратова Р.Р.</i> Управление организационными и социально-экономическими системами на основе модели и алгоритма корректировки бюджетов.....		59
<i>Баркалов С.А., Павлов П.В., Шакина Т.С.</i> Планирование действий механизмов финансовой стабилизации предприятия на основе модели направленности индикаторов безопасности.....		68
<i>Белоусов В.Е., Добросоцкая И.В., Иванникова Ю.С.</i> Организация процесса обучения в техническом университете на основе компетентности модели.....		80
<i>Белоусов В.Е., Шайкин А.С., Иванникова Ю.С.</i> Определение контингента обучаемых по направлениям подготовки технического университета.....		90
<i>Бельтюков А.П., Маслов С.Г.</i> О построении и использовании терминологической системы.....		95
<i>Богатырева Е.В., Богатырева Л.В.</i> Особенности государственной политики в сфере пенсионного обеспечения в регионах.....		99
<i>Бузун А.С., Ибрагимов И.И.</i> Создание симуляторов с использованием кроссплатформенных средств программирования.....		104
<i>Гилимьянов Р.Ф.</i> Покомпонентный метод сглаживания кривизны траекторий в задачах планирования пути для колесных роботов.....		108
<i>Глухих И.Ю., Рубцова Ю.Ф.</i> Модель ограничения коррупционного поведения должностных лиц государственных органов в задаче распределения ресурсов		117
<i>Гришин А.В.</i> Экономико-математическая модель динамики функционирования инновационного предприятия.....		134

<i>Губанов Д.А., Новиков Д.А.</i> Нечеткие модели влияния в социальных сетях.....	141
<i>Гусев С.С.</i> Алгоритм идентификации динамического объекта с учетом априорно известной области параметров объекта управления.....	146
<i>Гуторов Д.А.</i> Автоматический синтез структуры программного комплекса: через построение обобщающей аксиоматической теории предметной области.....	154
<i>Иванов Е.Б.</i> Оценка экономической эффективности внедрения экспертных систем в металлургических процессах.....	160
<i>Ильиных Н.А.</i> Модель системы управления качеством дополнительного профессионального образования на основе компетентностного подхода.....	165
<i>Искаков М.Б., Павлов П.А.</i> Решение задачи пространственной конкуренции Хотеллинга на прямой.....	172
<i>Киреева Е.А.</i> Психологические аспекты взаимодействия участников строительного проекта в процессе коммуникационных отношений.....	183
<i>Киреева Е.А., Шумарин В.В.</i> Нематериальное стимулирование работников.....	188
<i>Кобякова Н.Г.</i> Глобальный финансовый кризис: управление инфраструктурными проектами.....	192
<i>Ковалева С.В., Малаева А.С., Латынов И.М.</i> Анализ альтернативных оптимальных базисных решений в задачах линейного программирования.....	207
<i>Kovrygin P. V.</i> Fluidics in control of flight vehicles.....	209
<i>Ковтун Н.И.</i> Перспективы построения виртуальной организации для управления системой АПК на основе применения агентно-ориентированного подхода.....	230
<i>Кондрашова А.А., Кузнецов А.И.</i> Эволюция систем управления организацией в связи с изменениями бизнес-среды.....	238
<i>Королев А.С.</i> Параметрическая идентификация моделей с использованием распределённых вычислений.....	243
<i>Крафт Л.Н., Шайкин А.С.</i> Теоретическое обоснование содержания и структуры учебного плана третьего поколения образовательных стандартов.....	250
<i>Кузнецов Л.А., Тищенко А.Д.</i> Система морфологического анализа.....	263
<i>Кузнецов Л.А., Фарафонов А.С.</i> Подход к смысловому сравнению ответов обучаемых.....	268

<i>Макарова Е. А., Павлова А. Н.</i> Моделирование динамики макроэкономического кругооборота с учетом неравновесных условий рынка благ.....	274
<i>Мальков А.А., Кузнецов Г.В.</i> Оценка эффективности метода идентификации состояния интеллектуального агента.....	287
<i>Мальков А.А., Титов А.А.</i> Метод нечеткой кластеризации на основе критериальных оценок, суждений эксперта и технологии visual mining.....	301
<i>Мелькумова Е.М.</i> Управление риском портфельных инвестиций.....	313
<i>Москвичев С.С., Мунасыпов Р.А.</i> Поведенческий подход в робототехнике.....	319
<i>Муллагалиев М.Р.</i> Разработка математической модели предприятия для оценки эффективности внедрения аутсорсинга.....	331
<i>Попков П.Е.</i> Автоматизация лечебного процесса курорта «Красноусольск».....	341
<i>Поскребышев И.А., Кудрявцев А.А.</i> Проблемы информационной безопасности в гетеромасштабных системах управления.....	343
<i>Семенов Б.А., Леденева Т.М.</i> О взаимодействии целей в многокритериальных задачах.....	351
<i>Синюков А.В.</i> Разработка моделей и методов повышения эффективности управления стоимостью холдинга.....	360
<i>Ситникова А.Ю.</i> Применение спектрального анализа для выделения экономических циклов	366
<i>Смирнов С.В.</i> Решение задач формирования системы образовательных услуг округа при помощи ГИС	373
<i>Столбов В.Ю., Гитман М.Б.</i> Управление социально-техническими системами при заданной иерархии принятия решений.....	383
<i>Ханина Н.Ю.</i> Применение гибридных нейронечетких систем к моделированию процесса центрифугирования.....	407

Управление рисками в организациях инновационного типа

Аверина Т.А., Кузовлев А.В. (vigasu@rambler.ru)

Воронежский государственный архитектурно-строительный университет, г. Воронеж

Представление о системах, процессах и ситуациях невозможно без допущения некоторого воздействия посторонних факторов внутренней и внешней среды изучаемого явления, присутствие которых неизбежно в условиях неопределенности, присущей окружающему нас миру. При ведении любого вида деятельности нельзя не учитывать появление различных результатов, в той или иной степени отличающихся от запланированного по причине каких-либо событий. Неопределенность — это характеристика состояния объективной реальности в условиях неполной предсказуемости обстоятельств ее развития. Неопределенность обуславливается недостаточной информированностью о некоторых закономерных или случайных явлениях. Возможность возникновения в ходе реализации технического мероприятия неблагоприятных ситуаций и последствий приводит к отклонению фактических результатов от их расчетных значений. Риск как раз таки и характеризует возможность и размер отклонения от намеченной цели [4].

Происхождение термина «риск» восходит к греческим словам *ridsikon*, *ridsa* — утес, скала.

В итальянском языке *risiko* — опасность, угроза; *risicare* — лавировать между скал.

Во французском *risdoe* — угроза, рисковать (буквально: объезжать утес, скалу).

В словаре Ожегова «риск» определяется как «возможность опасности» или как «действие наудачу в надежде на счастливый исход».

Для предвидения, предотвращения рискованных ситуаций или же устранения негативных последствий уже свершившихся постоянно ведется работа по выявлению причин, потенциальных источников возникновения рисков и механизмов их регулирования. Для облегчения данной работы риски, обладающие общностью каких-либо характеристик, объединяют в группы.

Таким образом, существует множество классификаций рисков по различным признакам. Приведем примеры некоторых из них (рис. 1).

Рассмотрим подробнее инновационный риск. Инновационный риск — это вероятность потерь, возникающих при вложении предпринимательской фирмой средств в производство новых товаров (услуг), которые, возможно, не найдут ожидаемого спроса на рынке [1].

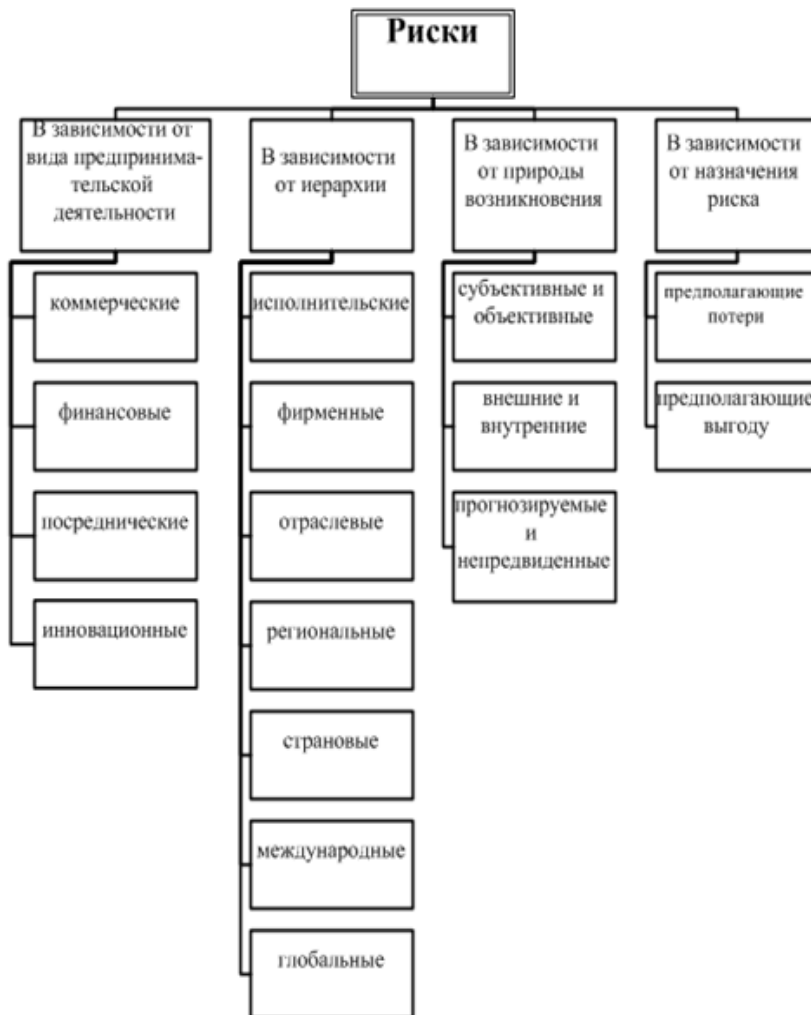


Рис. 1. Классификация рисков

Инновационный риск возникает при:

- внедрении более дешевого метода производства товара или услуги по сравнению с уже использующимся. (Подобные инвестиции будут приносить предпринимательской фирме временную сверхприбыль до тех пор, пока она является единственным обладателем данной технологии. В по-

добной ситуации фирма сталкивается лишь с одним видом риска — возможной неправильной оценкой спроса на производимый товар);

- создании нового товара (услуги) на старом оборудовании. (В этом случае к риску неправильной оценки спроса на новый товар или услугу добавляется риск несоответствия качества товара (услуги) в связи с использованием старого оборудования);

- производстве нового товара (услуги) при помощи новой техники и технологии. (В данной ситуации инновационный риск включает в себя риски того, что новый товар (услуга) может не найти покупателя);

- несоответствие нового оборудования и технологии необходимым требованиям для производства нового товара (услуги);

- невозможности продажи созданного оборудования, так как оно не подходит для производства иной продукции в случае неудачи.

Таким образом, на основе выявленных причин возникновения той или иной группы рисков и строятся соответствующие механизмы управления.

В современной литературе авторы по-разному подходят к обозначению способов воздействия на риск. Одни из них называют их методами уменьшения рисков, другие – методами нейтрализации. Встречаются также такие названия, как приемы управления рисками, факторы уменьшения риска, способы обработки риска. Несмотря на такое многообразие названий их можно структурировать в несколько групп [2]. Некоторые из этих подходов представлены в таблице 1.

Таблице 1

Методы	Классификация методов	Источник
1. Методы воздействия на риск	1. Снижение 2. Сохранение 3. Передача	Управление инновациями: В 3 кн. Кн. 2. Управление финансами в инновационных процессах: учеб. пособие / А.А. Харин, И.Л. Коленский, Н.Н. Пущенко, В.А. Старых; под ред. Ю.В. Шленова. – М.: Высш. шк., 2003.
2. Методы нейтрализации	1. Предотвращение риска 2. Распределение риска 3. Компенсация риска 4. Перевод риска	Боков В. В., Забелин П. В., Федцов В. Г. Предпринимательские риски и хеджирование в отечественной и зарубежной экономике: учеб. пособие / Академия русских предпринимателей. – М: ПРИОР, 1999.

Окончание таблицы 1

Методы	Классификация методов	Источник
3. Методы снижения риска	1. Уклонение 2. Распределение 3. Диверсификация 4. Локализация источников 5. Диссипация 6. Компенсация 7. Страхование 8. Хеджирование	Фатхудинов Р.А. Инновационный менеджмент: учебник для вузов. 5-е изд. – СПб.: Питер, 2007.
4. Методы управления риском	1. Отказ от совершенствования рисковых мероприятий 2. Предупреждение потерь 3. Страхование 4. Признание ущерба	Боков В.В., Забелин П.В., Федцов В.Г. Предпринимательские риски и хеджирование в отечественной и зарубежной экономике: учеб. пособие / Академия русских предпринимателей. – М: ПРИОР, 1999.

Наиболее интересный подход к управлению рисками представлен доктором технических наук, профессором, заместителем директора Института проблем управления Российской академии наук Новиковым Д.К. и докторантом Института проблем управления Российской академии наук Иващенко А.А. Они рассматривают механизмы управления рисками главным образом с точки зрения надежности и эффективности управления. Для данного случая стоит уточнить понятие риска. Риском называется характеристика состояния системы (последствия управленческого решения и т. д.), функционирующей в условиях неопределенности, описываемая совокупностью события, вероятности этого события и функции потерь.

Под надежностью механизма управления понимается его свойство, состоящее в способности обеспечивать принадлежность основных параметров системы, включающей как управляющий орган, так и управляемых субъектов, заданной области в процессе ее функционирования. Числовой характеристикой надежности механизма управления может служить вероятность выхода существенных параметров системы из допустимого множества при заданном управлении.

Предполагая, что имеется некоторая детерминированная система — активная или пассивная. В этой системе выделяют управляющий орган

и управляемый объект. Обозначив $y \in A$ — состояние управляемого объекта, $P(\sigma)$ — множество состояний этого объекта, зависящее от управляющего воздействия $\sigma \in M$, принадлежащего допустимому множеству M (при использовании управления σ управляемый объект оказывается в одной из точек множества $P(\sigma)$). Вводят на множестве $A \times M$ скалярный (для простоты) функционал $K(y, \sigma): A \times M \rightarrow \mathcal{R}^1$, который называют критерием эффективности функционирования системы. Критерий эффективности сопоставляет каждому значению пары «состояние — управление» действительное число, причем считается, что вид функционала $K(\cdot, \cdot)$ таков, что чем больше это число, тем «лучше». Величину

$$K(\sigma) = \max_{y \in P(\sigma)} K(y, \sigma) \quad (1)$$

называют эффективностью управления $\sigma \in M$ (эффективностью механизма управления).

Таким образом, для заданного управления $\sigma \in M$ существуют две характеристики: его эффективность $K(\sigma)$ и надежность (точнее — риск) $r(\sigma)$.

Задачу (двухкритериальную) синтеза управлений можно формулировать либо как задачу синтеза управления, имеющего максимальную эффективность при заданном уровне риска:

$$\begin{cases} K(\sigma) \rightarrow \max_{\sigma \in M} \\ r(\sigma) \leq r_0 \end{cases},$$

либо как задачу синтеза управления, минимизирующего риск при заданном уровне K_0 эффективности:

$$\begin{cases} r(\sigma) \rightarrow \min_{\sigma \in M} \\ K(\sigma) \geq K_0 \end{cases}.$$

Очевидно, что, если существует идеальное управление (эффективность которого максимальна при любом состоянии природы), то оно является оптимальным по всем приведенным выше частным критериям. С другой стороны, для решения, оптимального по одному из частных критериев, в общем случае может найтись такое состояние природы, при котором некоторое другое решение будет иметь строго большую эффективность. Таким образом, в рамках формальных моделей на сегодняшний день поиск универсального критерия, позволяющего объединить задачу

максимизации эффективности и задачу максимизации надежности [3], является крайне актуальным.

Список литературы

1. Балдин К.В., Барышева А.В., Ищенко М.М. и др. Инновационный менеджмент: учебное пособие / под ред. д.э.н. проф. Барышевой А.В. – М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К», 2007. – 384 с.

2. Куликова Е. Е. Управление рисками. Инновационный аспект. – «Бератор-Публишинг», 2008.

3. Новиков Д.А., Иващенко А.А. Модели и методы организационного управления инновационным развитием фирмы. – М.: ЛЕНАНД, 2006. – 336 с.

4. Перерва О.Л. Экономика и управление инновационными процессами на промышленном предприятии: теория, методология, практика: монография. – М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. – 280 с.

H^∞ -методы синтеза робастного регулятора энергетической системы

*Али З.М. (elhalwany10@yahoo.com, elhalwany10@inbox.ru), Маликов А.И.
Казанский государственный технический университет им. А.Н. Туполева,
г. Казань*

Аннотация

В тезисе проводится анализ устойчивости синхронных машин при небольших возмущениях. Основное внимание уделяется исследованию единственной машины, связанной с системой шины бесконечной мощности, примеряются различные H^∞ методы для синтеза робастного управления энергетической системы: H^∞ – оптимальный синтез регулятора, $H^\infty - H^2$ с учетом чувствительности метод синтеза регулятора, и H^∞ – синтез желаемого регулятора в виде обратной связи.

Ключевые слова: устойчивость энергетической системы, H^∞ – оптимальный синтез регулятора, $H^\infty - H^2$ с учетом чувствительности метода синтеза регулятора, и H^∞ – синтез желаемого регулятора в виде обратной связи.

Abstract

This paper introduces an analysis of the phenomena of stability of synchronous machines under small perturbations by examining the case of a single machine connected to a large system through external impedance, and uses robust control H^∞ techniques to design stabilizer for electric power system. H^∞ techniques that are used are: H^∞ – optimal controller synthesis, $H^\infty - H^2$ – mixed sensitivity controller synthesis and H^∞ – loop shaping controller synthesis.

Введение

Несмотря на то, что изучение проблемы устойчивости синхронной машины имеет давнюю историю, она привлекает внимание современных исследователей. Основные акценты делаются учеными на исследование средств управления, для того, чтобы обеспечить требуемые эффекты компенсации и возместить сокращение границ устойчивости, свойственных в результате действия возмущений [1].

Энергетическая система представляет собой сложную систему с высоко нелинейной динамикой. Ее устойчивость зависит от режимов функционирования и ее конфигурации. Низкие колебания частоты – обычная проблема в больших энергетических системах. Система возбуждения, или автоматический регулятор напряжения, применяются для повышения эффективности – улучшения полной устойчивости энергетической системы. Регуляторы энергетической системы подключены к системам возбуждения для увеличения демпфирования в процессе низких колебаний частоты.

Выход регулятора энергетической системы подается как дополнительный сигнал управления на вход регулятора напряжения машины.

Колебания небольшой амплитуды и низкой частоты часто продолжают в течение длительных периодов времени, и в некоторых случаях могут накладывать ограничения на способность передачи энергии. Регулятор энергетической системы – устройство, которое улучшает демпфирование электро-механических колебаний генератора. Регуляторы использовались на больших генераторах в течение нескольких десятилетий, позволяя предприятиям коммунального обслуживания поддерживать устойчивость требуемых режимов функционирования. Входной сигнал простого регулятора энергетической системы (PSS) фильтрован, чтобы обеспечить сдвиг фазы в электромеханических частотах в представляющий интерес диапазон 0.1–5.0 Гц.

Простые регуляторы и законы управления, основанные на методах синтеза по заданному расположению корней характеристического уравнения или собственных значений матрицы замкнутой системы широко использовались в энергетических системах. Такой регулятор гарантирует требуемое качество функционирования только в номинальном режиме и не гарантирует хорошее функционирования в других рабочих режимах из-за внешних возмущений, таких как изменения нагрузки и колебания механической мощности.

В реальных энергетических сетях априорная информация относительно этих внешних возмущений задается всегда в форме некоторой полосы частот, в которой их энергия сконцентрирована. В ряде работ были предприняты попытки синтеза регуляторов с улучшенным качеством функционирования и робастностью. Они привели к разнообразию методов синтеза, использующих оптимальное управление [2] и адаптивное управление [3]. Недостаток этих стратегий управления на основе модели заключается в том, что неопределенность не может рассматриваться явно на стадии синтеза. Относительно недавно робастная теория управления была применена для синтеза регуляторов. Данная теория позволяет проектировщикам системы управления иметь дело более эффективно с неопределенностями в модели [4]. H^∞ подход к синтезу управления особенно подходит для систем с неструктурированной неопределенностью.

1. Постановка задачи

Энергетическая система, рассматриваемая в этой работе, моделируется как синхронный генератор, связанный через линию передачи с системой бесконечной мощности. Упрощенная модель принятая при описании динамики системы, представляется следующими уравнениями [6, 8].

$$\dot{x} = Ax(t) + B_1w(t) + B_2u(t) \quad (1)$$

$$z(t) = C_1x(t) + D_{11}w(t) + D_{12}u(t) \quad (2)$$

$$y(t) = C_2x(t) + D_{21}w(t) + D_{22}u(t) \quad (3),$$

где u представляет выход регулятора, добавляемый к напряжению ΔV_{ref} , w – внешнее возмущение, представленное изменениями механической мощности ΔP_m матрицы A , B_1 , B_2 , C_1 , C_2 вектора z , y и вектор состояния x определены как:

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 314 & 0 & 0 \\ -K_1/M & 0 & -K_2/M & 0 \\ -K_4/M & 0 & -1/K_3 T'_{do} & 1/T'_{do} \\ -(K_A/T_A)K_5 & 0 & -(K_A/T_A)K_6 & -1/T_A \end{bmatrix}, \quad B_1 = [0 \ 1/M \ 0 \ 0]^T \text{ и } B_2 = [0 \ 0 \ 0 \ K_A/T_A]^T$$

$$C_1 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}, \quad C_2 = [0 \ 1 \ 0 \ 0], \quad D = \begin{bmatrix} D_{11} & D_{12} \\ D_{21} & D_{22} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$z = [\Delta P_e \ \Delta \omega \ \Delta V_t]^T, \quad x = [\Delta \delta \ \Delta \omega \ \Delta E_q' \ \Delta E_{fd}]^T,$$

$$y = \Delta P_e, \quad u = [\Delta V_{ref}, \Delta T_m], \quad \Delta P_e = \omega_e \Delta T_e, \quad \Delta P_m = \omega_m \Delta T_m.$$

где $\Delta \delta$, $\Delta \omega$, $\Delta E_q'$, ΔE_{fd} , ΔP_e и ΔV_t – соответственно угол повороте ротора относительно синхронной оси, угловая скорость, внутреннее напряжение машины, напряжение возбуждения, выходная мощность и напряжение генератора. T'_{do} – постоянная времени переходного процесса разомкнутой системы, Δ представляет небольшие отклонения от номинального режима системы, которые полностью определены значениями активной (P) и реактивной (Q) мощности генератора и импедансом X_e линии передачи. Блок-схема разомкнутой системы показана на рис. 1.

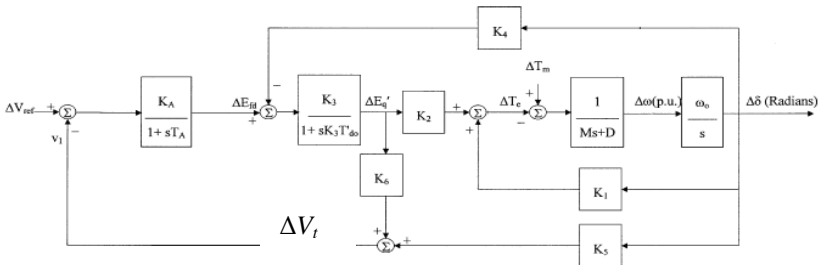


Рис. 1. Блок-схема системы без регулятора

Отметим, что параметры k_i ($i = 1, \dots, 6$) неопределенные, их значения зависят от параметров сети, режима функционирования и напряжения шины бесконечной мощности [5].

Задача состоит в обеспечении устойчивости системы при всех значениях неопределенных параметров k_i ($i = 1, \dots, 6$) из заданной области $\underline{k}_i \leq k_i \leq \bar{k}_i$, используя робастное управление.

2. Результаты моделирования

С использованием подсистемы (Robust control toolbox), пакета MATLAB для рассматриваемой системы проведен синтез робастных регуляторов: H^∞ оптимального регулятора, H^∞ регулятора с учетом чувствительности, и H^∞ желаемого регулятора в виде обратной связи. Получены переходные характеристики для изучаемой системы в различных рабочих режимах, определяемых значениями импеданса X_e линии передачи. Для исходной системы без учета регулятора получены временные характеристики, которые предоставлены на рис. 2–4.

Как видно из рис. 2–4, разомкнутая система является устойчивой только при небольшой нагрузке (рис. 2) и неустойчива при нормальной и высокой нагрузке (рис. 3, 4) соответственно.

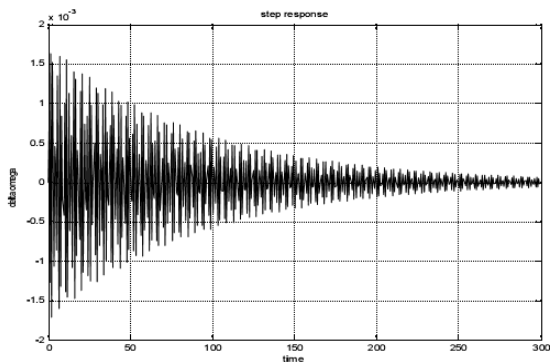


Рис. 2. $\Delta\omega$ при $P = 0.05$ и $Q = -0.225$.

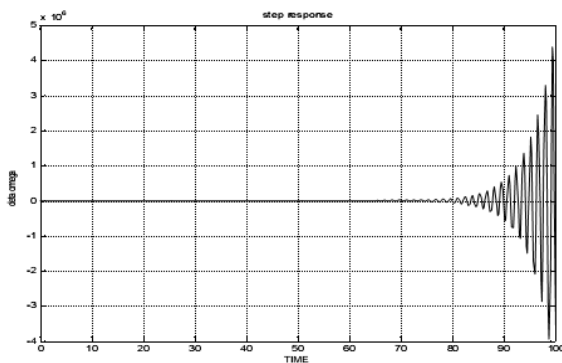


Рис 3. $\Delta\omega$ при $P = 1$ и $Q = 0.015$

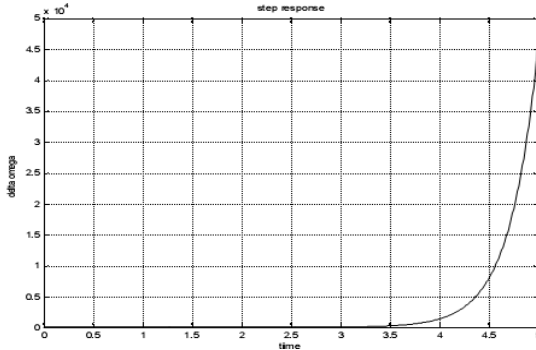


Рис. 4. $\Delta\omega$ при $P = 1.25$ и $Q = 0.3$, $x_e = 0.997$

Получены временные характеристики при различных нагрузках для исходного системы с H^∞ оптимальным регулятором (рис. 5–10).

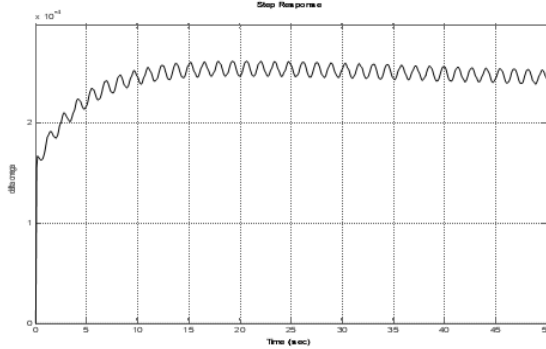


Рис. 5. $\Delta\omega$ при $P = 0.05$ и $Q = -0.225$

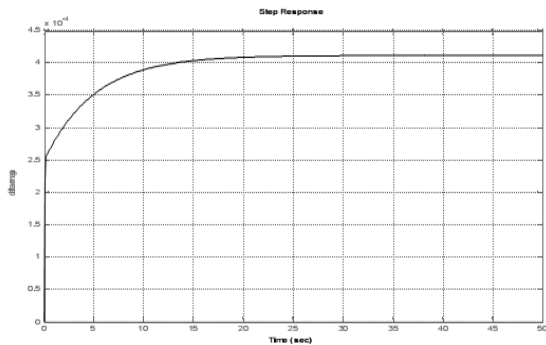


Рис. 6. $\Delta\omega$ при $P = 1$ и $Q = 0.015$

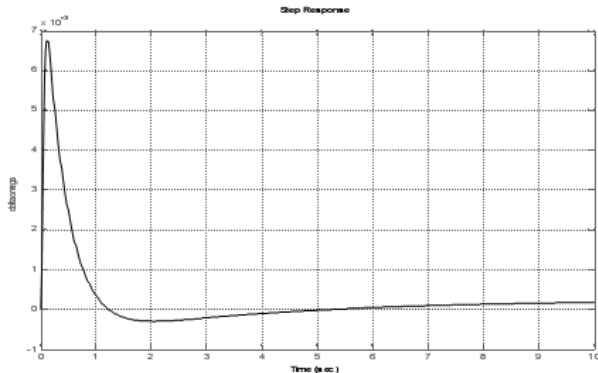


Рис. 7. $\Delta\omega$ при $P = 1.25$ и $Q = 0.3, x_e = 0.997$

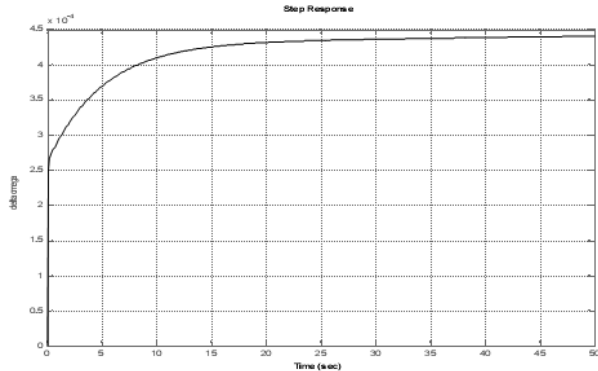


Рис. 8. $\Delta\omega$ при $P = 1.25$ и $Q = 0.3, x_e = 0.7$

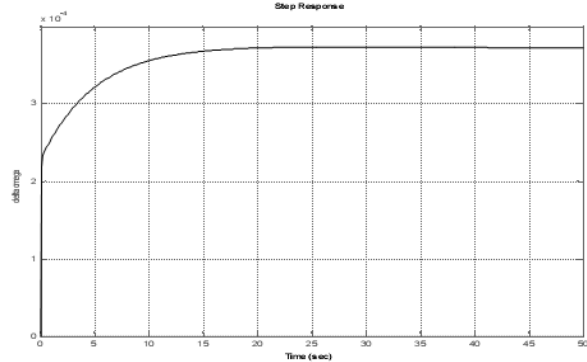


Рис. 9. $\Delta\omega$ при $P = 1.25$ и $Q = 0.3, x_e = 0.45$

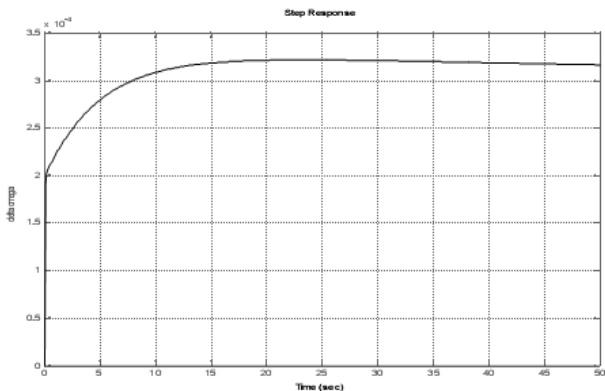


Рис. 10. $\Delta\omega$ при $P = 1.25$ и $Q = 0.3$, $x_e = 0.2$

При синтезе H^∞ с учетом чувствительности метода синтеза регулятора весовые функции выбраны следующим образом:

$$W_1 = \frac{0.04(s+0.2)}{(s+0.004)},$$

$$W_2 = 0,$$

$$W_3 = \frac{0.75(s+0.33)}{(s+600)}$$

На рис. 11–16 представлены временные характеристики при различных нагрузках.

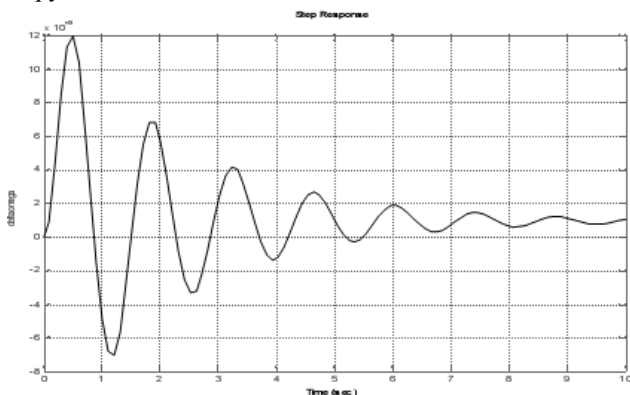
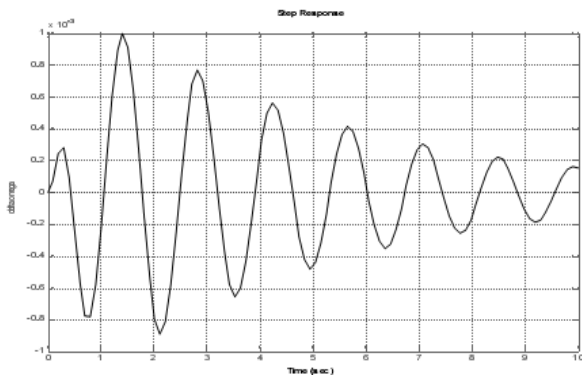
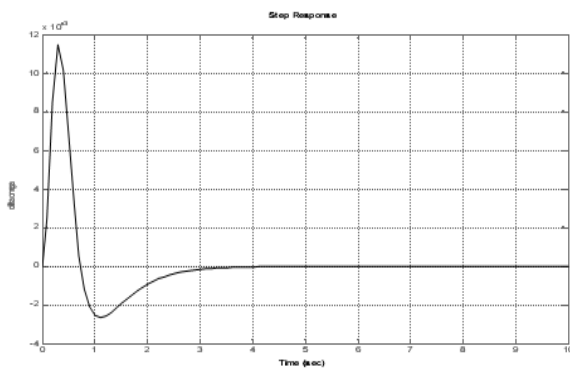
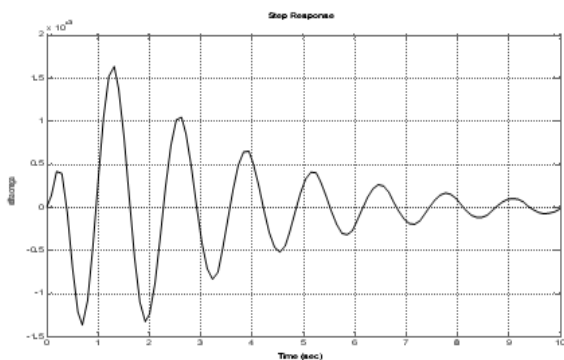


Рис. 11. $\Delta\omega$ при $P = 0.05$ и $Q = -0.225$

Рис. 12. $\Delta\omega$ при $P = 1$ и $Q = 0.015$ Рис. 13. $\Delta\omega$ при $P = 1.25$ и $Q = 0.3$, $x_e = 0.997$ Рис. 14. $\Delta\omega$ при $P = 1.25$ и $Q = 0.3$, $x_e = 0.7$

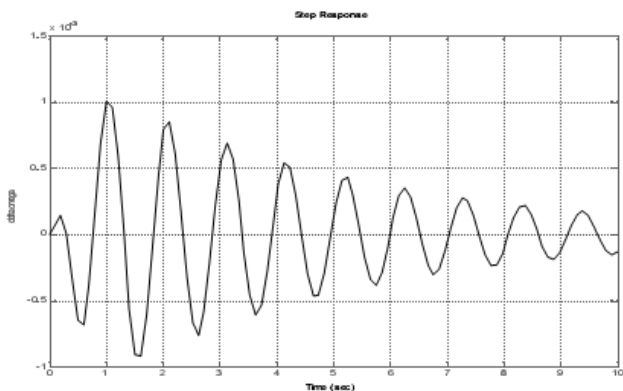


Рис. 15 $\Delta\omega$ при $P = 1.25$ и $Q = 0.3, x_e = 0.45$

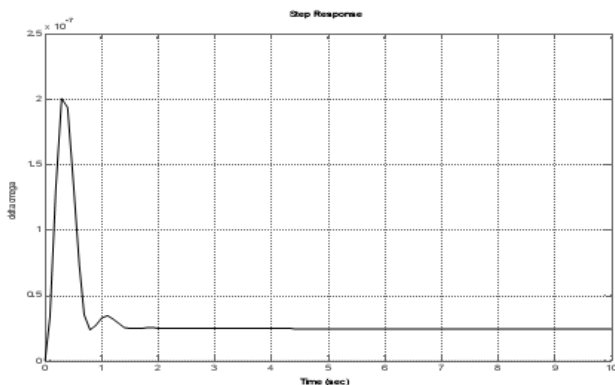


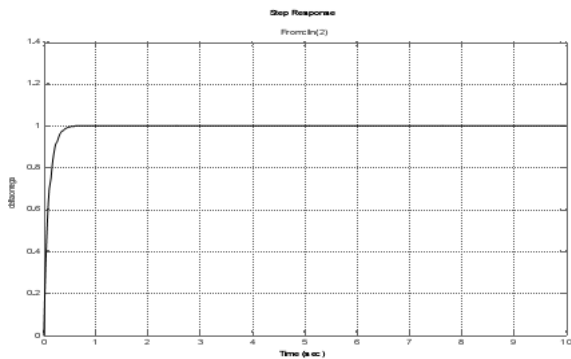
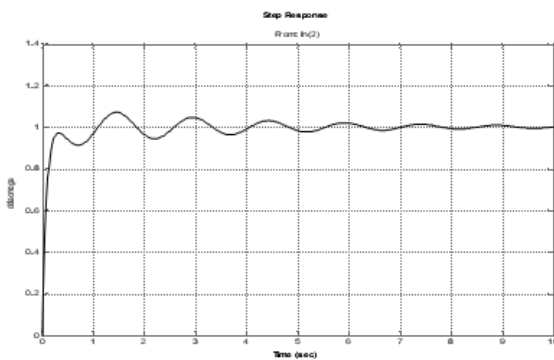
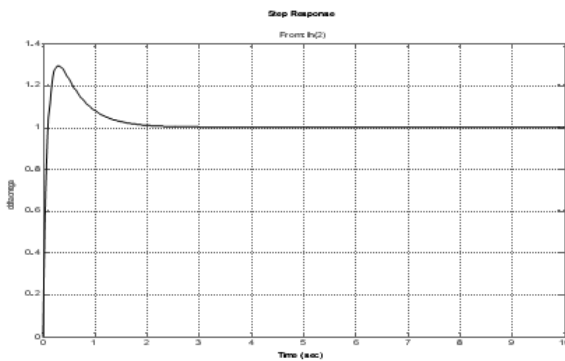
Рис. 16. $\Delta\omega$ при $P = 1.25$ и $Q = 0.3, x_e = 0.2$

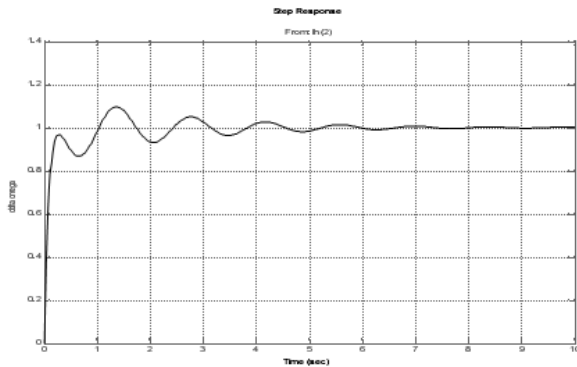
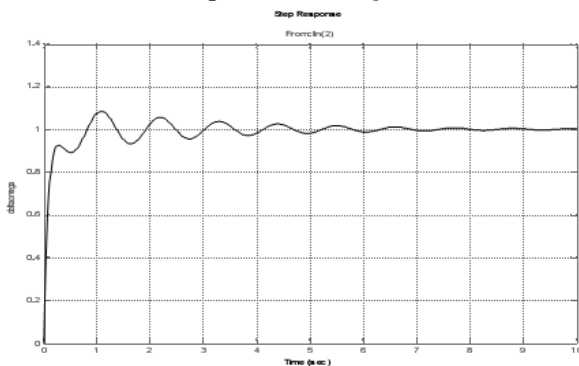
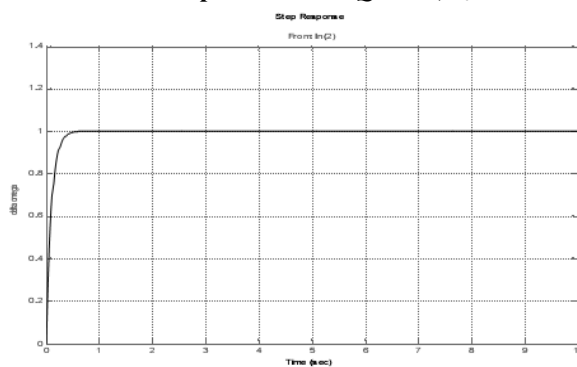
Для H^∞ -синтеза желаемого регулятора в виде обратной связи весовые функции W_1 , W_2 выбраны следующим образом:

$$W_1 = \frac{0.04(s+0.2)}{(s+0.004)},$$

$$W_2 = \frac{0.75(s+0.33)}{(s+600)}.$$

На рис. 17–22 представлены временные характеристики системы при различных нагрузках.

Рис. 17. $\Delta\omega$ при $P = 0.05$ и $Q = -0.225$ Рис. 18. $\Delta\omega$ при $P = 1$ и $Q = 0.015$ Рис. 19. $\Delta\omega$ при $P = 1.25$ и $Q = 0.3, x_e = 0.997$

Рис. 20. $\Delta\omega$ при $P = 1.25$ и $Q = 0.3$, $x_e = 0.7$ Рис. 21. $\Delta\omega$ при $P = 1.25$ и $Q = 0.3$, $x_e = 0.45$ Рис. 22. $\Delta\omega$ при $P = 1.25$ и $Q = 0.3$, $x_e = 0.2$

Заключение

В тезисе представлены способы синтеза робастных регуляторов, основанные на H^∞ -методах. Результаты моделирования демонстрируют эффективность этих методов управления, важность для улучшения устойчивости и качества переходных характеристик энергетической системы в разнообразных рабочих условиях. Робастное управление было оценено относительно заданной неопределенности в энергетической системе, обусловленной изменением нагрузки. H^∞ -методы, которые использовались: H^∞ – оптимальный регулятор, H^∞ с учетом чувствительности метода синтеза регулятора, и H^∞ желаемого регулятора в виде обратной связи. В результате моделирования выяснено, что H^∞ – оптимальный регулятор дал лучшие результаты, это дало более быстрое демпфирование, с меньшим перегуливанием.

Список литературы

1. *Ali Z.M. and Elsherbiny M.* Effect of both mechanical and excitation system on power system and methods of improvement, M.sc, Egypt, Assuit university, 2003.
2. *Abido M.A., Abdel-Madjid Y.L.* Coordinated Design of PSS and SVC Based Controller to Enhance Power System Stability, *Electrical Power and Energy Systems* 25 (2003), 695-704.
3. *Gupta R. Bandyo, B. Kulkarni A.M.* Design of Power System Stability for Single Machine System Using Robust Fast Output Sampling Feedback Technique, *Electrical Power Systems Research* 65 (2003), 247-257.
4. *Bouhamida, Denai M., Mokhtari M.A., Bou-Henna A.* GH^∞ Robust Power System Stabiliser Design with Parametric Uncertainty, *International Conference on Electrical and Electronics Engineering (ELECO'99)*, 1–5 December 1999, Bursa, Turkey.
5. *Anderson P.M., Fouad A.A.* *Power System Control and Stability*, IEE Press, Piscatawa, NJ, 1993.

Обеспечение устойчивости энергетической системы с помощью нечеткого регулятора

Али З.М. (*elhalwany10@yahoo.com, elhalwany10@inbox.ru*), Маликов А.И.
Казанский государственный технический университет им. А.Н. Туполева,
г. Казань

Аннотация

Регулятор добавляется к системе возбуждения энергетической системы для обеспечения затухания при низкой частоте колебаний. В этой статье регулятор, основанный на нечеткой логике (нечеткий регулятор (НР)) используется для обеспечения устойчивости энергетической системы. В целях достижения устойчивости предлагается два варианта синтеза регулятора:

- регулятор 1-го типа имеет на входе отклонение скорости $\Delta\omega$ и ускорения ΔPa ;
- регулятор 2-го типа имеет отклонения скорости $\Delta\omega$ и угла поворота ротора $\Delta\delta$ в качестве своего входа. Производится реализация и сравнение этих двух подходов. Для одномашинной энергетической системы (ЭЭС) получены результаты моделирования в различных условиях эксплуатации, а также с различными функциями принадлежности. Результаты моделирования показывают, что НР обеспечивает устойчивость и качество переходных процессов ЭЭС в различных условиях эксплуатации.

Ключевые слова: устойчивость энергетической системы, переходных процессов ЭЭС, нечеткий регулятор.

Abstract

Power system stabilizers (PSSs) are added to excitation system to enhance the damping during low frequency oscillations. This paper presents a study of fuzzy logic power system stabilizer (PSS) for stability enhancement of a single machine power system. In order to accomplish the stability enhancement, two approaches to design Fuzzy Logic Power System Stabilizers (FLPSS) as follows: 1-FLC₁ has Speed deviation and power angle as its input $\Delta\omega$ and ΔPa . 2- FLC₂ has Speed deviation and Acceleration as its input $\Delta\omega$ and $\Delta\delta$. The performance of these two approaches is compared and is compared with the system without PSS. The stabilizing signals were computed using the fuzzy membership functions depending on these variables. The simulations were tested under different operating conditions, also tested with different membership functions. The simulation results are quite encouraging and satisfactory.

Введение

Регуляторы энергетической системы должны обеспечить устойчивость соответствующих сигналов в широком диапазоне рабочих режимов и возмущений. Традиционные регуляторы опираются на надежные методы линейного синтеза. В попытке охватить широкий диапазон рабочих режимов были предложены экспертные или регуляторы, основанные на прави-

лах. Недавно было показано, что нечеткое управление как новый метод синтеза робастного управления дает многообещающие результаты [1].

В 1965 году Л. Заде заложил основы теории нечетких множеств [2] в качестве метода борьбы с неточностью прикладных систем. Беллман и Заде пишут: «Большая часть процесса принятия решений в реальном мире происходит в условиях, когда цели, ограничения и последствия возможных действий точно не известны» [3]. Эта «неопределенность» или нечеткость является основой приложений нечетких множеств и нечеткой логики. Регуляторы на нечеткой логике привлекают значительное внимание в качестве кандидатов на новые вычислительные алгоритмы управления из-за ряда их преимуществ. В отличие от других классических методов управления НР не требуют знания точной математической модели системы. Кроме того, быстрота и надежность являются самыми важными и интересными свойствами по сравнению с другими классическими схемами. НР успешно применяется для управления нелинейными динамическими системами, особенно в области адаптивного управления путем использования режима онлайн тренировки [4].

Для синтеза НР используется методология нечеткой логики, которая может быть применена при синтезе встраиваемых управлений линейных и нелинейных систем. Алгоритмы управления, основанные на нечеткой логике, были реализованы для многих процессов. Применение таких методов управления было вызвано стремлением достижения следующих целей [5]:

1. Повышение надежности по сравнению с использованием обычных линейных алгоритмов управления.

2. Упрощение синтеза управления для «трудных» моделей систем.

В данной статье представлены два подхода к синтезу НР:

- 1 – регулятор 1-го типа имеет отклонение скорости и ускорения, в качестве входа;

- 2 – регулятор 2-го типа имеет отклонение скорости и угла поворота ротора в качестве своего входа.

Выход каждого регулятора рассматривается как дополнительный управляющий сигнал U , который используется в качестве обратной связи для системы возбуждения.

1. Регулятор с нечетким алгоритмом

Нечеткие системы управления, в которых ряд так называемых нечетких правил представляет собой механизм принятия решения позволяет скорректировать воздействия на основе определенной системы признаков. Цель

нечетких систем управления, как правило, состоит в замене квалифицированных специалистов, операторов системы принятия решений, основанной на правилах. Нечеткое управление обеспечивается алгоритмом, который может преобразовывать стратегии языкового контроля. Рис. 1 иллюстрирует основную структуру регулятора с нечетким алгоритмом, который состоит из блока фазификации, базы знаний, блока логического вывода, а также блока дифазификация [6].

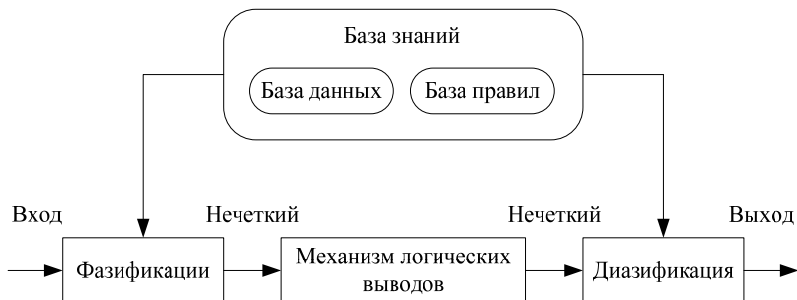


Рис. 1. Структура НР

2. Применение НР для энергетической системы

Процесс синтеза НР состоит из пяти шагов:

- выбор переменных для нечеткого управления;
- определение функция принадлежности;
- создание правила;
- механизм логического вывода и дифазификация стратегий.

Для синтеза НР должны быть выбраны переменные, которые могут представлять системные динамические характеристики и которые будут контролироваться, а также те, что будут использоваться в качестве входа регулятора. В дополнение к надлежащему выбору входных сигналов должны быть определены коэффициенты усиления сигналов, нечеткие подмножества. Выходная ошибка (e) и скорость ее изменения (производная) (e') используются в качестве входов регулятора.

При применении НР для ЭЭС отклонения угловой скорости вращения ротора генератора ($\Delta\omega$) и ее производной ($\Delta\omega'$) с соответствующими коэффициентами SG и AG рассматриваются в качестве входа НР. Выход регулятора также с коэффициентом масштабирования UG добавляется к входному сигналу автоматического регулятора напряжения. Значения

измеренных входных переменных преобразуются в подходящие значения лингвистических переменных. В данном случае было выбрано семь нечетких подмножеств: *LN* (большой отрицательный), *MN* (средний отрицательный), *SN* (небольшой отрицательный), *ZE* (ноль), *SP* (небольшой положительный), *MP* (средний положительный) и *LP* (большой положительный). Функция принадлежности для входных переменных, которые используются здесь, показаны на рис. 2. Эти функции принадлежности симметричны, и каждая из них перекрывается прилегающей функций на 50%.

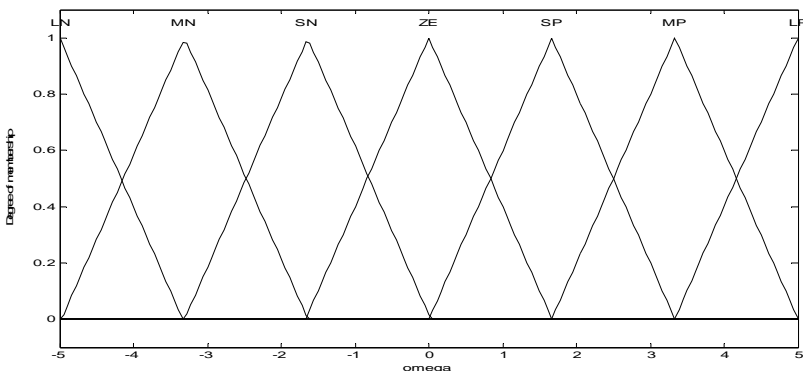


Рис. 2. Функция принадлежности, нормализованная в области [-5, 5]

На практике функция принадлежности нормализуется в интервале $[-L, L]$, который симметричен относительно нуля. Таким образом, амплитуды управляющих сигналов (нечеткие переменные) выражаются в терминах параметров регулятора (коэффициентов усиления). Эти параметры могут быть определены как:

$$K_J = 2L / X_{rangej},$$

где X_{rangej} определяет диапазон изменения управляющей переменной X_j .

Каждое правило R_i управления имеет вид:

ЕСЛИ e_1 является A_i и e_2 является B_i , ТОГДА U является C_i .

Здесь A_i , B_i и C_i являются нечеткие множества с треугольной функции принадлежности, нормализованной в диапазоне $[-5$ и $5]$, что показано на рис. 2. Те же нечеткие множества при пропорциональном изменении коэффициентов используются для каждой входной переменной. Это константы Ke_1 , Ke_2 и K для e_1 , e_2 и выходного сигнала соответственно. Измененные соответствующие постоянные (коэффициенты усиления) e_1 и e_2

классифицируются в соответствии с этими функциями принадлежности. Правила соединяются с помощью операции минимального пересечения. В результате функция принадлежности определится как:

$$\mu R(e1, e2) = \min [\mu A1(e1), \mu B1(e2)].$$

Выход регулятора определяется по правилу i и является центром функции принадлежности C_i . Тогда правила комбинируются с использованием метода центра тяжести [2], чтобы определить выход нормализованного регулятора ΔU .

$$\Delta U = \frac{\sum_{i=1}^n \mu_{R_i}(e_1, e_2) U_i}{\sum_{i=1}^n \mu_{R_i}(e_1, e_2)}$$

Рассмотрим правило:

ЕСЛИ $e1$ является SN и $e2$ является SP , ТОГДА U является ZE .

Это правило гарантирует, что требуемый рабочий режим будет достигнут в ближайшее время. Совокупность всех правил приведена в табл. 2. Каждое из 49 правил представляет собой величину реагирования регулятора на конкретные ситуации. Правила сформулированы в предположении симметричности диапазона определения функции принадлежности. В случае необходимости любая асимметрия может быть эффективным образом устранена посредством масштабирования. Кроме того, находящиеся рядом в таблице правила позволяют производить изменения выхода регулятора (то есть до LN , MN , MN к SN и т. д.). Это обеспечивает то, что небольшие изменения e_1 и e_2 приводят в результате к небольшим изменениям u .

Таблица 2. Таблица правил

		Δw						
		LN	MN	SN	ZE	SP	MP	LP
$\Delta \delta$	LN	LP	LP	LP	MP	MP	SP	ZE
	MN	LP	MP	MP	MP	SP	ZE	SN
	SN	LP	MP	SP	SP	ZE	SN	MN
	ZE	MP	MP	SP	ZE	SN	MN	MN
	SP	MP	SP	ZE	SN	ZN	MN	LN
	MP	SP	ZE	SN	MN	MN	MN	LN
	LP	ZE	SN	MN	MN	LN	LN	LN

Такая же процедура была применена в случае регулятора 1.

3. Результаты моделирования

Рассматривается ЭЭС, состоящая из единственной машины, связанной с системой шин бесконечной мощности как показано на рис. 3.

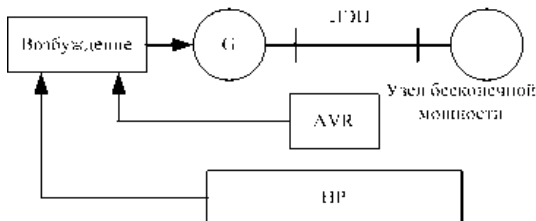


Рис. 3. Одномашинная ЭЭС

Блок-схема разомкнутой системы управления ЭЭС показана на рис. 4.

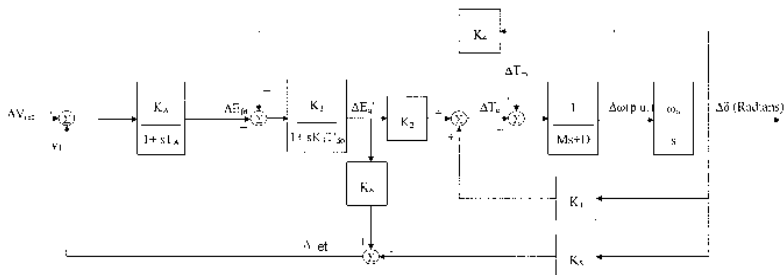


Рис. 4. Блок-схема системы без регулятора

Отметим, что значения параметров k_i ($i = 1, \dots, 6$) зависят от параметров сети, режима функционирования и напряжения шины бесконечной мощности [7].

На рис. 5 показаны блок-схемы НР 1-го и 2-го типов.

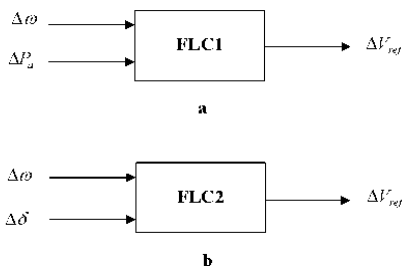


Рис. 5. Блок-схема НР: а) Регулятор 1-го типа; б) Регулятор 2-го типа

ЭЭС моделируется с помощью SIMULINK и power toolbox пакета MATLAB [8]. В качестве функции принадлежности для регулятора 1-го типа и регулятор 2-го типа используется треугольная функция. Полученные переходные процессы рассматриваемой ЭЭС (по линеаризованной модели) как с нечеткими регуляторами типа 1, 2, так и без регулятора при различных условиях нагрузки показаны на рис. 6–8.

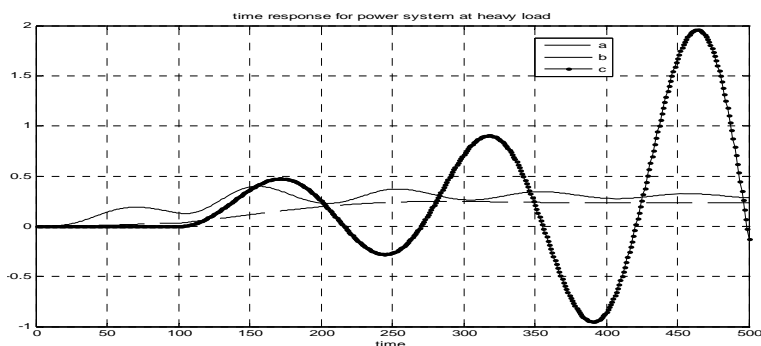


Рис. 6. Временные характеристики для линейной модели при высокой нагрузке: а) с нечетким регулятором типа 1; б) с нечетким регулятором типа 2; в) без регулятора

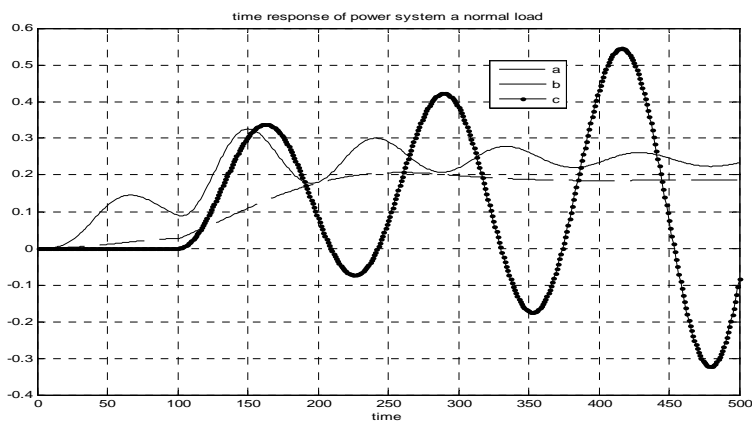


Рис. 7. Временные характеристики для линейной модели при нормальной нагрузке: а) с нечетким регулятором типа 1; б) с нечетким регулятором типа 2; в) без регулятора

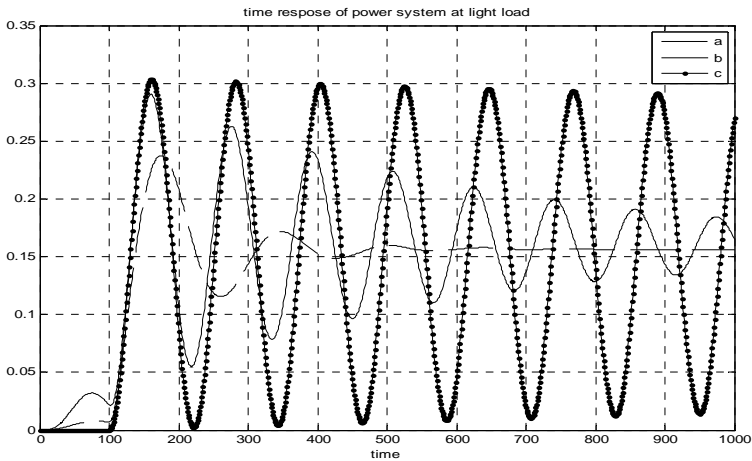


Рис. 8. Временные характеристики для линейной модели при небольшой нагрузке: а) с нечетким регулятором типа 1; б) с нечетким регулятором типа 2; в) без регулятора

На рис. 9–11 представлены переходные процессы рассматриваемой ЭЭС, полученные по нелинейной модели как с нечеткими регуляторами типа 1, 2, так и без регулятора при различных условиях нагрузки.

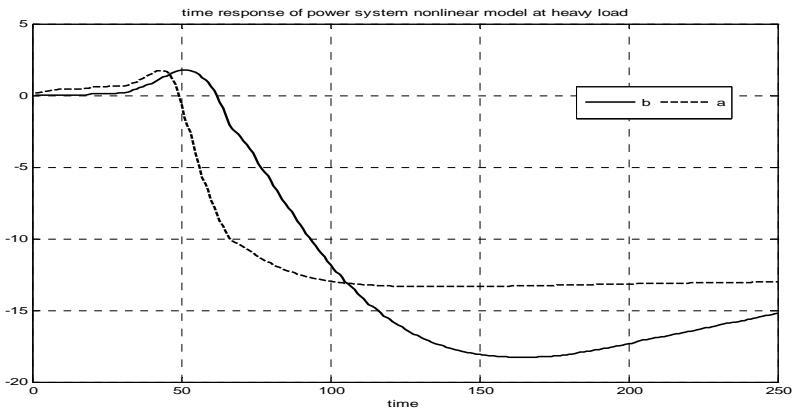


Рис. 9. Временные характеристики для нелинейной модели при высокой нагрузке: а) с нечетким регулятором типа 1; б) с нечетким регулятором типа 2

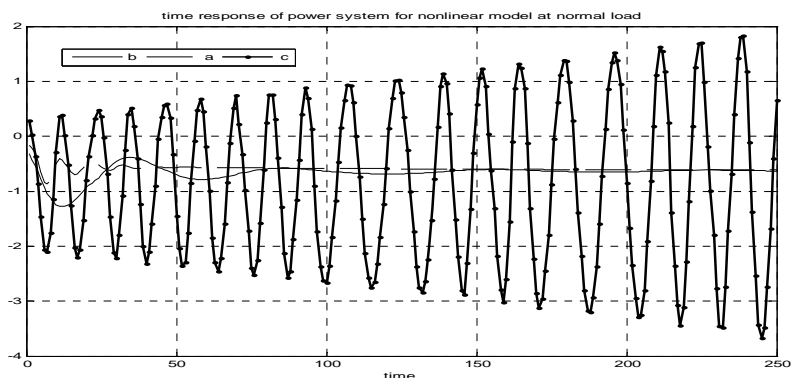


Рис. 10. Временные характеристики для нелинейной модели при нормальной нагрузке: а) с нечетким регулятором типа 1; б) с нечетким регулятором типа 2; в) без регулятора

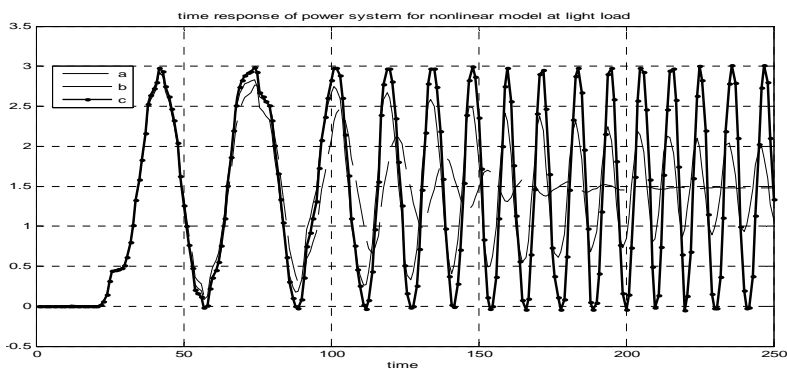


Рис. 11. Временные характеристики для нелинейной модели при небольшой нагрузке: а) с нечетким регулятором типа 1; б) с нечетким регулятором типа 2; в) без регулятора

Таким образом, результаты, полученные для линейной модели, подтверждаются результатами для нелинейной модели: Из этих результатов можно сделать вывод, что устойчивость одномашинной ЭЭС улучшается при использовании НР. Регулятор 1-го типа является более эффективным, чем Регулятор 2-го типа.

Был также проведен анализ ЭЭС с НР при различных функциях принадлежности: треугольной, трапецидальной и гауссовской. Вре-

менные характеристики для линейной модели при использовании НР с различными функциями принадлежности представлены на рис. 12–14.

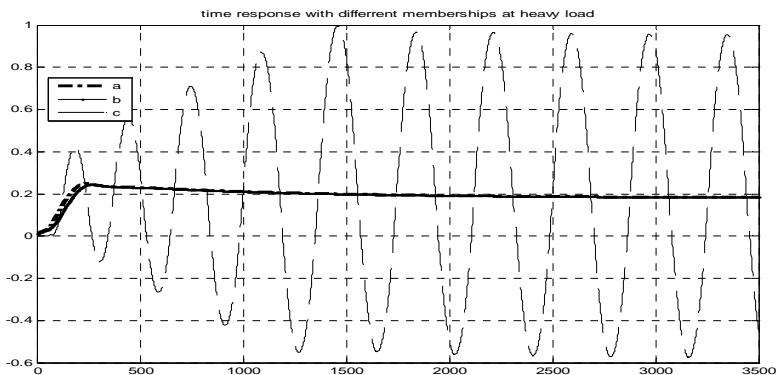


Рис. 12. Временные характеристики для линейной модели при высокой нагрузке с различными функциями принадлежности: а) треугольной; б) гауссовской; в) трапецидальной.

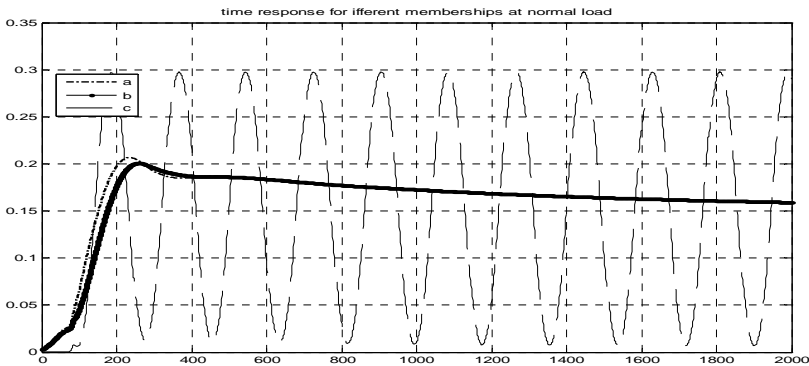


Рис. 13. Временные характеристики для линейной модели при нормальной нагрузке с различными функциями принадлежности а) треугольной; б) гауссовской; в) трапецидальной.

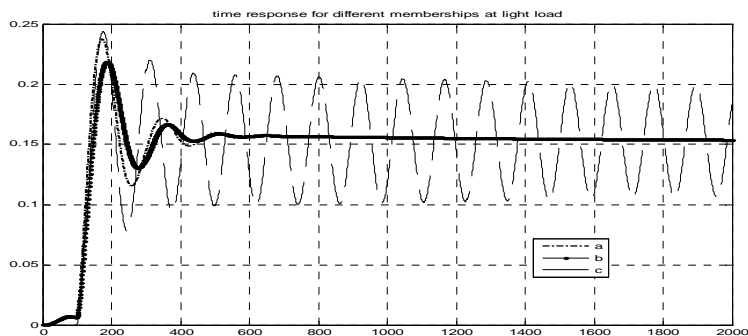


Рис. 14. Временные характеристики для линейной модели при небольшой нагрузке с различными функциями принадлежности а) треугольной; б) гауссовской; в) трапецидальной

Заключение

В данной статье регуляторы с нечеткой логикой применены для одномашинной ЭЭС. Регулятор 1-го типа имеет отклонение скорости $\Delta\omega$ и ускорения ΔPa , а регулятор 2-го типа имеет отклонения скорости $\Delta\omega$ и угла поворота ротора $\Delta\delta$ в качестве входных сигналов. Эффективность системы энергоснабжения с нечеткой логикой была улучшена мощностью системы регулятора, и это имеет силу для всех испытательных условиях. Результатами моделирования было также показано, что НР может снизить как максимальное отклонение (перерегулирование), так и время регулирования. Регулятор 1 оказывается более эффективным, чем регулятор 2, т.к. ускорение (изменение мощности) более оперативно реагирует на любые несоответствия между механической и электрической энергией, чем отклонение угла поворота ротора. Проведено сравнение использования различных функций принадлежности (треугольной, трапецидальной и гауссовской). Система с НР, в которой используется гауссовская функция, эффективна при всех испытательных условиях. По результатам моделирования было показано, что НР с гауссовской функцией принадлежности может снизить максимальное отклонение и время регулирования.

Список литературы

1. *Abido M.A., Abdel-Magid Y.L.* Analysis and design of Power System Stabilizers and facts Based Stabilizers using Genetic Algorithm / 4th PSCC. Sevilla, 24–28 June. 2002.

2. *Tomsovic K., Chow M.Y., et al.* Tutorial on Fuzzy Logic Applications in Power Systems // the IEEE-PES Winter Meeting . Singapore. January, 2000.

3. *Bellman R.E., Zadeh L.A.* Decision-making in a fuzzy environment // Management Science. Vol. 17. 1970. p. 141–164.

4. *Abdelazim, Malik O.P.* Fuzzy logic based identifier and pole-shifting controller for PSS application // Proc. IEEE Power Engineering Society / General Meeting. Toronto. Canada .13–17 July, 2003.

5. *P. Hoang , Tomsovic K.* Design and analysis of an adaptive fuzzy power system stabilizer. / IEEE Transactions on Energy Conversion. Vol. 11. Dec. 1996. p. 455–461.

6. *Malik O.P.* adaptive intelligent Control- Application to Power System Stabilizer / MEPCON. 13–15 Dec. 2005. p. 841–847.

7. *Anderson P. M., Fouad A A.* Power System Control and Stability / IEE Press, Piscatawa. NJ, 1993.

8. *Sharaf A.M., El-Sadek M.Z., Abdelbar F.N., Hemeida A.M.* A Self Adjusting Power System Stabilizer. // Proceedings of the 1999 IEEE Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering Shaw Conference Center. Edmonton. Alberta, Canada. 9–12 May. 1999.

Подход к прогнозированию перспектив развития инновационных проектов на основе инновационной кривой

*Алькдироу Р.Х., Мыльников Л.А. (leonid@pstu.ru)
Пермский государственный технический университет, г. Пермь*

Аннотация

В статье рассматривается подход построения прогнозов развития инновационных проектов и оценки их перспектив. Подход позволяет оценивать необходимые временные ресурсы и перспективы финансовой отдачи проекта. Предлагаемая методика прогноза развития инновационного проекта не накладывает ограничений на объем доступных сведений о проекте и требований к стадии жизненного цикла проекта, на основании данных о которой будет строиться прогноз.

Ключевые слова: значение, узел, инновация, соинновация, жизненный цикл, кривая жизненного цикла, прогноз.

Abstract

The purpose of approach described in article is the innovation project development forecast. The examined approach allows us to evaluate the necessary time resources as well as project's financial payback perspectives. The suggested prognosis method of the innovation project development doesn't make any limitations on the available project data volume and the requirements to the project's life cycle; on the basis of this information the forecast will be carried out.

Keywords: Value, node, innovation, co-innovation, life cycle, life cycle curve, forecast.

Введение

Задача прогнозирования развития инновационных проектов является актуальной. В условиях финансового кризиса поиск проектов, способных принести значительную финансовую отдачу, усилился. Однако еще до начала финансового кризиса Россия жила в ожидании нового скачка развития – инновационного. Правительство декларировало своей задачей переход на инновационный путь развития. Для решения этой задачи необходимо, основываясь на тех данных, которые имеются в распоряжении, строить прогнозы развития и оценивать перспективность того или иного проекта. Это одна из наиболее актуальных, но и наиболее сложных научных проблем. Сложности обусловлены динамической неустойчивостью инновационных процессов, низким качеством собираемой информации для объективных оценок, разной степенью влияния внешних и внутренних связей инновационного процесса на результат и т. д.

Инновационные проекты относятся к слабоструктурированным процессам, которые характеризуются наличием множества количественных и качественных параметров, взаимосвязь между которыми носит сложный характер. Поэтому для управления инновационными проектами необходимо разрабатывать модель. Задача прогноза может быть осуществлена на модели на определенный период (не более периода, на который рассчитан анализируемый инновационный проект).

Стоит отметить, что решение любой задачи – это прежде всего введение определенных допущений. Поэтому любой расчет, который мы осуществляем на отдаленную перспективу, не может учитывать факторы, которые возникнут в будущем, тем более обстоятельства непреодолимой силы [1]. Это в свою очередь означает, что ситуация требует постоянного мониторинга и повторных расчетов, а также анализа отклонения влияющих факторов и степени их влияния в динамике развития проекта. Любые расчеты на прогноз развития ситуации могут осуществляться только на основе расчетов инновационной кривой [2]. Построив её математическое описание, можно спрогнозировать развитие инновационного проекта на будущее, заранее спланировать момент получения максимальной прибыли, оценить время жизни.

1. Методика решения

Известно, что инновационный проект проходит четыре этапа своего развития: выход на рынок, рост, зрелость и спад [3]. Эти этапы характеризуются величиной выручки от реализации инновационного продукта в тот или иной период времени с момента начала реализации проекта (под началом реализации проекта имеется в виду момент, с которого начались первые продажи продукта).

Таким образом, имеются четыре точки, которые могут быть получены в течение жизненного цикла инновационного проекта достаточно формально: первая точка - точка начала реализации проекта, её координаты всегда $(0, t_0 = 0)$. Первое значение равно величине выручки, второе значение – периоду времени, когда оно достигнуто. Вторая точка – точка перехода на этап роста, её координаты равны (переменные затраты на выпуск и реализацию продукта, t_1); третья точка – точка перехода в стадию зрелости (все суммарные затраты на выпуск и реализацию продукта, t_2); четвертая точка – точка максимальной получаемой прибыли (все суммарные затраты на выпуск и реализацию продукта + прибыль, t_3) и, наконец, пятая точка – точка перехода в стадию спада (все суммарные затраты на выпуск и реализацию продукта, t_4) (рис. 1).

Из литературы известно [4; 5], что кривая инновационного процесса хорошо описывается известными функциональными зависимостями для каждого из этапов.

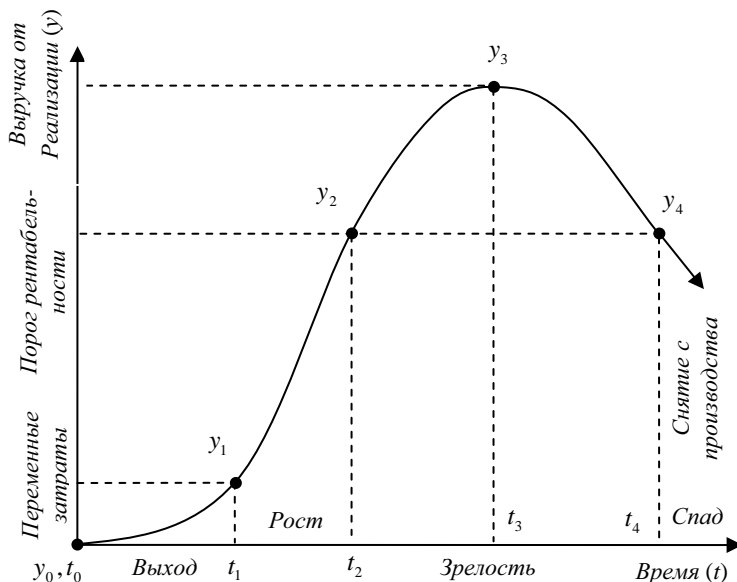


Рис. 1. Кривая развития инновационного проекта

Этап выхода на рынок. Характеризуется самым интенсивным ростом прибыли, но на данном этапе прибыль не достигает своего максимального значения. Рост прибыли можно выразить следующей экспоненциальной формулой: $f_1(t) = e^{st} - 1$, $0 < t < t_1$.

Этап роста. Характеризуется стабильным ростом прибыли, однако рост прибыли не так интенсивен, как на стадии становления бизнеса. Рост прибыли на этом этапе выражается формулой: $f_2(t) = kt + d$, $t_1 < t < t_2$.

Этап зрелости. На данном этапе производство выходит на максимальные запланированные проектные мощности. Прибыль относительно стабильна. После периода максимальной производительности наступает момент, когда в силу некоторых обстоятельств, таких как появление конкурентов в данном инновационном направлении, снижение спроса, обстоятельства непреодолимой силы – данный инновационный проект теряет

свою уникальность, и, соответственно, часть своей инвестиционной привлекательности. Тогда прибыль начинает постепенно снижаться: $f_{3,4}(t) = a + bt + ct^2$, $t_2 < t < t_4$.

Завершающий этап жизнедеятельности проекта наступает в момент, когда проект теряет свою актуальность и уже не может конкурировать с альтернативными решениями, предложенными в более поздний срок. Прибыль на этом этапе постепенно сводится к нулю, а проект подлежит в итоге закрытию: $f_5(t) = f - \frac{1}{2}kt$, $t_4 < t < t_5$.

Используя функции, которыми описывается каждый этап совместно, можно получить составную функцию для описания инновационной кривой. Итак, если функция прибыли представлена в виде кусочно-заданной кривой, тогда на границах интервалов значения функций должны совпадать, а также совпадать значения их производных, т.к. функция является гладкой. Из вышеописанных четырех функций, выражающих прибыль на разных этапах жизненного цикла инновационного проекта, мы получим следующие шесть уравнений (где четные уравнения – это приравненные значения функций в точках стыковки, а нечетные – приравненные значения производных).

$$\left\{ \begin{array}{ll} e^{st} - 1 = kt + d & \text{для точки } t_1 \\ e^{st} = k & \text{для точки } t_1 \\ kt + d = a + bt + ct^2 & \text{для точки } t_2 \\ k = b + 2ct & \text{для точки } t_2 \\ a + bt + ct^2 = f - \frac{1}{2}kt & \text{для точки } t_4 \\ b + 2ct = -\frac{1}{2}k & \text{для точки } t_4 \end{array} \right.$$

В этих шести уравнениях имеется семь неизвестных: a, b, c, d, f, k, s . Переменную s примем за свободную переменную. Тогда из данной системы все неизвестные можно выразить относительно s , и мы получим следующие выражения:

$$\begin{aligned} d &= e^s - 1 - se^s \\ k &= se^s \\ f &= \frac{7}{2}se^s + e^s - 1 \end{aligned}$$

$$c = -\frac{3}{8}se^s$$

$$b = \frac{5}{2}se^s$$

$$a = -\frac{5}{2}se^s + e^s - 1$$

Для нахождения s потребуется дополнительная точка (t_0, f_0) , значение которой может быть определено из практических данных. Например, если эта точка будет относиться к первому этапу инновационного проекта, тогда в систему уравнений необходимо добавить следующее выражение: $e^{st} - 1 = f_0$ при $t = t_0$. Откуда выразим переменную s и получим

$$s = \frac{\ln(f_0 + 1)}{t_0}.$$

Таким образом, система уравнений становится разрешимой, и может быть построен прогноз развития инновационного проекта.

2. Анализ результатов

Для оценки адекватности полученных преобразований необходимо построить прогноз для проекта, который уже прошел весь жизненный этап. Для этого рассмотрим жизненный цикл хитов на магнитной ленте (данные взяты с сайта ассоциации записывающей индустрии США <http://www.riaa.com/>). Будем работать с усредненными значениями параметров (рис. 2 – красная кривая).

Построив кривую прогноза (рис. 2 – кривая с обозначенными разными цветами этапами). Можно видеть, что она достаточно точно совпадает с кривой, у которой представлены данные, полученные практически.

В случае, если нам известно значение функции на втором этапе, тогда дополнительное уравнение примет вид $kt + d = f_0$ (это уравнение соответствует математическому описанию второго этапа инновационной кривой) при $t = t_0$.

Выбрав в качестве независимой переменной, как и выше, переменную s и выразив её, получим следующее уравнение:

$$(st + 1 - s)e^s - 1 = 0.$$

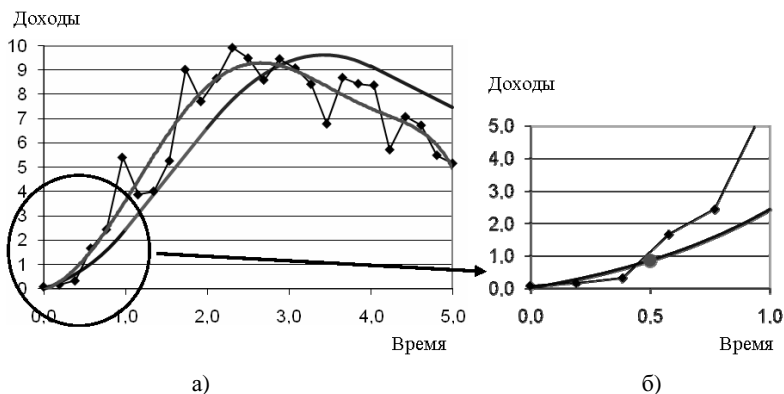


Рис. 2. Кривая жизненного цикла хитов на магнитных носителях и кривая прогноза построенная на основе одной точки первого этапа:

а) весь жизненный цикл, б) первый этап развития с обозначенной точкой для расчета прогноза.

Значение переменной s может быть найдено с использованием итерационного метода Ньютона [6]. Где значение переменной находится по формуле:

$$s_{n+1} = s_n - \frac{y(s_n)}{y'(s_n)}$$

где

$$y(s) = (st + 1 - s)e^s - 1 - f_0,$$

$$y'(s) = (t + st - s)e^s.$$

Выбрав произвольно начальное значение и сделав несколько итераций (табл. 1), мы получим значение для $s = 1,226$.

Таблица 1. Итерационная таблица значений s

	s	$y(s)$	$y'(s)$
0	1,500	2,3	13,0
1	1,320	0,7	9,1
2	1,241	0,1	7,7
3	1,227	0,0	7,5
4	1,227	0,0	7,5
5	1,226	0,0	7,5
6	1,226	0,0	7,5

Построив кривую прогноза (рис. 3 – кривая с обозначенными разными цветами этапами), мы получим кривую, приближенную к реальным данным, как и в первом варианте расчета.

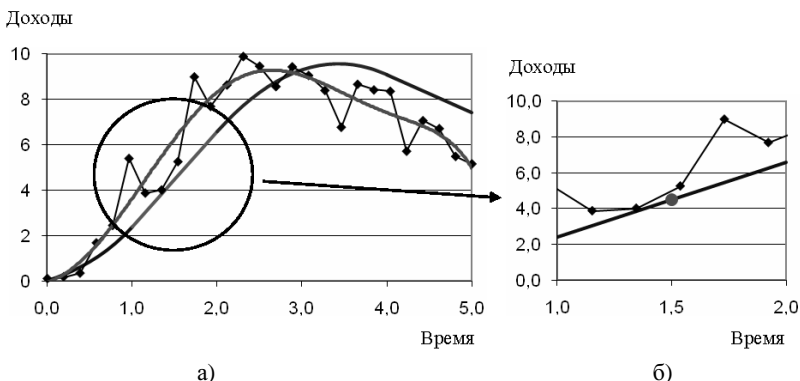


Рис. 3. Кривая жизненного цикла хитов на магнитных носителях и кривая прогноза построенная на основе одной точки второго этапа инновационной кривой: а) весь жизненный цикл, б) первый этап развития с обозначенной точкой для расчета прогноза.

Приведа выкладки, аналогичные приведенным выше для третьего этапа инновационного проекта, получим:

$$\left(-\frac{8}{5}s + 1 + \frac{8}{5}st - \frac{3}{20}st^2\right)e^s - 1 = 0.$$

И соответственно для формулы $s_{n+1} = s_n - \frac{y(s_n)}{y'(s_n)}$ значения:

$$y(s) = \left(-\frac{8}{5}s + 1 + \frac{8}{5}st - \frac{3}{20}st^2\right)e^s - 1 - f_0$$

$$y'(s) = \left(-\frac{8}{5} - \frac{8}{5}s + \frac{8}{5}t + \frac{8}{5}st - \frac{3}{20}t^2 - \frac{3}{20}st^2\right)e^s.$$

Вычисленное таким образом значение будет равно $s = 1,226$. Построив график прогнозируемой инновационной кривой (рис. 4), мы снова получим хорошее приближение к данным, полученным практически.

Можно предполагать, что описанный в статье подход, несмотря на то, что не вносит в алгоритм решения никаких допущений в силу того, что количество используемых для оценки точек крайне мало (одна реальная точка), не всегда имеет высокую достоверность. И может применяться только для грубой оценки перспектив развития инновационного проекта (оценки тенденций). Однако эксперименты с выбором точек на разных этапах показывают, что получаемые кривые достаточно близки друг к другу и практическим значениям, что подтверждается при проверке адекватности

получаемых моделей. При проверке методами χ^2 и Колмогорова–Смирнова [4] адекватность полученных кривых стабильно $> 50\%$. Это достаточно высокая степень достоверности при прогнозировании экономических показателей развития, которая может говорить не только о применимости метода, но также и о том, что процессы, происходящие во время жизненного цикла развития проектов, подчиняются вполне конкретным закономерностям. Эти закономерности могут быть описаны математически.

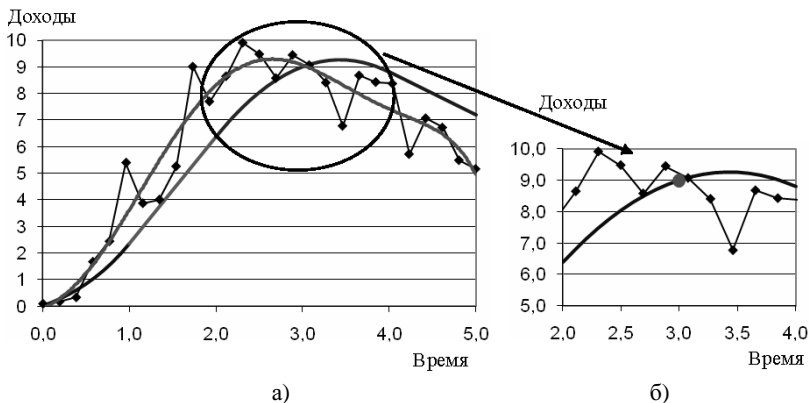


Рис. 4. Кривая жизненного цикла хитов на магнитных носителях и кривая прогноза построенная на основе одной точки третьего этапа жизненного цикла инновационного продукта: а) весь жизненный цикл, б) третий этап развития с обозначенной точкой для расчета прогноза.

Сомнения эффективности предложенного подхода могут быть связаны с тем, что пример для проведенных расчетов подобран специально. Но после проведения серии расчетов видно, что величина адекватности на других данных также $> 50\%$, а в ряде примеров стабильно $> 75\%$ (например рис. 5).

Заключение

Несмотря на недостатки, предложенный подход может решать задачу выбора проектов, которые принесут финансовую прибыль и смогут дать толчок развитию экономики [7]. При этом положительным моментом метода является то, что он не является статистическим методом и использует ограниченные сведения о проекте. получить которые не представляется затруднительным. Это значит, можно предположить, что предложенный подход лишен таких недостатков, как достоверность прогноза, только

на очень коротком промежутке времени, а также невозможность учета появления новых факторов [8].

Таким образом, единственная сложность, связанная с использованием данного подхода, состоит в правильном выделении проекта. Это важно для того, чтобы исключить влияния других проектов в рамках одной организационной структуры.

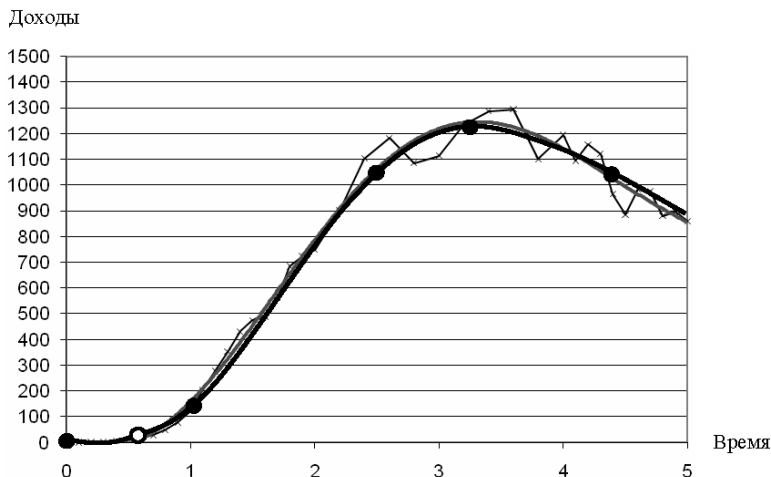


Рис. 5. Жизненный цикл продажи компьютеров одной марки частной фирмой г. Перми

Список литературы

1. *Красовский Ю.Д.* Организационное поведение. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2004.
2. *Попов В.Л. и др.* Управление инновационными проектами. – М.: Инфра–М, 2007. – 335 с.
3. *Amberg M., Mylnikov L.* Innovation project lifecycle prolongation method // Innovation and Knowledge Management in Twin Track Economies: Challenges&Solutions: Proc. Of the 11th Intern. Business Inform. Management Assoc. Conf., 2009. – P. 491–495.
4. *Мьльников Л.А., Трушников Д.Н.* Моделирование систем: практикум (учебное пособие по курсу «Моделирование систем»). – Пермь: ПГТУ, 2006. – 42 с.
5. *Яковенко Е. Г., Басс М. И., Махров Н. В.* Циклы жизни экономических процессов, объектов и систем. – М.: Наука, 1991. – 192 с.

6. Бахвалов Н., Жидков Н., Кобельников Г. Численные методы. – М.–СПб.: ФИЗМАТЛИТ, 2000. – 624 с.

7. Винокур В.М., Мыльников Л.А., Перминова Н.В. Подход к прогнозированию успешности инновационного проекта // Проблемы управления. – 2007. – № 4. – С. 56–59.

8. Инновационный менеджмент. – М.: Дело, 2006. – 584 с.

Инвестирование в инновационном развитии

Андреева С.М. (*sophiaandreeva@gmail.com*)

Липецкий государственный технический университет, г. Липецк

Аннотация

В статье рассматриваются основные моменты построения динамической модели смены технологий, в рамках которой ставится задача совместного выбора инновационной и инвестиционной политики; проводится обзор перспективных направлений исследований в области инновационного развития.

Ключевые слова: инновации, инновационность, инновационное развитие, инвестирование.

Abstract

In the following article the basic moments of making dynamic model of technologies' change are considered. Within the bounds of this model raise a problem of joint choice of innovative and investment politics. The overview of perspective fields of researches in the area of innovation development is carried out.

Введение

В настоящее время актуальной управленческой задачей стало повышение инновационности организаций, то есть их способности четко и адекватно реагировать на изменения рынка путем выпуска новой или модернизированной продукции, внедрения новых технологий производства и сбыта, реструктуризации, улучшения системы внутрифирменного управления и использования новейших маркетинговых стратегий. Как результат, инновационное развитие становится эффективным рыночным инструментом управления современными организациями, а инновационность – одним из конкурентных преимуществ [3].

Проблемы управления инновационным развитием являются предметом исследований в таких областях как:

- инновационный менеджмент;
- управление финансами;
- принятие решений;
- управление организационными системами;
- управление проектами и программами [1].

Инновационное развитие современной экономической системы происходит в основном за счёт небольших фирм, использующих высокие технологии. Инновации являются одним из основных факторов, которые позволяют получить конкурентные преимущества. Современные теории указывают на то, что инновации являются источником развития лишь при условии активного и эффективного их использования [3].

1. Общее описание модели

Аппарат дифференциальных уравнений и оптимального управления давно и успешно используется для построения моделей развития сложных систем. Можно сформулировать и исследовать динамическую модель смены технологий, в рамках которой ставится задача выбора инновационной политики (в какие моменты времени начинать разработку и/или внедрение той или иной новой технологии, включая принятие решений о целесообразности ее внедрения вообще) и инвестиционной политики – каков оптимальный график инвестиций в новые технологии. Модель является достаточно общей – она применима для любого объекта (экономического агента, принимающего решение относительно инновационного развития), начиная с уровня государства, разрабатывающего стратегию стимулирования инноваций, и заканчивая фирмой или крупной корпорацией, реализующей стратегию инновационного прорыва на отдельных рыночных нишах [2]. Целью при этом является максимизация критерия эффективности выбором последовательности смены технологий и вектора динамики ресурсов.

2. Основные моменты построения модели

Если рассмотреть динамику развития n технологий ($n > 1$) за определённый заданный период времени T , то динамику развития i -й технологии можно описать дифференциальным уравнением, для этого определяется функция достигнутого уровня развития технологий $x(t)$, где t принадлежит отрезку $[0, T]$, функция динамики изменения ресурсов $u(t)$ и функция скорости роста, зависящая от $x(t)$ и $u(t)$, это естественно, так как скорость зависит от количества ресурса и от уже достигнутого на предыдущем этапе уровня развития, т. е. «стартового» для данного этапа. Тогда дифференциальное уравнение примет вид:

$$X'_i(t) = \{g_i(x_{i-1}(t_i), u_i(t)) x_i(t) [Q_i - x_i(t)]\},$$

где $Q_1 < Q_2 < \dots < Q_n$ – это известные предельные уровни развития технологий (разность между «соседними» технологическими пределами характеризует технологический скачок), i принадлежит $N = \{1, 2, \dots, n\}$ – упорядоченному множеству технологий, $t_1 = 0 < t_2 < \dots < t_n < T$ – конечная последовательность моментов «переключения» – перехода от одной технологии к следующей.

При задании начальных условий: $x_1(0) = x_0 > 0$, $x_i(t) = 0$, t принадлежит $(t_{i+1}, T]$, i принадлежит $\{1, 2, \dots, n - 1\}$, получается:

$$x_i(t_i) = \max [x_0, x_{i-1}(t_i) - q_i],$$

где $i = 1, 2, \dots, N$, а q – потери, связанные с переходом к новой технологии.

Уровень развития инновационных технологий к концу рассматриваемого промежутка времени T определяется следующим образом:

$$X(T) = \max \{x_i(T)\} [1, 2].$$

3. Оптимизационная задача

В данной модели критерий эффективности можно записать в виде разности между доходом и затратами, тогда оптимизационная задача примет следующий вид: максимизировать критерий эффективности выбором определённой последовательности смены технологий и вектора $u(t)$ динамики ресурсов [2].

Чтобы получить нужное уравнение, необходимо определить ряд функций:

– функцию «дохода» $H(X(T))$, отражающая доход, получаемый в конце планового периода (зависящий от достигнутого уровня $X(T)$ развития технологий);

– функционал «дохода» $F(x) = \int_0^T f(x(t))dt$, отражающий доход, получаемый в процессе развития технологий;

– функцию затрат $C(u)$, зависящую от $u(t)$, $u(t) = (u_1(t), u_2(t), \dots, u_n(t))$ – вектор динамики ресурсов, который отражает инвестиционную политику [2].

Тогда уравнение для критерия эффективности примет вид:

$$H(X(T)) + F(x(t)) - C(u(t)) \rightarrow \max.$$

Заключение

В данной работе рассмотрен возможный вариант построения динамической модели смены технологий, изучены основные моменты построения данной модели и постановка оптимизационной задачи. Перспективными в данной области являются следующие направления дальнейших исследований.

1. Анализ чувствительности – изучение зависимости оптимального решения от начальных данных и параметров модели.

2. Введение неопределённости – получение решения, оптимального в условиях априорной неопределённости относительно различных параметров модели.

3. Сценарный анализ – исследование свойств оптимальных решений в зависимости от предположений, вводимых относительно диапазонов значений параметров модели.

4. Управление портфелем технологий – обобщение модели на случай выбора из нескольких технологий в момент переключения, причем множество альтернатив на каждом шаге может зависеть от множества уже реализованных технологий.

5. Следующим этапом может служить разработка и исследование игровой модели, в которой имеются несколько агентов, и отдача от инвестиций в новые технологии каждого зависит от действий его конкурентов [1, 2].

Список литературы

1. *Иващенко А.А., Колобов Д.В., Новиков Д.А.* Механизмы финансирования инновационного развития фирмы.

2. *Иващенко А.А., Новиков Д.А., Нижегородцев Р.М.* Инновационная и инвестиционная политика фирмы: модель смены технологий.

3. <http://journal.vlsu.ru> (Экономика региона (электронный научный журнал)).

УДК 658.5

Уравнение взаимосвязи основных экономических показателей промышленного комплекса

Астапов С.В., Богатырев В.Д. (samelev@rambler.ru)

*Самарский государственный аэрокосмический университет
им. академика С.П. Королева, г. Самара*

Аннотация

В статье представлено уравнение взаимосвязи основных экономических показателей промышленного комплекса, характеризующих его взаимодействие с поставщиками и предприятиями торгово-сбытовой сети.

Ключевые слова: промышленный комплекс, поставщики компонент, торгово-сбытовая сеть, взаимодействие, принятие управленческих решений.

Abstract

This article deals with equation of interrelation of enterprise main economic parameters, which characterize its collaboration with suppliers and distributing facilities.

Введение

На современном этапе развития экономической и управленческой науки наибольшее внимание уделяется вопросам менеджмента в одной конкретной организации, однако очевидно, что для ведения хозяйственной деятельности любая организация взаимодействует со множеством контрагентов, и для повышения эффективности и конкурентоспособности необходимо учитывать поведение и других организаций. Взаимосвязи агентов в организационных системах, к которым относится каждая организация, изучает теория игр, а конкретнее, теория управления организационно-экономическими системами [1]. Но методы данной теории являются общими и не настроены на решение конкретных экономических задач промышленного комплекса в его взаимодействии с ближайшими контрагентами – с поставщиками и предприятиями торгово-сбытовой сети. Для решения такого рода задач предлагается моделировать поведение каждого из участников взаимодействия и на этой основе формировать области компромисса, определяющие взаимовыгодное сочетание параметров заключаемых контрактов. Так как каждое взаимодействие складывается из набора материальных, финансовых и информационных связей, то для разработки моделей необходимо рассмотреть все связи и параметры, их характеризующие [2].

1. Анализ взаимодействия

Во-первых, в ходе хозяйственной деятельности промышленный комплекс получает от поставщиков компонент необходимые комплектующие изделия, детали и блоки, ведет сборку готовой продукции и поставляет ее в торгово-сбытовую сеть, которая в свою очередь реализует продукцию потребителям.

Во-вторых, промышленный комплекс, поставщики и предприятия торгово-сбытовой сети имеют доступ к кредитным ресурсам. Причем очевидно, что для каждого из участников условия кредитования различны в зависимости от устойчивости финансового положения, прогнозных доходов, динамики кредиторской и дебиторской задолженностей, а также наличия ликвидного залога.

В-третьих, все предприятия имеют учредителей или акционеров, которые могут предоставить им капитал для целей долгосрочного развития, например недвижимость, оборудование, технологии, торговую марку, денежные средства [3].

Важно также учитывать то, что для устранения внутрибрендовой конкуренции, повышения стабильности продаж, исключения лишних оптовых звеньев в торгово-производственной цепи и для повышения управляемости в последние годы промышленные комплексы начинают существенную перестройку многоуровневой системы сбыта и поставок. Для повышения собственного имиджа и имиджа продукции промышленные комплексы повышают требования к предприятиям торгово-сбытовой сети и поставщикам компонент – для первых разрабатывают типовые проекты торговых площадок, магазинов и складов, включающих демонстрационные залы, клиентские центры, сервисную зону, зону продаж запасных частей и аксессуаров, для вторых – проекты модернизации и переоборудования производств компонент, деталей, блоков и узлов, необходимых для производства готовой продукции. Из-за этого торговые предприятия и поставщики вынуждены заниматься реорганизацией своей деятельности, фактически заново перестраивая и модернизируя производства, магазины, склады и базы, что требует существенных вложений. А промышленные комплексы, кроме требований к производству и торговым площадкам, еще устанавливают в качестве обязательных проведение собственного аудита у контрагентов и размеры наценок, сроки оплаты.

Кроме того, моделирование материальных потоков незавершенной продукции, компонент, сырья и материалов предполагает, что должны быть известны функциональные зависимости необходимых объемов запасов этих ресурсов при известных объемах потребления готовой продукции.

Данные зависимости определяются конкретной технологией производства промышленного комплекса и поставщиков и могут быть рассчитаны на базе системы планирования материальных потребностей (СПМП).

Метод СПМП включает в себя дерево, которое отображает состав и последовательность его изготовления, а также ведомость инвентарных записей, которая содержит спецификации на все его элементы, данные о месте их закупки или производства и времени, необходимом для их поставки или изготовления. На нижних ветвях дерева технологии производства готовой продукции находятся компоненты самого низкого уровня, которые само предприятие не производит, а закупает у сторонних организаций – поставщиков. Это могут быть полуфабрикаты, блоки, узлы, комплектующие изделия, детали, а также сырье и материалы.

Далее предлагается использовать метод СПМП для расчета технологических коэффициентов, которые показывают объемы потребностей в каждом виде компонент для производства единицы готовой продукции. В формализованном виде можно записать, что λ_{lj} - объем потребностей в j -м виде компонент для производства единицы готовой продукции l -го вида, где $j = 1, \dots, J$ и $l = 1, \dots, L$, J - кол-во видов компонент, используемых в производстве, L - кол-во ассортиментных позиций готовой продукции, производимой предприятием. Причем для готовой продукции l -го вида технологические коэффициенты будут представлять собой вектор $\lambda_l = (\lambda_{l1}, \dots, \lambda_{lj}, \dots, \lambda_{lJ})$. Для всей готовой продукции предприятия коэффициенты сформируют матрицу λ , строками которой будут вектора λ_l :

$$\lambda = \begin{pmatrix} \lambda_{11} & \dots & \lambda_{1j} & \dots & \lambda_{1J} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \lambda_{l1} & \dots & \lambda_{lj} & \dots & \lambda_{lJ} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \lambda_{L1} & \dots & \lambda_{Lj} & \dots & \lambda_{LJ} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \lambda_1 \\ \dots \\ \lambda_l \\ \dots \\ \lambda_L \end{pmatrix}.$$

Зная матрицу таких коэффициентов, можно рассчитать потребности в запасах всех видов компонент, необходимых для производства всей номенклатуры готовой продукции. Для этого в соответствии с методом СПМП необходимо перемножить объемы каждого вида производимой продукции на соответствующие технологические коэффициенты, а далее провести суммирование для каждого вида компонент. То есть, потребность в компонентах j -го вида для производства готовой продукции l -го

вида в объеме q_l будет равна $\Lambda_{lj} = \lambda_{lj} \cdot q_l$, а потребность для всей продукции в компонентах j -го вида рассчитывается следующим образом:

$$\Lambda_j = \sum_{l=1}^L \Lambda_{lj} = \sum_{l=1}^L \lambda_{lj} \cdot q_l.$$

2. Экономико-математическая модель промышленного комплекса

При формировании модели промышленного комплекса предполагается, что доходы и издержки не изменяются по годам, то есть прибыль имеет фиксированное значение.

Валовой доход моделируется как сумма доходов, полученных от всех предприятий торговой-сбытовой сети, причем доход от каждого равен его розничной выручке за вычетом комиссионных вознаграждений:

$$R_C = \sum_{k=1}^K (R_{\Sigma k} - R_k),$$

где R_C - валовой доход промышленного комплекса, $R_{\Sigma k}$ и R_k - розничная выручка и комиссионное вознаграждение k -го предприятия торговой-сбытовой сети соответственно, K - количество предприятий, реализующих товары промышленного комплекса.

В данной статье предлагается моделировать издержки промышленного комплекса C_C в виде двух слагаемых – издержек C_{SC} , связанных с банковским кредитом, и прочих издержек C_{FC} , включающих в себя остальные виды затрат: $C_C = C_{SC} + C_{FC}$.

Проценты по банковскому кредиту рассчитываются в виде произведения суммы кредита S_C на процент по кредиту за период i_C и на число периодов t_{CCC} :

$$C_{SC} = S_C \cdot i_C \cdot t_{CCC}.$$

Число периодов – это срок между оттоком денежных средств при расчете с поставщиками компонент и притоком от торговой-сбытовой сети за реализованную готовую продукцию, то есть продолжительность финансового цикла:

$$t_{CCC} = t_C + t_{AC} - t_{BC},$$

где t_k , t_{Ak} , t_{Bk} - продолжительности оборачиваемости запасов, кредиторской задолженности торговой-сбытой сети и промышленного комплекса перед поставщиками компонент соответственно.

Если промышленный комплекс оплачивает поставщикам компонент авансом, то величина t_{BC} будет отрицательной – финансовый цикл увеличивается, а если предприятия торгово-сбытовой сети оплачивают готовую продукцию авансом, то величина t_{AC} принимает отрицательные значения – финансовый цикл сокращается. Причем необходимо отметить, что, так как промышленный комплекс устанавливает для всей торгово-сбытовой сети одинаковые условия контрактов, то и сроки оплаты в днях и тип оплаты (предоплата или отсрочка платежа) будут для всех одинаковы: $t_{AC} = t_{B1} = t_{B2} = \dots = t_{Bk} = \dots = t_{BK}$.

Сумма кредита для промышленного комплекса представляет собой суммы, которые необходимы для покрытия всех видов платежей в период времени между оттоком денежных средств при расчете с поставщиками компонент и притоком от торгово-сбытовой сети за реализованную готовую продукцию.

В данном случае под всеми видами платежей подразумеваются все виды затрат, связанные с закупкой компонент у поставщиков, то есть, при количестве видов компонент, используемых в производстве, равном J , сумма кредита – это сумма произведений объемов закупаемых компонент Λ_j на цены z_j по каждому виду:

$$S_C = \sum_{j=1}^J z_j \cdot \Lambda_j, \quad \Lambda_j = \sum_{l=1}^L Q_l \cdot \lambda_{lj},$$

где λ_{lj} - объем потребностей в j -м виде компонент для производства единицы готовой продукции l -го вида ($j = 1, \dots, J$).

Зная сумму кредита и сроки, предлагается издержки промышленного комплекса по оплате процентов по банковскому кредиту моделировать следующим образом:

$$C_{SC} = S_C \cdot i_C \cdot t_{CCC} = i_C \cdot (t_C + t_{AC} - t_{BC}) \cdot \sum_{j=1}^J z_j \cdot \Lambda_j.$$

С учетом вышесказанного ниже сформирована модель принятия управленческих решений промышленным комплексом. При заданном инвесторами промышленного комплекса уровне рентабельности необходимо установить такие уровни наценки и сроки оплаты на готовую продукцию для предприятий торгово-сбытовой сети и наценки и сроки оплаты на компоненты для поставщиков, чтобы сроки окупаемости проектов модернизации соответствующих торговых площадок и производств были приемлемыми для инвесторов торгово-сбытовой сети и поставщиков. Причем промышленный комплекс должен предлагать и прочие условия

контрактов, такие, чтобы количество предприятий торгово-сбытовой сети было достаточным для сбыта объемов готовой продукции, обеспечивающих максимальную загрузку его производственных мощностей, а количество поставщиков обеспечивало потребности в компонентах. Примерами таких условий являются обязательные для всей сети розничные цены, объемы продаж, которые обязуется реализовать предприятие торгово-сбытовой сети за определенный период, объемы поставок, которые обязуются осуществить поставщики.

Так как рентабельность представляет собой отношение чистой прибыли P_C к валовому доходу R_C , то при заранее заданной инвесторами промышленного комплекса рентабельности продаж в размере g_C , также называемой чистой рентабельностью реализованной продукции, экономико-математическая модель формируется следующим образом: $(1 - g_C) \cdot R_C = C_C$.

Учитывая предложенные выше формулы валового дохода и издержек, состоящих из двух слагаемых C_{FC} и C_{SC} , модель можно записать подробнее:

$$(1 - g_C) \cdot (1 - b) \cdot \sum_{k=1}^K R_{\Sigma k} = C_{FC} + i_C \cdot (t_C + t_{AC} - t_{BC}) \cdot \sum_{j=1}^J z_j \cdot \Lambda_j.$$

Данная модель представляет собой уравнение взаимосвязи основных экономических параметров взаимодействия промышленного комплекса и его контрагентов.

Из данного уравнения видно, что, с одной стороны, промышленный комплекс регулирует отношения инвесторов предприятий торгово-сбытовой сети к участию в обновлении основных фондов и в реализации заданных объемов готовой продукции путем установления одинаковых для всех наценки b и сроков платежа t_{BC} дней, которые бы обеспечивали приемлемую окупаемость. С другой стороны, промышленный комплекс регулирует отношения инвесторов предприятий-поставщиков к участию в обновлении основных фондов и в поставке заданных объемов компонент путем установления одинаковых для всех наценки a и сроков оплаты t_{AC} дней, которые бы также обеспечивали приемлемую для них окупаемость. Причем при заключении контрактов с поставщиками для промышленного комплекса рациональнее устанавливать условия контракта не индивидуально, а так же, как и для предприятий торгово-сбытовой сети разделить их на группы или категории, и для каждой группы установить единые условия по торговой наценке и срокам оплаты, либо установить единые величины для всех.

Заключение

При принятии управленческих решений промышленным комплексом необходимо из вышеприведенного уравнения выразить одну величину через три других для заданных начальных параметров – сроков окупаемости и уровня рентабельности. Любая комбинация наценок и сроков оплат, рассчитанная по данному уравнению, обеспечит приемлемый срок окупаемости для предприятий торгово-сбытовой сети и поставщиков, а, значит, и их согласие заключить контракт на условиях, предложенных промышленным комплексом.

Список литературы

1. Бурков В.Н., Новиков Д.А. Теория активных систем: состояние и перспективы. – М.: СИНТЕГ, 1999. – С. 4–5.
2. Астапов С.В., Богатырев В.Д. Согласование взаимодействия между предприятием автомобильной промышленности и сервисно-сбытовой сетью // Сб. ст. VIII междунар. науч.-практ. конф. «Социально-экономические проблемы развития предприятий и регионов». – Пенза: ПДЗ, 2008. – С. 15–18.
3. Богатырев В.Д. Повышение эффективности управления промышленными комплексами путем разработки и внедрения механизмов согласованного взаимодействия // Сб. тр. «Управление большими системами». Выпуск 8. – М.: ИПУ РАН, 2004. – С. 87–105.

Управление организационными и социально-экономическими системами на основе модели и алгоритма корректировки бюджетов

*Баймуратова Р. Р. (rbaimuratova@mail.ru),
Самарский государственный аэрокосмический университет
им. академика С.П. Королева, г. Самара*

Аннотация

Актуальной задачей управления организационными и социально-экономическими системами является корректировка фактических результатов при их отклонении от плановых. В статье представлена экономико-математическая модель и алгоритм, определяющие оптимальный набор мероприятий, которые позволяют осуществить управление по отклонениям для приближения фактических показателей к плановым. Модель и алгоритм могут быть реализованы для любого бюджета и любого подразделения финансовой структуры компании.

Ключевые слова: бюджет, управление по отклонениям, экономический эффект, матрица мероприятий, финансовые потоки, детализированный контроль.

Abstract

Correcting of the results at their deviation from planned is a challenge of organizational and social-economic systems management. The economic-mathematical model and algorithm defining an optimum set of actions which allow exercising management by exception for approaching actual indicators to the planned is presented in the article. The model can be realized for any budget and any division of financial structure of the company.

Введение

На сегодняшний день полученные теоретические и прикладные результаты теории управления организационными системами свидетельствуют, что использование моделей теории управления является эффективным средством повышения эффективности управления организационными системами самого разного масштаба — от отдела и подразделения, до отрасли и региона. В то же время практика ставит перед специалистами по управлению новые задачи.

При управлении организационными и социально-экономическими системами актуальным является решение задачи корректировки запланированных результатов при их отклонении от плановых. Для управления по отклонениям предлагается использовать метод финансового менеджмента, а именно: метод бюджетирования.

1. Формирование модели

При бюджетировании на этапе планирования формируются оптимальные бюджеты, которые включают в себя основные параметры, характе-

ризующие материальные и финансовые потоки. В ходе реализации бюджетов возникающие отклонения корректируются с использованием алгоритмов контроля, анализа и регулирования бюджетов предприятия [1]. Учитывая, что мероприятия управления по отклонениям являются затратными, а выделяемые на эти цели средства ограничены, предлагается разработать экономико-математическую модель, обеспечивающую оптимальный выбор таких мероприятий. Экономический эффект от их реализации можно записать следующим образом:

$$\Delta E_i = D_i - L_i,$$

где D_i — доход, который получит компания при реализации i -го мероприятия управления по отклонениям, L_i — потери, понесенные компанией в результате невыполнения бюджета по некоторой статье, отклонения по которой управляются i -м мероприятием, ΔE_i — экономический эффект от реализации i -го мероприятия управления по отклонениям, i — порядковый номер мероприятия, $i = 1, \dots, I$.

Вышесказанное можно представить в виде схемы, изображенной на рисунке 1.

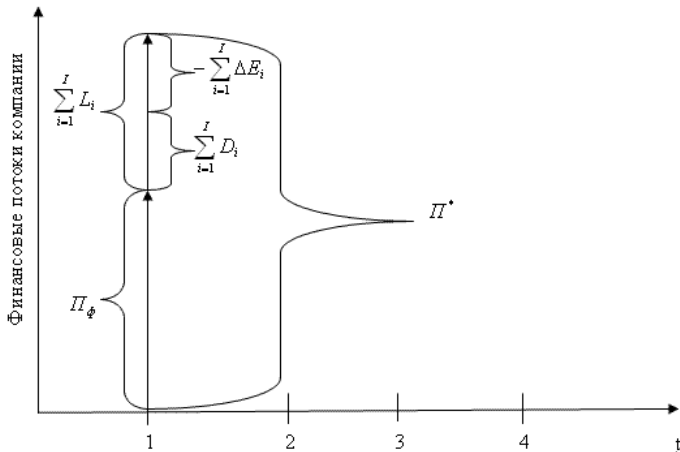


Рис. 1. Экономический эффект мероприятий по управлению по отклонениям

На приведенном рисунке используются следующие обозначения:

Π^* — плановая прибыль компании; Π_ϕ — фактическая прибыль компании,

$\sum_{i=1}^I D_i$ — доход, который получит компания от реализации оптимального

набора мероприятий управления по отклонениям; $-\sum_{i=1}^I \Delta E_i$ — финансовые потери компании от невыполнения бюджета (управление по отклонениям минимизирует потери, но не покрывает их полностью).

При этом эти мероприятия должны быть подобраны так, чтобы эффект от их проведения оказался максимальным, но затраты на их проведение, т. е. стоимость мероприятий, не превышали заданный уровень по затратам.

Целевую функцию задачи управления по отклонениям предлагается представить следующим образом:

$$\Delta E(t) = \sum_{i=1}^I \Delta E_i(t) \cdot x_i(t) \rightarrow \max,$$

где $x_i(t)$ — логический индикатор выполнения i -го мероприятия управления по отклонениям в периоде t , t — текущий период времени.

Индикаторы $x_i(t)$ формируют матрицу проводимых мероприятий (I -мерный вектор) управления по отклонениям в период t :

$$x(t) = (x_1(t), x_2(t), \dots, x_I(t)).$$

Причем элементы матрицы $x_i(t) = 1$, если мероприятие с номером i будет проводиться, $x_i(t) = 0$, если мероприятие с номером i не будет проводиться в период времени t .

Чтобы сформировать ограничения задачи, предлагается проанализировать финансовые потоки компании во времени. Финансовые потоки компании во времени с учетом затрат на проведение мероприятий управления по отклонениям представлены на рисунке 2.

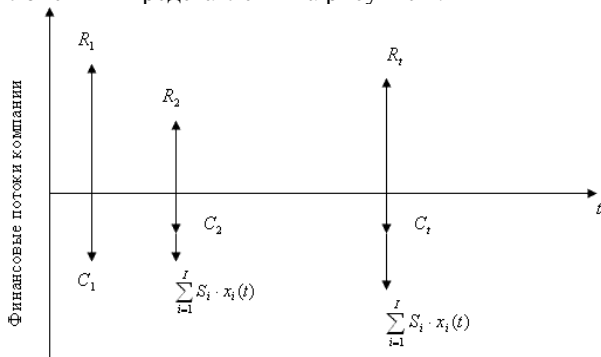


Рис. 2. Финансовые потоки компании во времени с учетом затрат на проведение мероприятий по управлению отклонениями

На приведенном рисунке R_t — выручка, полученная компанией в период t , C_t — издержки компании в период t , S_i — затраты на осуществление i -го мероприятия управления по отклонениям, $x_i(t)$ — индикатор выполнения i -го мероприятия, проводимого компанией по управлению по отклонениям в период t .

Ограничения в общем виде можно представить в виде рекурсивной формулы:

$$\sum_{i=1}^I S_i \cdot x_i(t) \leq \lambda \cdot \left[\sum_{\tau=1}^t (R_\tau - C_\tau - \sum_{i=1}^I S_i \cdot x_i(\tau)) \right].$$

Левая часть неравенства $\sum_{i=1}^I S_i \cdot x_i(t)$ представляет собой сумму затрат на проведение мероприятий, которые были выбраны с целью минимизации финансовых потерь компании, явившимися следствием невыполнения бюджета, по принципу максимизации экономического эффекта от их проведения. Правая часть состоит из нескольких множителей: λ — доля прибыли, закладываемая в бюджете на управление по отклонениям, $\sum_{\tau=1}^t R_\tau - C_\tau - \sum_{i=1}^I S_i \cdot x_i(\tau)$ — сумма нераспределенных прибылей в период t .

Тогда, с учётом вышеприведённой целевой функции ограничений и обозначений, задача максимизации эффекта от управления по отклонениям формулируется следующим образом:

$$\begin{cases} \Delta E_i \cdot x_i(t) \xrightarrow{x(t)} \max, \\ \sum_{i=1}^I S_i \cdot x_i(t) \leq \lambda \cdot \left[\sum_{\tau=1}^t (R_\tau - C_\tau - \sum_{i=1}^I S_i \cdot x_i(\tau)) \right], \\ x(t) = (x_1(t), x_2(t), \dots, x_I(t)), \\ t = 1, \dots, T. \end{cases}$$

Решить такую задачу можно методом простого перебора и методами комбинаторной оптимизации.

2. Разработка алгоритма

Для выявления и количественной оценки отклонений, разработки набора наиболее эффективных мероприятий, позволяющих нейтрализовать воздействие негативных отклонений на прибыль, разработан алгоритм управления по отклонениям при контроле исполнения бюджетов, основанный на механизме «затраты – эффект» [2]. Схема алгоритма представлена на рисунке 3.

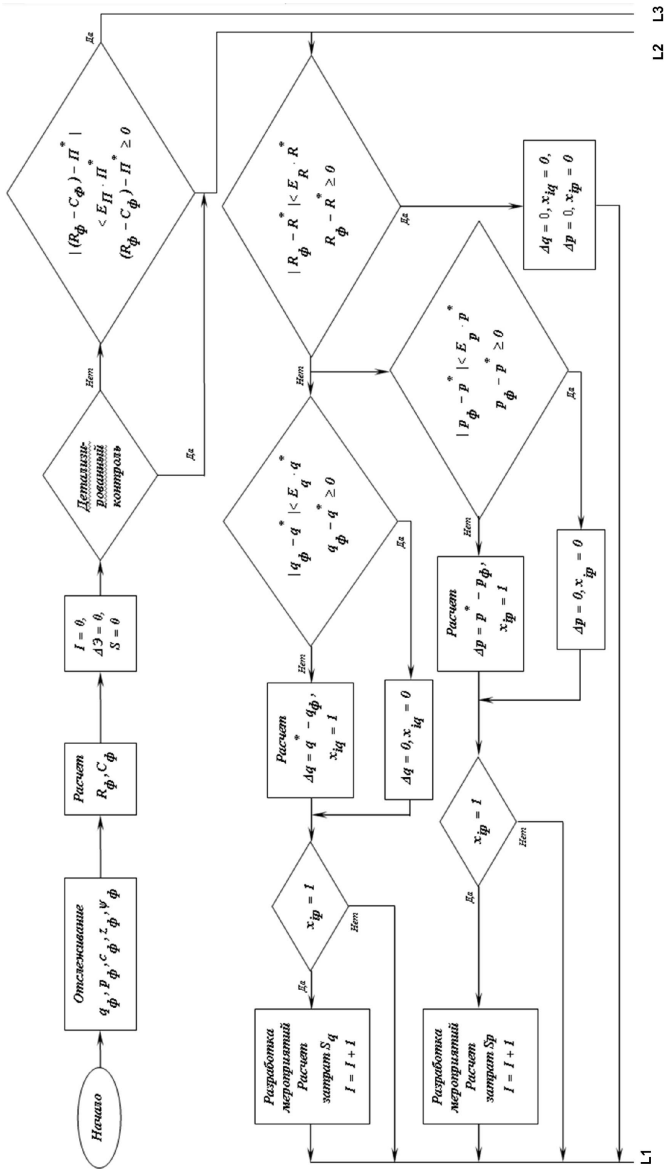


Рис. 3.1. Алгоритм управления по отклонениями при контроле исполнения бюджетов

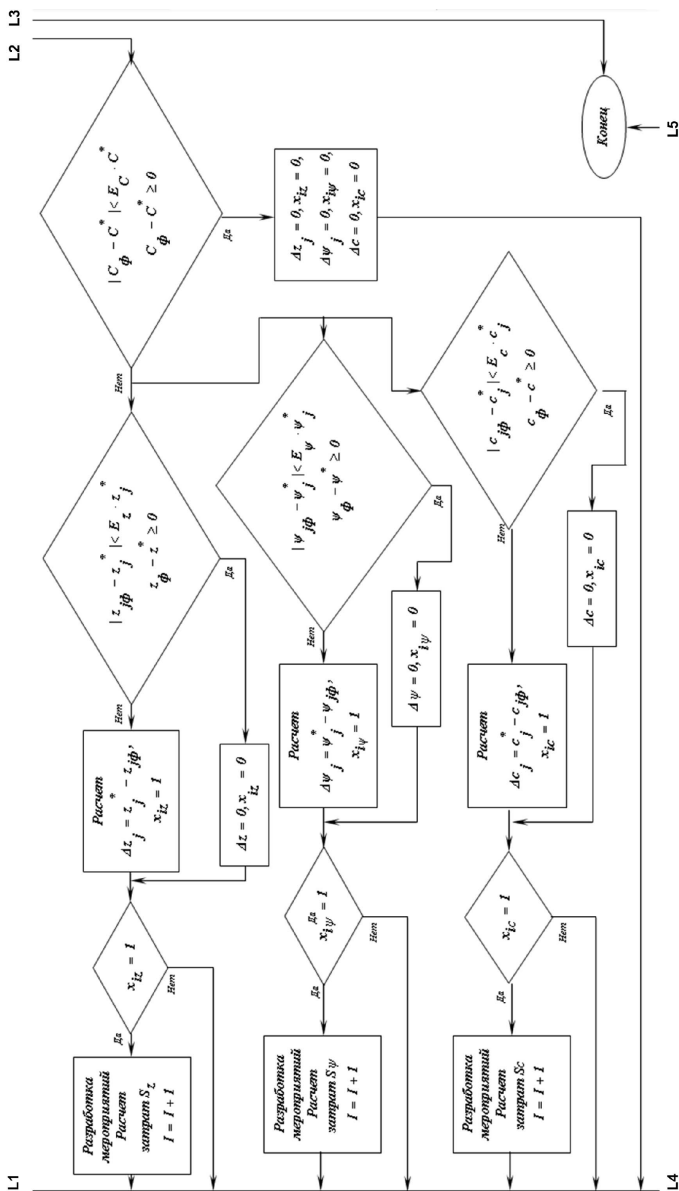


Рис. 3.2. Алгоритм управления по отклонениями при контроле исполнения бюджетов

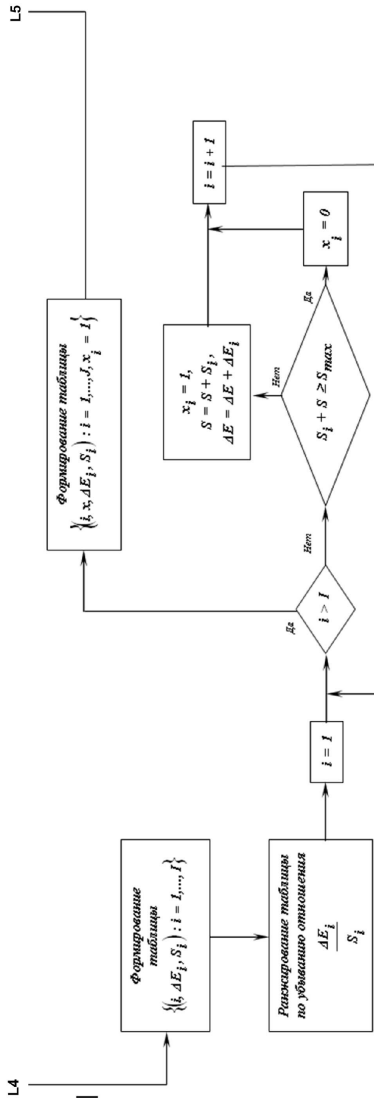


Рис. 3.3. Алгоритм управления по отклонениями при контроле исполнения бюджетов

Существенными параметрами оценки исполнения бюджетов являются цены и объем спроса на услуги, прямые, управленческие и коммерческие расходы.

На первом этапе работы алгоритма определяются фактические цены p_ϕ , объем спроса на услуги q_ϕ , прямые расходы z_ϕ , управленческие расходы Ψ_ϕ , коммерческие расходы c_ϕ . Рассчитываются фактические доходы R_ϕ и издержки за период C_ϕ . Задаются начальные значения параметров мероприятий:

$$I = 0, \Delta E = 0, S = 0,$$

где I — число рекомендованных мероприятий управления по отклонениям, ΔE — экономический эффект от проведения мероприятий, S — суммарные затраты на реализацию мероприятий.

На втором этапе осуществляется сравнение: если разность между фактической и запланированной прибылью меньше допустимого отклонения, которое задается параметром E в долях от планового параметра, или положительна или равна нулю, то работа алгоритма заканчивается, мероприятия по управлению по отклонениям не разрабатываются:

$$(R_\phi - C_\phi) - \Pi^* < E_\Pi \cdot \Pi^*$$

или

$$(R_\phi - C_\phi) - \Pi^* \geq 0.$$

Размер допустимого отклонения E задается на основании статистического анализа отклонений, возникавших в предшествующие бюджетные периоды. Если значение отклонения фактической прибыли от запланированной больше допустимого, то начинается детальная проверка отклонений.

Детализированный контроль заключается в составлении гибкого бюджета за период и анализе отклонений, состоящем из двух основных блоков — анализ отклонений доходов и анализ отклонений расходов компании. После окончания данной проверки и выявления всех имеющихся отклонений, превышающих допустимый уровень, формируется таблица из I мероприятий по устранению выбранных отклонений, где I — количество выявленных отклонений, величина которых превышает допустимый уровень.

Далее происходит ранжирование таблицы по убыванию отношения экономического эффекта от проведения мероприятий к затратам на их проведение. Так как средства, предназначенные для ликвидации отклонений, ограничены, то они распределяются в соответствии с ранжированной таблицей таким образом, чтобы в первую очередь ликвидировать отклонения, наибольшим образом влияющие на уменьшение прибыли промышленного предприятия.

Результатом работы алгоритма является таблица рекомендованных мероприятий управления по отклонениям в период t , состоящая из 4 граф: 1-я графа — порядковый номер мероприятия, 2-я — экономический эффект от проведения i -го мероприятий, 3-я — затраты на проведение i -го мероприятия, 4-я — логический индикатор.

На приведенном рисунке используются следующие обозначения: $(R_\phi - C_\phi)$ — фактическая прибыль; E — норматив допустимых отклонений; x_i — логический индикатор; R — выручка; C — издержки; p — цена услуги; q — объем спроса на услуги; z — прямые расходы, ψ — управленческие расходы, c — коммерческие расходы, P^* — запланированная прибыль; I — количество мероприятий; $\Delta \Xi$ — суммарный экономический эффект от реализации мероприятий управления по отклонениям; S — суммарные затраты на реализацию мероприятий; S_i — затраты на реализацию единичного мероприятия; ΔE_i — экономический эффект от реализации единичного мероприятия, S_{\max} — средства, выделенные на реализацию мероприятий управления по отклонениям, $\Delta \Pi$ — потери компании при фактическом значении параметра, j — порядковый номер статьи бюджета.

3. Заключение

Разработанные экономико-математическая модель и алгоритм определяют оптимальный набор мероприятий, позволяющих осуществить контроль исполнения бюджетов и получать таблицу рекомендованных мероприятий управления по отклонениям. Они являются основанием для принятия управленческих решений по мерам, принимаемым для оптимизации работы компании в соответствии с ранее разработанным бюджетом. Модель может быть реализована для любого бюджета и любого подразделения финансовой структуры компании.

Список литературы

1. Шахватова М.В., Ендорова В.Н. Алгоритмы контроля, анализа и регулирования исполнения бюджетов предприятия // Экономический анализ: теория и практика. – 2004. – № 9(24). – С. 4–9.
2. Андронникова Н.Г., Баркалов С.А., Бурков В.Н., Котенко А.М. Модели и методы оптимизации региональных программ развития. – М.: ИПУ РАН, 2001. – 60 с.

Планирование действий механизмов финансовой стабилизации предприятия на основе модели направленности индикаторов безопасности

*Баркалов С.А., Павлов П.В., Шакина Т.С. (vigasu@rambler.ru),
Воронежский государственный архитектурно-строительный университет, г. Воронеж*

Основа модели – это сценарий развития кризисного изменения стратегической направленности развития предприятия и нейтрализации угрозы кризиса, а также восстановления стратегической направленности развития предприятия. При нахождении ранних признаков кризисного развития, расчете финансового состояния предприятия осуществляется соответствие данной ситуации со стадиями кризиса, совпадающими с базовыми стратегиями развития. Это дает возможность произвести мониторинг финансового состояния фирмы, выбрать индикаторы безопасности и переломы их тенденций, что дает объективное понятие начала кризисного состояния предприятия.

Существует 4 типа зависимостей структурных элементов капитала и его источников:

$$\left(\frac{ВНА}{Б}\right) = f\left(\frac{СК}{Б}\right) \quad (1)$$

$$\left(\frac{ВНА}{Б}\right) = f\left(\frac{СК}{Б} + \frac{ДО}{Б}\right) \quad (2)$$

$$\left(\frac{ВНА}{Б} + \frac{ЗИЗ}{Б}\right) = f\left(\frac{СК}{Б}\right) \quad (3)$$

$$\left(\frac{ВНА}{Б} + \frac{ЗИЗ}{Б}\right) = f\left(\frac{СК}{Б} + \frac{ДО}{Б}\right) \quad (4)$$

Любые расчетные формулы путем преобразований можно привести из традиционных форм в формы, отражающие тип зависимостей. Это возможно с помощью приравнивания расчетной формулы показателя к его рекомендуемому числовому значению и отнесения каждого члена полученного уравнения к итогу баланса.

Например, коэффициент текущей ликвидности:

$$K_{мл} = \frac{ОА}{КО} = \frac{Б - ВНА}{Б - (СС + ДО)}, \quad (5)$$

и если приравнять к пороговому значению $K_{мл} = 1$, то

$$\frac{ВНА}{Б} = \frac{СК}{Б} + \frac{ДО}{Б} . \quad (6)$$

Получилась вторая зависимость.

Наглядным образом реализовать модель направленности при оценке финансового состояния предприятия можно с помощью векторов. По данным бухгалтерской отчетности предприятия «N» приведу пример расчета числовых значений индикаторов безопасности на начало и конец отчетного периода и определю направленность динамики этих показателей относительно их пороговых значений:

Коэффициент текущей ликвидности:

$$K_{мл} = \frac{OA}{KO} \geq 1 \div 2 . \quad (7)$$

Числовые значения индикаторов безопасности на начало отчетного периода:

$$\frac{158059}{60999} = 2,591 .$$

Числовые значения индикаторов безопасности на конец отчетного периода:

$$\frac{154169}{93130} = 1,655 .$$

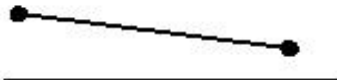


Рис. 1. Направленность динамики индикаторов безопасности относительно пороговых значений коэффициента текущей ликвидности

Доля собственных оборотных средств в покрытии запасов:

$$D_{coc} = \frac{СК - ВНА}{ЗИЗ} \geq 1 . \quad (8)$$

Начало периода:

$$\frac{66342 - 192922}{53466} = -2,367 .$$

Конец периода:

$$\frac{30394}{239941} = 0,127 .$$

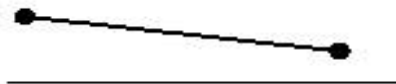


Рис. 2. Направленность динамики индикаторов безопасности относительно пороговых значений доли собственных оборотных средств в покрытии запасов

Рентабельность капитала:

$$ROA = \frac{Pr}{B} \times 100\% > 0. \quad (9)$$

Начало периода:

$$\frac{1389}{350981} = 0.396.$$

Конец периода:

$$\frac{637}{239941} = 0.265.$$

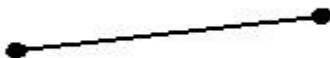


Рис. 3. Направленность динамики индикаторов безопасности относительно пороговых значений рентабельности капитала

Коэффициент оборачиваемости капитала:

$$K_{об1} = \frac{B_1}{B_0} > K_{об0} = \frac{B_0}{B_0}. \quad (10)$$

Начало периода:

$$\frac{22123}{350981} = 0.063.$$

Конец периода:

$$\frac{30394}{239941} = 0.127.$$



Рис. 4. Направленность динамики индикаторов безопасности относительно пороговых значений коэффициента оборачиваемости капитала

Расчет этих значений дает только поверхностный обзор состояния фирмы. Само по себе кризисное состояние вызывается несоответствием финансово-хозяйственных показателей предприятия параметрам внешней среды. Антикризисные решения лежат в области организационных мер: пересмотр стратегии развития, финансовая стабилизация предприятия, что, в свою очередь, является качественной стороной мероприятий по предотвращению кризисных явлений.

Количественная сторона мероприятий антикризисного управления связывается с числовыми значениями важных параметров развития предприятия. Так как наиболее распространенным является кризис, вызванный неоптимальной структурой актива предприятия или структурой его источников, то количественное планирование действий антикризисных механизмов финансовой стабилизации предприятия удобно осуществлять не в абсолютных, а в удельных показателях структурных составляющих актива (имущества) предприятия и его источников (капитала).

Такой подход дает возможность поддерживать необходимые параметры финансовой устойчивости и ликвидности предприятия путем нахождения и установления нужных пропорций структуры имущества предприятия и его источников. Он особенно эффективен в графическом исполнении, когда текущие значения показателей сравниваются с критическими, и появляется возможность наглядного представления путей изменения структуры баланса в сторону его антикризисных значений.

Можно составить координационную сетку для наглядного представления из наибольших числовых значений, а именно: из удельных весов основных статей баланса к его итогу: $\frac{ВНА}{Б}$, $\frac{ОА}{Б}$, $\frac{ЗИЗ}{Б}$, $\frac{СК}{Б}$, $\left(\frac{СК}{Б} + \frac{ДО}{Б}\right)$, $\frac{КО}{Б}$.

По оси абсцисс располагается сумма удельных весов основных статей пассива баланса:

$$\frac{СК}{Б} + \frac{ДО}{Б} + \frac{КО}{Б} = 100\% , \quad (11)$$

а по оси ординат сумма удельных весов основных статей актива баланса:

$$\frac{ВНА}{Б} + \frac{ЗИЗ}{Б} + \left(\frac{ОА}{Б} - \frac{ЗИЗ}{Б}\right) = 100\% . \quad (12)$$

Отсюда можно выразить несколько показателей:

$$\frac{ОА}{Б} = 100\% - \left(\frac{СК}{Б} + \frac{ДО}{Б}\right) \times 100\% . \quad (13)$$

Показатели $\frac{ВНА}{Б}$, $\frac{ЗИЗ}{Б}$, $\frac{СК}{Б}$, $\frac{ДО}{Б}$ можно использовать в качестве координатных осей для графического определения областей кризисных и антикризисных значений параметров развития предприятия.

Влияние этих показателей на развитие предприятия достаточно велико.

1. Уменьшение доли внеоборотных активов и соответственно увеличение доли оборотных активов считается положительной тенденцией и свидетельствует о более мобильной структуре активов, способствующей ускорению оборачиваемости средств предприятия. В то же время это может быть связано с сокращением производственной базы предприятия и с отвлечением части активов на кредитование товаров и услуг, дебиторов.

2. Чем выше значение доли внеоборотных активов, тем более ресурсоемко предприятие, тем выше производственный риск, так как вложения во внеоборотные активы должны окупаться за счет будущих поступлений.

3. Стабильная структура суммы долей внеоборотных и оборотных активов свидетельствует о стабильном, хорошо отлаженном процессе производства и сбыта продукции.

4. Увеличение значения доли запасов может говорить о том, что происходит спад активности предприятия. Большие сверхплановые запасы приводят к замораживанию оборотного капитала, замедлению его оборачиваемости.

5. Чем выше удельный вес капитала, тем устойчивее финансовое состояние предприятия и тем меньше риск потерь у кредиторов.

6. Снижение удельного веса долгосрочных обязательств считается положительной тенденцией, но в ряде случаев наличие большой доли долгосрочных обязательств, направленной на увеличение инвестиционной активности выполнения долгосрочных программ, нельзя считать отрицательным фактором.

Используя координатные оси $\left(\frac{СК}{Б} + \frac{ДО}{Б}\right)$ и $\left(\frac{ВНА}{Б} + \frac{ЗИЗ}{Б}\right)$, можно построить графическую модель поиска антикризисных соотношений элементов структуры имущества предприятия и его источников.

Этапы построения.

1. Линия 1 делит поле графической модели на две области: А – финансовой неустойчивости, (В+С) – финансовой устойчивости. Строится по уравнению:

$$\frac{СК}{Б} = \frac{ВНА}{Б} + \frac{ЗИЗ}{Б} . \quad (14)$$

2. Линия 2 делит поле на: (А+В) – область недостаточной текущей ликвидности, С – область достаточной текущей ликвидности. Строится по уравнению:

$$\left[\frac{ВНА}{Б} = 2 \left(\frac{СК}{Б} + \frac{ДО}{Б} \right) - 1 \right]. \quad (15)$$

3. Точка пересечения значений $\left(\frac{ВНА}{Б} + \frac{ЗИЗ}{Б} \right)$ и $\left(\frac{СК}{Б} \right)$ является текущим значением финансовой устойчивости.

4. Точка пересечения значений $\left(\frac{ВНА}{Б} \right)$ и $\left(\frac{СК}{Б} + \frac{ДО}{Б} \right)$ является значением ликвидности предприятия.

Все возможные сочетания различных текущих значений финансовой устойчивости и ликвидности образуют четыре типовые ситуации:

Ситуация 1. Область (В + С) финансовой устойчивости

$$Д_{\text{соч}} > 1$$

и область С достаточной ликвидности

$$К_{\text{пл}} > 2:$$

$$\left(\frac{ВНА}{Б}; \frac{ЗИЗ}{Б}; \frac{СК}{Б} + \frac{ДО}{Б} \right) = const \quad (16)$$

Условие:

$$\frac{ЗИЗ}{Б} < \left(100\% - \frac{СК}{Б} - 2 \frac{ДО}{Б} \right) \quad (17)$$

Ситуация 2. Область (В + С) финансовой устойчивости

$$Д_{\text{соч}} > 1$$

и область (А + В) недостаточной ликвидности

$$К_{\text{пл}} < 7:$$

Снижение

$$\frac{ВНА}{Б}; \left(\frac{ВНА_0}{Б_0} > \frac{ВНА_1}{Б_1} \right). \quad (18)$$

Увеличение

$$\frac{СК}{Б}; \left(\frac{СК_0}{Б_0} < \frac{СК_1}{Б_1} \right). \quad (19)$$

Увеличение

$$\frac{ДО}{Б}; \left(\frac{ДО_0}{Б_0} < \frac{ДО_1}{Б_1} \right). \quad (20)$$

Условие:

$$\frac{ЗИЗ_1}{B_1} < \left(100\% - \frac{СК_1}{B_1} - 2 \frac{ДО_1}{B_1} \right). \quad (21)$$

Ситуация 3. Область А финансовой неустойчивости
 $D_{\text{сос}} < 1$
 и область С достаточной ликвидности
 $K_{\text{гл}} > 2$:

Снижение

$$\frac{ВНА}{B}; \left(\frac{ВНА_0}{B_0} > \frac{ВНА_1}{B_1} \right). \quad (22)$$

Снижение

$$\frac{ЗИЗ}{B}; \left(\frac{ЗИЗ_0}{B_0} > \frac{ЗИЗ_1}{B_1} \right). \quad (23)$$

Увеличение

$$\frac{СК}{B}; \left(\frac{СК_0}{B_0} < \frac{СК_1}{B_1} \right). \quad (24)$$

Условие:

$$\frac{ЗИЗ_1}{B_1} > \left(100\% - \frac{СК_1}{B_1} - 2 \frac{ДО_1}{B_1} \right) \quad (25)$$

Ситуация 4. Область А финансовой неустойчивости
 $D_{\text{сос}} < 1$
 и область (А + В) недостаточной ликвидности
 $K_{\text{гл}} < 2$:

Снижение

$$\frac{ВНА}{B}; \left(\frac{ВНА_0}{B_0} > \frac{ВНА_1}{B_1} \right). \quad (26)$$

Снижение

$$\frac{ЗИЗ}{B}; \left(\frac{ЗИЗ_0}{B_0} > \frac{ЗИЗ_1}{B_1} \right). \quad (27)$$

Увеличение

$$\frac{СК}{B}; \left(\frac{СК_0}{B_0} < \frac{СК_1}{B_1} \right). \quad (28)$$

Увеличение

$$\frac{ДО}{Б}; \left(\frac{ДО_0}{Б_0} < \frac{ДО_1}{Б_1} \right). \quad (29)$$

Условие:

$$\frac{ЗИЗ_1}{Б_1} > \left(100\% - \frac{СК_1}{Б_1} - 2 \frac{ДО_1}{Б_1} \right). \quad (30)$$

Продолжу предыдущий пример и по данным бухгалтерской отчетности предприятия N можно спланировать действия механизмов финансовой стабилизации. Расчеты приведены в тыс. руб.

1. Внеоборотные активы:

$$\frac{ВНА}{Б} = \frac{85772}{239941} \times 100\% = 35,75\% .$$

2. Оборотные активы:

$$\frac{ОА}{Б} = \frac{154169}{239941} \times 100\% = 64,25\% .$$

3. Запасы и затраты:

$$\frac{ЗИЗ}{Б} = \frac{42425}{239941} \times 100\% = 17,68\% .$$

4. Суммарное соотношение:

$$\left(\frac{ВНА}{Б} + \frac{ЗИЗ}{Б} \right) = 35,75 + 17,68 = 53,43\% .$$

5. Собственный капитал:

$$\frac{СК}{Б} = \frac{67537}{239941} \times 100\% = 28,15\% .$$

6. Долгосрочные обязательства:

$$\frac{ДО}{Б} = \frac{79274}{239941} \times 100\% = 33,04\% .$$

7. Краткосрочные обязательства:

$$\frac{КО}{Б} = \frac{93130}{239941} \times 100\% = 38,81\% .$$

8. Суммарное соотношение:

$$\left(\frac{СК}{Б} + \frac{ДО}{Б} \right) = 28,15 + 33,04 = 61,19\% .$$

Значения индикаторов безопасности.

1. Доля оборотных средств в покрытии запасов:

$$D_{\text{сос}} = \frac{CK - BHA}{ЗИЗ} = \frac{28,15 + 35,75}{17,68} = -0,43 < 1.$$

Коэффициент текущей ликвидности:

$$K_{\text{мл}} = \frac{OA}{KO} = \frac{64,25}{38,81} = 1,65 < 2.$$

На графическую модель наносу точку У финансовой устойчивости и точку Л текущей ликвидности фирмы с координатами:

$$У \left[\left(\frac{BHA}{B} + \frac{ЗИЗ}{B} \right) = 53,43\%; \left(\frac{CK}{B} \right) = 28,15\% \right],$$

$$Л \left[\left(\frac{BHA}{B} \right) = 35,75\%; \left(\frac{CK}{B} + \frac{ДО}{B} \right) = 61,19\% \right].$$

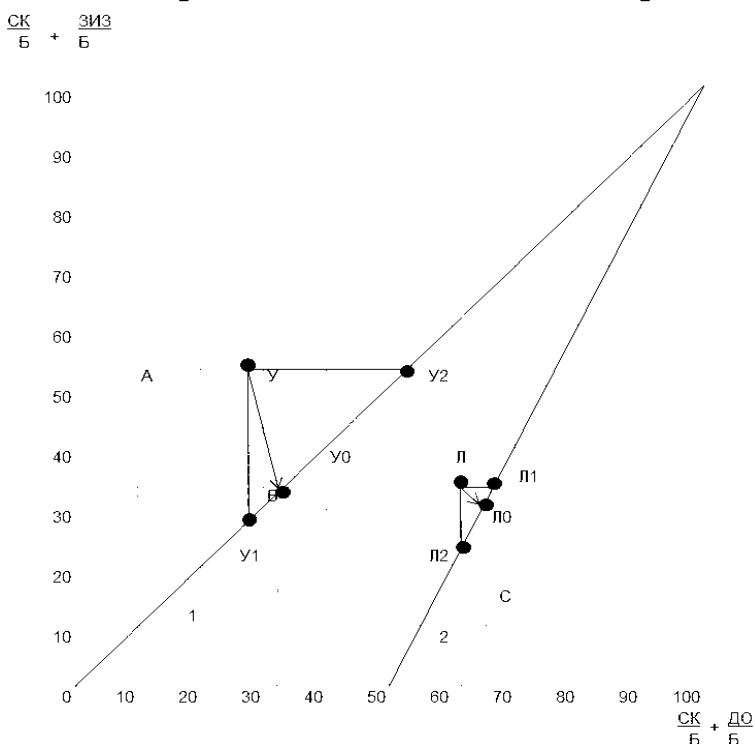


Рис. 5. Пример поиска антикризисных значений элементов структуры баланса

Линия 1, разделяющая область А — финансовой неустойчивости от области (В + С) — финансовой устойчивости.

Линия 2, разделяющая область (А + В) — недостаточной ликвидности от области С — достаточной ликвидности.

Точка У лежит в области А финансовой неустойчивости выше линии 1, что свидетельствует о том, что удельные веса внеоборотных активов, запасов и затрат, а также собственного капитала в валюте баланса связаны между собой кризисными соотношениями.

Точка Л лежит в области (А + В) недостаточной ликвидности выше линии 2, что свидетельствует о кризисных соотношениях между удельными весами внеоборотных активов, а также собственного капитала и долгосрочных обязательств в валюте баланса.

Это соответствует типовой ситуации 4, в соответствии с которой рекомендуется снижать удельные веса $\left(\frac{ВНА}{Б}\right)$ и $\left(\frac{ЗИЗ}{Б}\right)$ и увеличивать удельные веса $\left(\frac{СК}{Б}\right)$ и $\left(\frac{ДО}{Б}\right)$ при выполнении условия

$$\frac{ЗИЗ_1}{Б_1} > \left(100\% - \frac{СК_1}{Б_1} - 2\frac{ДО_1}{Б_1}\right).$$

В идеале для приведения элементов структуры капитала предприятия и его источников в соответствие с их антикризисными соотношениями необходимо снизить значения $\left(\frac{ВНА}{Б}\right)$ и $\left(\frac{ЗИЗ}{Б}\right)$ и увеличить значения $\left(\frac{СК}{Б}\right)$ и $\left(\frac{ДО}{Б}\right)$ таким образом, чтобы переместить точку У ниже критической линии 1 и точку Л ниже критической линии 2. Новые координаты точек У и Л будут соответствовать в этом случае желаемым антикризисным соотношениям $\left(\frac{ВНА}{Б}\right)$, $\left(\frac{ЗИЗ}{Б}\right)$, $\left(\frac{СК}{Б}\right)$ и $\left(\frac{ДО}{Б}\right)$.

Возможные варианты антикризисного расположения точки У находятся ниже граничной линии 1 на отрезке [У₁, У₂], а точки Л — ниже граничной линии 2 на отрезке [Л₁, Л₂].

Одним из вариантов обеспечения предприятию финансовой устойчивости может служить графическое перемещение точки У в точку У₀ (сердину отрезка У₁, У₂), что будет соответствовать достижению антикризисных

соотношений $\left(\frac{ВНА}{Б} + \frac{ЗИЗ}{Б}\right)$ путем их суммарного уменьшения с 53,43 до 32% и $\left(\frac{СК}{Б}\right)$ путем повышения с 28,15 до 32%:

$$Y_0 \left[\left(\frac{ВНА}{Б} + \frac{ЗИЗ}{Б} \right) = 32\%; \left(\frac{СК}{Б} \right) = 32\% \right].$$

Если при этом удельный вес долгосрочных обязательств оставить без изменений:

$$\left(\frac{ДО}{Б} \right) = 33,04\%,$$

то суммарное соотношение уменьшится и составит:

$$\left(\frac{СК}{Б} + \frac{ДО}{Б} \right) = 32\% + 33,04\% = 65,04\% .$$

Тогда по графику точка L_0 на граничной линии 2 будет иметь координаты:

$$L \left[\left(\frac{ВНА}{Б} \right) = 30\%; \left(\frac{СК}{Б} + \frac{ДО}{Б} \right) = 65,04\% \right].$$

Это приведет к изменению удельного веса запасов и затрат от $\left(\frac{ЗИЗ}{Б}\right) = 17,68\%$ до $\left(\frac{ЗИЗ}{Б}\right) = 32 - 30 = 2\%$.

В этом случае доля оборотных средств в покрытии запасов принимает значение:

$$D_{\text{соч}} = \frac{СК - ВНА}{ЗИЗ} = \frac{32 + 30}{2} = 1,$$

отвечающее условию абсолютной финансовой устойчивости, а значение коэффициента текущей ликвидности:

$$K_{\text{мл}} = \frac{ОА}{КО} = \frac{100\% - ВНА\%}{100\% - (СК + ДО)\%} = \frac{100\% - 30\%}{100\% - 65,04\%} = 2,002,$$

что соответствует его достаточности.

Таким образом, предприятию необходимо принять такие меры финансовой стабилизации, чтобы получить следующие антикризисные удельные соотношения элементов структуры имущества предприятия и его источников.

Антикризисный вариант изменения развития фирмы для структурных составляющих баланса достаточно существенен. Но поставить цель

реализовать подобный проект просто необходимо. Естественно, для этого понадобится продолжительное время, но тем самым вероятность избежать дальнейшего ухудшения состояния предприятия велика.

Таблица 1. Удельные соотношения элементов структуры имущества предприятия и его источников

Удельные показатели	Числовые значения, %	
	Существующие	Антикризисные
ВНА	35,75	30
ОА	64,25	70
ЗИЗ	17,68	2
СК	28,15	32
ДО	33,04	33,4
КО	38,81	34,96
Дсос	-2,69	1
Ктл	1,65	2,002

Реализация мероприятий должна осуществляться через подбор конкретных действий оперативного, тактического и стратегического механизмов финансовой стабилизации предприятия.

Список литературы

1. *Вишневская О.В.* Антикризисное управление предприятием. – Ростов н/Д: Феникс, 2008. – 313 с. – (Высшее образование)
2. *Китт-Вайке, Вилфрид.* Способы расчета затрат и прибыли; [пер. с нем. С.В. Базарновой]. – Москва: Омега-Л, 2006. – 144 с.

Организация процесса обучения в техническом университете на основе компетентности модели

*Белоусов В.Е., Добросоцкая И.В, Иванникова Ю.С. (vigasu@rambler.ru)
Воронежский государственный архитектурно-строительный университет, г. Воронеж*

Аннотация

Обучение организуется с целью передачи социального опыта, накопленного обществом, от одного поколения к другому, формирования профессиональных и личностных качеств обучаемого, удовлетворяющих потребностям общества, в интересах которого оно проводится.

Под процессом обучения мы будем понимать целенаправленное последовательно изменяющееся взаимодействие (общение) обучаемого, на которого направлено обучение, без которого оно не может состояться и ради которого организуется, с преподавателем или физическим устройством, способным хранить учебную информацию и представлять ее в виде, отвечающем психолого-педагогическим требованиям восприятия информации и формирования знаний, умений и навыков. Целью процесса обучения является передача социального и профессионального опыта в интересах общества.

Основой для проектирования и организации учебного процесса является социальный заказ на подготовку специалиста, удовлетворяющего определенным профессиональным требованиям. Социальный заказ выражается совокупностью знаний, умений и навыков и оформляется в виде учебного плана, совокупности учебных дисциплин. Он определяет промежуточные цели обучения по отдельным временным интервалам и предметам. Оперативное планирование производится в рамках отдельных дисциплин в форме содержания разделов и тем и планов проведения конкретных видов занятий.

1. Содержание обучения

В каждый момент времени обучаемый может находиться в определенном состоянии. Отдельные состояния отличаются объемом накопленных сведений, навыков, установившихся связей и пр. В процессе обучения совершается целенаправленный перевод учащегося из одного состояния в другое, что происходит с определенной вероятностью, которая зависит как от состояния учащегося, так и от момента совершения перехода. Изменение состояния происходит в дискретные моменты времени. Состояние учащегося характеризуется не только знаниями определенной части курса, но и степенью их усвоения.

Содержание подготовки специалиста можно представить в виде вектора умений R , определяющего знания, умения и навыки, и морально-психологических качеств, описываемых вектором деятельности D . Каждая составляющая указанных векторов является некоторым значением

определенного качества, формирование которого предусмотрено учебным планом [4, 5].

Вектора умений и деятельности определяют содержание образования как реализацию требований и условий формирования профессиональных качеств. На основании этих требований формируется квалификационная характеристика, а их систематизация, обобщение и рациональная организация учебной информации определяют учебный план в виде блока учебных дисциплин и их наполнения и представляют собой конкретизацию векторов умений и деятельности. Перечень предметов на каждом этапе обучения (семестре, курсе) и их содержание должны обеспечить такой прирост развития обучаемого, чтобы к завершению обучения были сформированы требуемые вектора R и D [3, 5].

Учебный план исходит из того, что обучаемые до начала обучения владеют некоторыми исходными знаниями, умениями и навыками и морально-психологическими качествами R_o , D_o . Каждый последующий $(n+1)$ этап обучения должен быть организован так, чтобы изменение векторов ΔR и ΔD на этом этапе обеспечило достижение намеченной этапной цели обучения:

$$R_{n+1}^n = R_n^n + \Delta R_{n+1}^n,$$

$$D_{n+1}^n = D_n^n + \Delta D_{n+1}^n,$$

где R_n^n , D_n^n , R_{n+1}^n , D_{n+1}^n – значения векторов умения и деятельности, достижение которых намечено по завершении двух последовательных этапов обучения; ΔR_{n+1}^n , ΔD_{n+1}^n – их планируемое изменение на очередном $(n+1)$ -м этапе обучения.

Последовательно образуемый суммарный прирост векторов ΔR и ΔD , полученный по всем этапам обучения (отдельным темам, учебным дисциплинам, курсам обучения), должен обеспечить достижение их программируемого значения к концу рассматриваемого срока подготовки специалиста. Таким сроком может быть завершение изучения отдельной темы, отдельной учебной дисциплины, учебного курса или отдельного уровня обучения.

Можно считать, что учебный план определяется графами обучения по векторам R и D (рис. 1).

На практике при организации обучения необходимо учитывать то обстоятельство, что как исходные векторы (уровень готовности поступивших в учебное заведение) R_o^p и D_o^p отличаются от их планируемых значений R_o^n и D_o^n , так и реально достигаемые промежуточные результаты

обучения (векторы R_{n+1}^p и D_{n+1}^p) далеко не всегда соответствуют их планируемым (директивным) R_{n+1}^n и D_{n+1}^n . Реальные графы процесса обучения (рис. 2), полученные по результатам проведения учебно-воспитательного процесса, отличаются от намеченных.

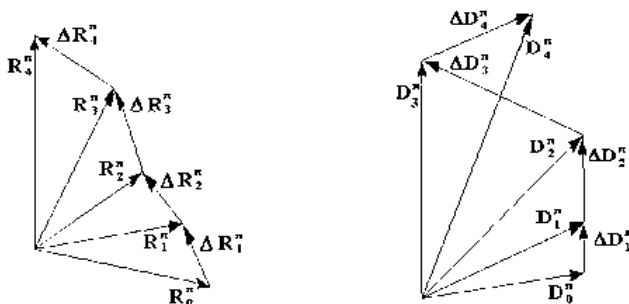


Рис. 1. Планируемые графы процесса обучения

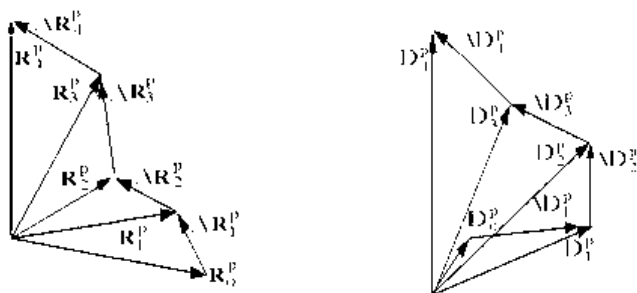


Рис. 2. Реальные графы процесса обучения

Векторы сформированных умений R_{n+1}^p и деловых качеств D_{n+1}^p на отдельном этапе процесса обучения могут быть определены как суммы соответствующих векторов до начала этапа обучения R_n^p и D_n^p , изменений этих векторов ΔR_{n+1}^p , ΔD_{n+1}^p , произошедших в результате целенаправленного обучения, и приращений δR_{n+1}^p , δD_{n+1}^p . Последние можно считать эффектами нелинейных взаимодействий (переменных высших порядков) уровня (значения векторов) достигнутого обучения на предыдущем этапе и целенаправленного обучения на данном этапе:

$$R_{n+1}^p = R_n^p + \Delta R_{n+1}^p + \delta R_{n+1}^p$$

$$D_{n+1}^p = D_n^p + \Delta D_{n+1}^p + \delta D_{n+1}^p.$$

Они зависят от степени самостоятельности обучаемых, склада характера, психофизиологических особенностей, обстановки, в которой организовано обучение, организации и качества самостоятельной работы и многого другого. Эти влияния на развитие учебного процесса заранее предсказать трудно даже теоретически, можно лишь говорить об их наличии и возможном их учете при организации учебной деятельности с некоторой вероятностью. Нелинейные эффекты обучения чаще всего проявляются при рассмотрении достаточно протяженных во времени периодов обучения, когда в процесс обучения вмешиваются внешние по отношению к учебному процессу факторы. Это может быть, например, опыт работы в научном кружке, работа учащегося с незапланированными учебно-методическими материалами или отрицательное внешнее влияние на результаты учения.

2. План управления процессом обучения

Для реализации намеченного изменения состояния обучаемых организуется управление их деятельностью. Управление – это процесс целенаправленного воздействия на объект управления для достижения некоторого желаемого (директивно заданного) состояния. В процессе обучения изменение состояния обучаемого как объекта управления достигается с помощью последовательности обучающих воздействий.

Обучающее воздействие реализуется в виде учебной задачи. Учебными задачами являются и слушание лекции, и выполнение любого практического упражнения, и выполнение заданий специального назначения, и участие в жизни группы, курса, учебного заведения. Точность поставленной задачи и определение путей ее выполнения, качество контроля, объективность оценки и применяемых мер стимулирования в значительной степени влияют на полноту достижения намеченной в этой задаче цели, осознание ее влияния на формируемые качества обучаемого, усвоение и присвоение им с этой задачей программируемых профессиональных качеств. В свою очередь и контроль, и оценивание, и стимулирование являются воздействиями, влияющими на учебный процесс и определяющими его развитие.

Организация обучения предполагает разработку системы (матрицы) обучающих воздействий (учебно-воспитательных задач) на отдельном, n -м, этапе обучения $U_n = |U_{ij}|$, причем каждое воздействие матрицы U_{ij} может быть в свою очередь представлено последовательностью более

простых воздействий (вектором $U_{ij} = \{U_{ij}^k\}$). План обучения предполагает набор и последовательность обучающих воздействий (учебных задач), которые должны обеспечить плановые изменения состояния обучаемых на отдельном этапе обучения. Однако реализация плана обучения в конкретной группе учащихся сопряжена с рядом трудностей объективного и субъективного характера, которые, как правило, ведут к изменению разработанного плана. Таким образом, его реализация будет отличаться от плана как по набору обучающих воздействий, так и их конкретным содержанием.

Поэтому, хотя процесс обучения предполагает плановый характер применения обучающих воздействий (системы заданий и задач), реализация плана обучения не исключает его корректировки в зависимости от степени достижения поставленных ранее целей (векторов R_n^n и D_n^n), так как эффективность обучения зависит от адекватности намеченного воздействия возможностям обучаемых (уровня психофизиологического развития, системы знаний, умений и навыков, морально-психологического состояния). Более того, можно заранее утверждать, что в подавляющем большинстве процессов обучения обязательно осуществляется корректирование намеченного плана обучения в зависимости от развития процесса, степени достижения запланированных результатов.

Разность планируемых и достигнутых векторов умения и деятельности на отдельном этапе обучения ($\Delta R_n = R_{n+1}^n - R_{n+1}^p$ и $\Delta D_n = D_{n+1}^n - D_{n+1}^p$) показывает (оценивает) степень достижения поставленной цели обучения на этом этапе (рис. 3). Расхождение между планируемыми и достигнутыми результатами может быть использовано либо для разработки плана корректирующего обучения, если для этого предусматривается специальный этап коррекции обучения, либо для коррекции плана обучения на следующем этапе. В последнем случае матрица воздействия (учебных задач) на следующем этапе обучения получается как сумма матриц плановых воздействий U_{n+1}^n , представляющих конкретную реализацию учебного плана, и матриц коррекции обучения U_{n+1}^k :

$$|U_{n+1}^p| = |U_{n+1}^n| + |U_{n+1}^k|.$$

Матрица корректирующего обучения может как усиливать матрицу планового обучения (расширять и дополнять ее), так и уменьшать систему предусмотренных при разработке учебного процесса заданий (в количественном и качественном плане), реализуя житейскую мудрость о синице в руках и журавле в небе. Наилучший вариант окажется

в том случае, когда матрица корректирующего обучения, меняя отдельные элементы матрицы планового обучения (усиливая одни и ослабляя другие в разные моменты этапа обучения), в целом за весь рассматриваемый период обучения сохраняет и обеспечивает ее возможности или даже улучшает их.

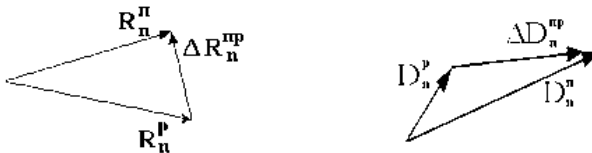


Рис. 3. Степень достижения этапной цели обучения

Схема (алгоритм) организации обучения по этапам представлена на рис. 4. После проведения обучения на отдельном этапе производится сравнение достигнутых и плановых показателей обучения этого этапа. По результатам сравнения могут быть приняты одно из трех решений.

1. Если результаты оказались достаточно близки к плановым, то производится переход на следующий этап обучения, который начинается с формирования плана обучения этого этапа.

2. Если результаты обучения не совпадают с плановыми, но есть уверенность скорректировать их в последующем обучении, то формируется план обучения следующего этапа с учетом необходимости доучивания и вся коррекция обучения предыдущего этапа организуется на следующем этапе.

3. Если результаты обучения оказались далекими от плановых, что требует организации доучивания, то формируется матрица доучивания и происходит ее реализация.

Этап доучивания появляется только в случае серьезных провалов в обучении. Чаще же всего продолжается следующий этап обучения, содержание которого формируется на основании планового обучения и необходимости коррекции обучения предыдущего этапа. Доучиванием можно считать и повторное прохождение какого-либо этапа обучения.

В схеме рис. 4 элементы, определяющие плановые показатели обучения, обычно известны до начала обучения и служат как эталонные для определения успешности обучения.

По результатам проведенного обучения определяется необходимый вектор коррекции обучения K_{n+1} как функция разности плановых и достигнутых показателей обучения по векторам умения и деятельности:

$$K_{n+1} = f(R_n^n - R_n^p, D_n^n - D_n^p).$$

Отбор наполнения соответствующих векторов может быть сделан в ходе проектирования процесса обучения (учебного плана) экспертными оценками и должен корректироваться по результатам учебного процесса и практического использования выпускников.

3. Учебный план и содержание учебных дисциплин

Наполнение учебного плана подготовки специалиста, отбор учебных дисциплин, их содержания, тематики и учебного материала каждой отдельной темы, формирование учебных заданий (учебных задач), критериев качества их выполнения должны преследовать вполне конкретную цель – выполнение требований социального запроса. Это определяет как перечень специальностей, так и уровень подготовленности в пределах специальности.

Социальный заказ на подготовку специалистов определяется потребностью производства – сферы деятельности (обобщенной должностной инструкцией), который выражается квалификационной характеристикой, содержащей перечень конкретных знаний, умений и навыков, сведенных к двум векторам – умений R и деятельности D [3].

Знания, умения и навыки, сведенные в квалификационную характеристику, необходимы для конкретной деятельности и определяют специальную (профессиональную) подготовку. Для их же формирования потребуются вспомогательные (дополнительные) знания, умения и навыки, составляющие общенаучную, теоретическую подготовку, а также знания методологии обучения. Вектора знаний и умений определяют содержание образования как реализацию требований и условий формирования профессиональных качеств. Их систематизация, обобщение, рациональная организация учебной информации определяют учебный план в виде блока учебных дисциплин и их содержания и представляют собой конкретизацию плана векторов знаний и деятельности [3].

Проектирование программы отдельной учебной дисциплины должно производиться не только с учетом ее научно-практического содержания (это важно и его изучение является целью обучения по этой дисциплине), но и уровня подготовленности учащихся к изучению входящей в нее учебной информации.

Формирование учебного плана распадается на ряд последовательно проводящихся самостоятельных процедур: отбор более важных областей знания (учебных дисциплин) и их содержания, исходя из специфики работы обучаемых (профессиональных требований) и уточнение содержания учебных дисциплин, выносимых на период обучения, исходя из подготовленности обучаемых [2, 3]. Только после этого можно планировать последовательность и содержание отдельных учебных задач каждой темы.

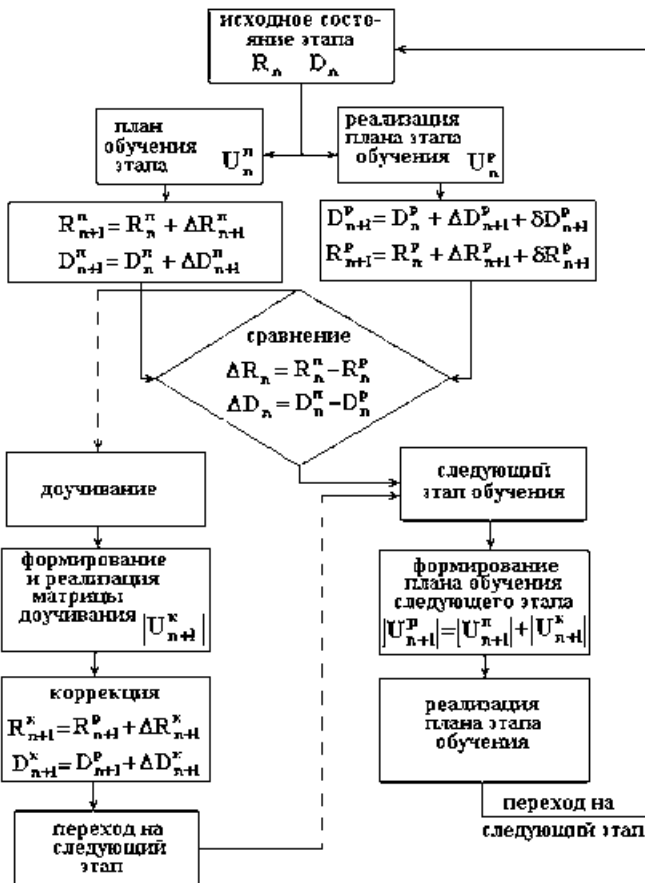


Рис. 4. Схема алгоритма организации обучения

Первая процедура состоит в предварительном определении из всего возможного перечня предметов тех из них, которые имеют связь с исследуемой деятельностью, и определении вклада отдельных дисциплин из этого перечня в профессионализм обучаемых исследуемой категории (определении весовых коэффициентов отдельных дисциплин при условии, что в сумме весовые коэффициенты должны дать единицу). Нетрудно видеть, что эта процедура совпадает с процедурой построения модели специалиста. Построение модели специалиста включает в себя и определение значимости отдельных вопросов (содержания), формирующих специали-

ста дисциплин. На рис. 5 представлены примеры гипотетических диаграмм распределения весовых коэффициентов учебных дисциплин и отдельных тем для одного предмета, условно пронумерованных.

Построенная модель позволяет определить не только перечень предметов и их содержание, но и распределить время на изучение как отдельных предметов, так и тем внутри каждого предмета в соответствии с их весовыми коэффициентами.

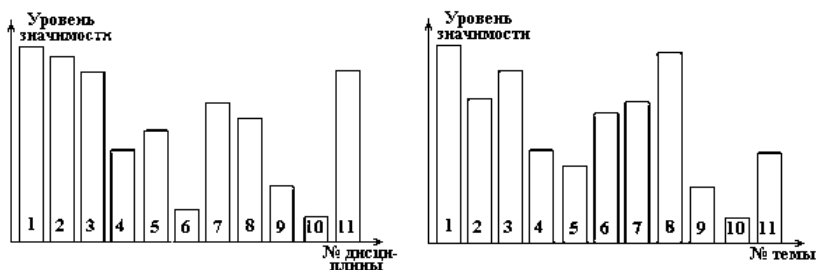


Рис. 5. Диаграммы распределения учебных дисциплин и тем

Чем больше уровень значимости учебной дисциплины и темы внутри этой дисциплины, тем большее внимание следует уделять этой дисциплине и отдельной теме, тем тщательнее должно прорабатываться содержание учебной информации этой темы, тщательнее планироваться последовательность учебных задач.

Однако никакое планирование не сможет учесть многочисленных факторов, влияющих на качество усвоения учебной информации, ее отображение во внутреннем плане, во внутренних действиях учащегося. Даже при добросовестной работе учащегося, что бывает далеко не всегда, планируемые задания не всегда могут получить адекватное отображение, именно то, которое было запланировано при их разработке. Педагог обычно применяет не только заранее запланированную последовательность задач, но и оперативно их меняет в процессе учебного занятия. Поэтому выбор очередной задачи – большое искусство, требующее учитывать большое количество разнообразных факторов.

Список литературы

1. *Леонтьев Л.П., Гохман О.Г.* Проблемы управления учебным процессом. – Рига, 1984. – С. 24–62.

2. *Зарубин В.С.* Формирование учебного плана курсов повышения квалификации // Научно-практическая конференция ВВШ МВД России, тезисы докладов. – Воронеж: ВВШ МВД РФ, 1995. – С. 48–49.

3. *Воронов А.А.* Исследование операций и управление. – М.: Наука, 1970. – 128 с.

4. *Ларичев О.И.* Теория и методы принятия решений. – М.: Логос, 2000. – 285 с.

5. Гнеденко Б.И. О математических моделях в педагогике // Вестник высшей школы. – 1966. – № 9. – С. 25–31.

Определение контингента обучаемых по направлениям подготовки технического университета

*Белоусов В.Е., Шайкин А.С., Иванникова Ю.С. (vigasu@rambler.ru)
Воронежский государственный архитектурно-строительный универ-
ситет, г. Воронеж*

Расчет нагрузки профессорско-преподавательского состава (ППС) – неотъемлемый процесс, необходимый для функционирования вуза.

В настоящее время для расчета нагрузки ППС перед началом учебного года используются плановая численность контингента, обычно несколько отличающаяся от реального числа в будущем обучающихся студентов. Поэтому в сентябре происходит срыв учебного процесса. В результате встает проблема, связанная с прогнозированием контингента студентов первого курса нового учебного года. Прогнозные данные должны быть как можно сильнее приближены к реальному контингенту набранного первого курса специальности, чтобы полный пересчет нагрузки ППС не происходил дважды, а только нуждался в небольшой корректировке.

Достоверность прогнозных данных зависит от целого ряда факторов, влияющих на прием контингента студентов: ЕГЭ, данные о контингенте студентов (по специальностям) за ряд предыдущих лет обучения, демографическая ситуация в регионе и т. д.

Собранные данные должны обрабатываться с помощью наиболее приемлемых моделей прогнозирования.

Прогнозирование возможных значений признаков изучаемого объекта и роль статистических методов очень значительна. Одним из них является расчет прогнозов на основе тренда и колеблемости (отклонение от основной тенденции) динамического ряда до настоящего времени. Если мы будем знать, как быстро и в каком направлении изменились уровни какого-то признака, то сможем узнать, какого значения достигнет уровень спустя известное время. В данном случае, это данные о количестве студентов за предыдущие годы обучения по каждой специальности. Методика статистического прогноза по тренду и колеблемости основана на их *экстраполяции*, т. е. на предположении, что параметры тренда и колебаний сохраняются до прогнозируемого периода. Такая экстраполяция справедлива, если система развивается эволюционно в достаточно стабильных условиях. Чем крупнее система, тем выше вероятность сохранения параметров ее изменения, конечно, на срок не слишком большой.

Изучение динамики того или иного объекта, явления начинается с построения *ряда динамики*, или временного ряда. Динамический ряд – это таблица, в которой представлены значения показателя за последовательные периоды или на моменты времени. Каждое значение показателя называется *уровнем ряда*. Динамический ряд является *интервальным*, если каждый уровень представляет собой итог процесса за некоторый интервал времени, или *моментным*, если уровни отражают состояние объекта в отдельные моменты времени. Важнейшим условием построения динамического ряда является *сопоставимость его уровней*.

Для того чтобы нагляднее представить показатели, характеризующие тенденцию (равномерное или неравномерное изменение, ускоренное или замедленное), следует абстрагироваться от колеблемости и выявить динамический ряд в форме тренда при отсутствии колебаний.

Прежде чем применять методы математического анализа для вычисления параметров уравнения тренда, необходимо выявить тип тенденции, а соответственно и тип уравнения тренда, выражающий те или иные качественные свойства развития.

Среди основных форм тренда выделяются: линейный, параболический, экспоненциальный, логарифмический, тренд в форме степенной функции, гиперболы, логистической формы.

Для выявления тенденции и устранения колебаний можно воспользоваться методом скользящей средней.

Параметры уравнения тренда находятся методом наименьших квадратов. При этом может быть использован метод условного нуля, т. е. центральный член ряда принимается за точку отсчета. Уравнение тренда $\hat{y} = a + bt$, полученное при этом, будет отличаться от уравнения тренда, полученного при значениях $t = 1, 2, \dots, n$, только свободным членом a , а значения параметра b будут одинаковы в обоих уравнениях.

Установить тип колеблемости (пилообразная, или маятниковая, долгопериодическая циклическая, случайно распределенная по времени) можно с помощью критерия поворотных точек Кендэла.

Интенсивность колеблемости измеряют с помощью следующих показателей: среднего линейного отклонения от тренда, среднего квадратического отклонения от тренда, коэффициента колеблемости.

Анализ типа колеблемости и определение длины цикла могут быть основаны на расчете коэффициентов автокоррекции отклонений от тренда.

Оценку степени устойчивости реализации тренда можно провести с помощью коэффициента корреляции рангов Спирмена. Устойчивость

тренда может быть измерена соотношением между среднегодовым абсолютным изменением и среднеквадратическим отклонением уровней от тренда.

При вычислении параметров тренда уровни исходного ряда входят с разными весами – значениями t . Поэтому влияние колебаний уровней на параметры тренда зависит от того, на какой год приходится либо высокое, либо низкое значение. Для более полного исключения влияния колебаний на параметры тренда следует применять метод многократного скользящего выравнивания:

Средняя ошибка прогноза положения линейного тренда на год с номером t_k вычисляется по формулам.

1. Для однократного выравнивания:

$$m_{\hat{y}_k} = s(t) \cdot \sqrt{\frac{1}{n} + \frac{t_k^2}{\sum t_i^2}}, \quad (1)$$

где t_k – номер года прогноза;

$\sum t_i^2$ – по всей длине ряда n , т.е. $\frac{n^3 - n}{n}$;

\hat{y} – уравнение тренда;

t – оценка генеральной величины среднего квадратического отклонения от тренда $s(t)$.

2. Для многократного скользящего выравнивания при l сдвигах базы и длине ее n :

$$m_{\hat{y}_k} = s(t) \cdot \sqrt{\frac{1}{n} + \frac{t_k^2}{l \cdot \sum t_i^2}}, \quad (2)$$

где $\sum t_i^2 = \frac{n^3 - n}{n}$.

Для получения достаточно надежных границ прогноза положения тренда, скажем, с вероятностью 0,9, следует среднюю ошибку умножить на величину t -критерия Стьюдента при указанной вероятности (зависящей от вида тренда). Получаем предельную с данной вероятностью ошибку.

Колебания считаются случайно (в основном случайно) распределены во времени, т.е. независимыми от тренда. Определим ошибку прогноза уровня конкретного года по правилу сложения независимых дисперсий:

$$m_{y_k} = \sqrt{m_{\hat{y}_k}^2 + s_{(t)}^2}. \quad (3)$$

Из имеющейся информации нельзя извлечь больше, чем в ней содержится: увеличивая точность, мы понижаем надежность, увеличивая надежность – понижаем точность.

Методика анализа и прогнозирования тоже имеет значение. Она определяет степень полноты извлечения информации, содержащейся в исходном ряду динамики. С помощью методики многократного выравнивания удастся более полно извлечь информацию о тренде и уменьшить среднюю ошибку прогноза его положения в прогнозируемом периоде. При слабой колеблемости уровней и прогнозировании на значительное удаление от базы главную роль станет играть ошибка положения тренда. Тогда многократное выравнивание даст значительное сокращение средней ошибки прогноза конкретных уровней. Но в любом случае, та ошибка всегда больше показателя колеблемости уровней – среднего квадратического отклонения $S_{y(t)}$. Если средняя ошибка положения тренда вычислена, ошибку конкретного уровня при любой форме тренда вычисляют по формуле (3).

При изучении взаимосвязи между динамикой разных показателей следует опасаться неверных умозаключений, вызываемых ложной корреляцией, поскольку все показатели изменяются с изменением времени t , которое может рассматриваться в качестве общей причины для всех временных рядов. Для того чтобы устранить ложную корреляцию, рассчитывают коэффициент корреляции не между уровнями временных рядов, а между отклонениями от тренда или первыми разностями при наличии линейных трендов.

Возможна также методика решения задачи прогнозирования на основе временных рядов с использованием стандартных методов и их модификаций. Особенность этого подхода состоит в том, что возможно описание разных вариантов прогнозов при разных возможных значениях факторов, влияющих на изучаемый признак. Качество прогноза на основе многих факторов позволяет выявлять приемлемый и оптимальный прогноз. Уравнение регрессии, описывающее зависимость динамики одного показателя от другого, строится по отклонениям от тренда.

Используемые модели позволяют проводить анализ составляющих временного ряда.

Прогноз по тренду охватывает все факторы, в то время как в регрессионную модель невозможно включить в явном виде более 10–20 факторов в самом лучшем случае.

Список литературы

1. *Четыркин У.М.* Статистические методы прогнозирования. – 2-е изд. – М.: Финансы и статистика, 1983.
2. *Афанасьев В.Н., Юзбашев М.М.* Анализ временных рядов и прогнозирование. – М.: Финансы и статистика, 2001.
3. *Елесева И.И., Юзбашев М.М.* Общая теория статистики. – М.: Финансы и статистика, 2006.

О построении и использовании терминологической системы

Бельтюков А.П. (*belt@uni.udm.ru*), Маслов С.Г. (*mshsci@yahoo.ru*),
Удмуртский государственный университет, г. Ижевск

Знанием обладает тот, кто определяет понятия
Сократ

Аннотация

В докладе анализируется роль терминологической системы в общем описании исследуемых или проектируемых естественных и искусственных систем. Предлагаются систематизированные вопросы и слои описания, создающие целостное представление субъекта о создаваемых системах и среде их создания.

Ключевые слова: система понятий, значение, величина, систематизированные вопросы, слои знаний и системных описаний; среда понимания, конструирования или реконструирования систем.

Abstract

In the report the role of terminological system in the general description of the investigated or designed natural and artificial systems is analyzed. Systematized questions and layers of description, integral idea of designers about the constructed systems and of the environment of their creation are proposed.

Keywords: system of concepts, value, value, structured questions, layers of knowledge and system descriptions, environment of understanding, designing or redesigning systems.

1. Решение любой сложной проблемы начинается с ее обсуждения, с выявления системы понятий, описывающей контекст возникновения и суть проблемы. Система понятий осознается через терминологию и определения, утверждения, гипотезы (*терминологическую систему*), представляющие собой проекцию видения проблемы конкретным субъектом (или субъектами). Основные знания для решения проблем накапливаются в виде текстов (или корпусов текстов) на естественных и искусственных языках. Терминологическая система в цепочке осмысления и описания проблемы занимает следующее место:

естественный язык → *профессиональная проза*

→ *терминологическая система*

→ *язык прикладной научной теории (системное описание).*

2. Каков продуктивный терминологический путь решения проблемы, охватывающий отношения тождества и различия (100–200 тыс. слов), отношения контрапозиции (бинарные оппозиции, противоположности) и ортогональности (независимости), субъективности и объективности? Какова точность описаний, требуемая для адекватного представления и понимания описаний? В конечном итоге нас интересует эффективность формирования идей и их «материализация» в прямом и переносном, субъективном и объективном смысле.

3. История подходов формирования терминологических систем включает: лингвистический подход, уделяющий основное внимание изучению семантики естественных языков (модели текста «смысл-текст» [Мельчук И.А.], модель «действительность-текст» [Цейтин Г.С.], семантические падежи Филмора, признаки понятия и канонические формы семантических связей [Осипов Г.С.], трансформационная грамматика Хомского, формальная семантика Монтегю); логические (дескриптивная логика); логико-алгебраические (онтологические модели ПО [Клещев А.С.], Выхованец В.С.); аппликативные [Вольфенгаген В.Э., Бельтюков А.П.] и категориальные [Исмаилова Л.Ю., Косиков С.В.] модели; геометрические модели (тензорные [Нестеров А.В., Нечипоренко А.]).

Семантические модели текста – это «толкование смысла некоторых слов или конструкций посредством других слов или конструкций» (Г.С. Цейтин). Кроме того, фактически отсутствует переход к более точной и адекватной формализации (оперирование идеальными, абстрактными и конкретными образами). В других подходах, наоборот, при хорошей формализации отсутствует хорошая формулировка на естественном языке (деформализация). Это приводит к усложнению восприятия и необходимости дополнительного и не всегда быстрого обучения. В переходах и преобразованиях с естественного языка на искусственный (и обратно), часто пропадает логическая и/или физическая доказательность. Необходима не хаотическая, а глубокая систематическая деятельность по описанию проблемной ситуации, разворачиваемая в соответствии с целями, потребностями и деятельностью субъекта в процессе управления ходом решения.

4. С точки зрения субъекта, терминологическая система должна отражать когнитивные, коммуникативные, конструктивные, креативные и конативные аспекты. Указанные аспекты реализуются в виде «умственных технологий» трех видов: слабые, требующие сильный интеллект (1); средние, требующие квалифицированного специалиста (2); сильные, требующие элементарной рассудочности (3).

5. К классической цепочке интерпретации терминов:

термин (объект, процесс, свойство,...) → значение → состояние → событие → сигнал → приоритет
→ действие → критерий → оценка → принятие решений,

необходимо добавить ветвь:

термин → обозначение (знак) → величина.

«Величина есть то, что не изменяется (инвариантно) относительно операции «расчленения» или операции «тиринг». ... Понятие «величина» соединяет в себе качественную и количественную определенность объекта. Независимость величины от операции разрезания – это сохранение качественной определенности объекта» (Кузнецов П.Г., Большаков Б.Е.).

6. По аналогии с каноническими формами семантических связей можно использовать систему вопросов описания семантических признаков и отношений проблемной ситуации (см. рис. 1):

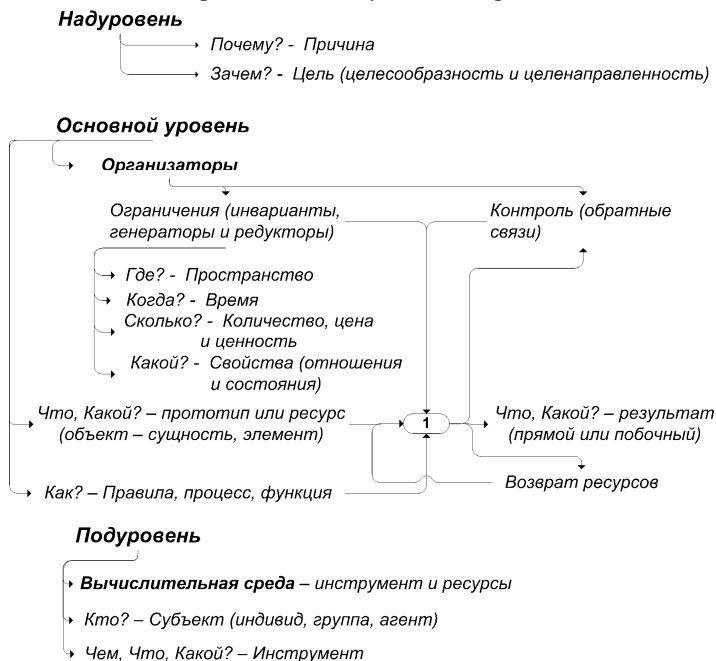


Рис. 1. Система вопросов для описания семантических признаков и отношений, процессов проблемной ситуации

Проиллюстрируем определение термина «технология»: *технология* — это процесс организации объектов и процессов и их преобразований с целью репродукции или создания (синтеза) нового объекта или процесса с заданным качеством и в рамках выделенных ресурсов. Сообщаемую информацию в определении термина схематично можно изобразить следующим образом:

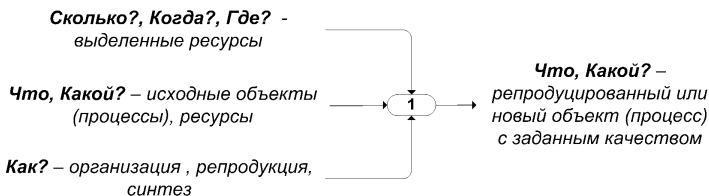


Рис. 2. Схема определения для термина «технология»

7. Важными аспектами построения терминологической системы являются результаты процессов формализации и деформализации, слои системных представлений и знаний, формы представления, которые позволяют получать адекватные и эффективные средства понимания и решения проблем (см. табл. 1). Эти описания формируются путем ответа на вопросы для каждой комбинации значений всех слоев описаний.

Это аналогично OLAP-технологиям «многомерного гиперкуба» (в данном случае число измерений — 5) с той разницей, что нас интересуют не только количественные, но и качественные характеристики предмета. Главной целью здесь является формирование целостного понимания, представления и среды конструирования или реконструирования систем, а не простой поиск и навигация в информационной среде.

8. Формирование терминологической системы происходит в процессе построения системных описаний при преодолении препятствий, разрешении противоречий или непосредственной композиции имеющихся компонент. Часто это осуществляется путем обобщения или конкретизации понятий, оптимизируя переход в вычислительную среду или создавая более глубокое понимание проблем субъектом (когнитивный аспект).

Таблица 1. Слои описания

А	В	С	Д	Е
<i>Формализации/деформализации</i>	<i>Системных представлений</i>	<i>Слои знаний</i>	<i>Формы представления</i>	<i>Вопросы</i>
Метафорические Концептуальные Размерностные Математические (логические, алгебраические (размерностные), геометрические, вероятностные, ...) Алгоритмические Программные «Аппаратные»	Морфологическое Функциональное Атрибутное Либнернетическое Генетическое	Когнитивные Доказуемые (абстрактные, экспериментальные, логические, физические) Конструктивные Материализуемые [Не]осознаваемые	Текстовые Графические Видео Аудио Осязательные Обонятельные Вкусовые	Что? Какой? Как? Чем? Где? Когда? Сколько? Кто? Почему? Зачем?

9. Разработка терминологических и онтологических систем приобретает не просто популярность, а становится жизненно необходимым этапом творческой деятельности. Этот этап готовит почву для эффективного распространения новых знаний и осознанного их применения. Естественно, что такая работа требует интеграции коллективных усилий специалистов.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ (грант 08-07-00460-а).

Особенности государственной политики в сфере пенсионного обеспечения в регионах

Богатырева Е.В., Богатырева Л.В., (lbogat@mail.ru),

Пензенский государственный университет,

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, г. Москва

Аннотация

Реформирование пенсионной системы - важная часть преобразования всей экономики России. В этот период пенсионной защите отводится особая роль, так как в России пенсионеры составляют одну из самых многочисленных групп населения. Вопросы пенсионной реформы затрагивают финансы предприятий и организаций, доходы населения, бюджетную сферу, инвестиционные процессы. Пенсионное обеспечение является важным инструментом социальной политики государства, обеспечивающим социальную стабильность и безопасность в стране. В предложенном материале рассматривается проблема государственной политики в сфере пенсионного обеспечения в регионах.

Ключевые слова: пенсионное обеспечение, государственная политика, продвижение пенсионных услуг.

Abstract

The reform of the pension system is the important part of transformations of the entire economy of Russia. During this period the pension protection is attributed to a special role, because in Russia pensioners make up one of the numerous groups of the population. Pension reform issues affect finances of companies and organizations, the income of citizens, the public sector and investment processes. Pension provision is an important tool of social policy that ensures social stability and security in the country. The idea behind the paper is to consider the problem of public policy in the sphere of pensions' provision in regions.

Масштабность и значение задач в продвижении пенсионных услуг предполагает активную роль государства, выработку стратегии продвижения пенсионных услуг в целом в ходе пенсионной реформы и комплексные мероприятия по ее реализации [1].

Сегодня актуальной задачей является создание специальной службы (вероятнее всего, государственной или независимой общественной организации, состоящей из специалистов пенсионного дела, наиболее активных клиентов), проводящей мониторинг пенсионной реформы в регионах и разрабатывающей мероприятия по продвижению пенсионных услуг. Получаемая в ходе исследования информация способна скорректировать политику Пенсионного фонда России и государственных служб социального обеспечения, стать источником независимой информации для общественного контроля. Государство более всего заинтересовано в стабильности и успешном проведении пенсионной реформы.

Целесообразно создание в регионах отдельных консультативных служб (специальной организации) по разъяснению мероприятий пенсионной реформы и работе организаций, оказывающих пенсионные услуги – как государственных, так и частных организаций. Созданные организации не должны превратиться в один из отделов Пенсионного фонда России – они могут стать маркетинговыми и консалтинговыми центрами по продвижению пенсионных услуг и информированию граждан о пенсионной реформе.

В целом проведение маркетинговых исследований пенсионных услуг по выявлению пенсионных предпочтений различных групп населения на постоянной основе способно выявить социальный и экономический потенциал жителей любого региона страны для заинтересованных субъектов рынка пенсионных услуг [2]. При этом местные государственные органы смогут таким образом исследовать социальную обстановку и корректировать социальную и экономическую политику, а пенсионные организации – приобрести конкурентные преимущества на рынке пенсионных услуг.

Как для организатора и регулятора пенсионного поля в стране, для государственных органов на стадии внедрения пенсионной услуги на рынок целесообразно активное использование подходов социальной рекламы. Этот инструмент обладает возможностями изменения общественных эталонов и принадлежит к группе институтов, оказывающих влияние на общество в целом. Как одна из эффективных форм воздействия, социальная реклама играет важную роль в формировании задаваемых общезначимых психологических и поведенческих стереотипов. Формируя новые ценностные ориентиры (самостоятельное решение проблемы пенсионного обеспечения, необходимость заботиться о пенсии смолоду, зависимость размера пенсии от заработной платы и т. д.), социальная реклама может стать не только мощным инструментом продвижения пенсионных услуг, но и способна содействовать вовлечению населения в процессы реформирования пенсионного дела, формированию согласия в обществе.

Социальная реклама использует тот же набор инструментов, что и коммерческая. Основное отличие социальной рекламы в цели: предназначение социальной рекламы заключается в привлечении внимания к пенсионному обеспечению. Для социальной рекламы необходимо выяснить: узнает ли общественность сообщение, принимает ли его, какие моменты из него запомнила и сколько раз видела; какие чувства возникли по поводу этого сообщения; каким было ее отношение к данной пен-

сионной организации в прошлом и каким стало. Заказчиком социальной рекламы могут выступать региональные государственные органы.

Препятствия для развития социальной рекламы пенсионных услуг, которые входят в сферу влияния государства: не выработана комплексная технология диагностики, профилактики и решения социальных проблем, в т. ч. пенсионного обеспечения; на уровне нормативно-правового регулирования рекламной деятельности существует ряд проблем и противоречий; нет механизмов оптимального взаимодействия между участниками рынка социальной рекламы – заказчиками, производителями и потребителями.

Продвижение пенсионных услуг негосударственных пенсионных организаций предполагает умение поставщика пенсионных услуг общаться со своими потребителями. Оно включает в себя: рекламную деятельность; стимулирование сбыта; общественную (публичную) известность и связи с общественностью; персональные продажи. Продвижение пенсионных услуг охватывает всю систему коммуникативных связей негосударственной пенсионной организации с рынком. Комплекс маркетинговых коммуникаций – многоплановая рекламная деятельность негосударственной пенсионной компании.

Основное назначение общественных связей пенсионной организации – создание благоприятного информационного фона, косвенное донесение до потребителей положительных свойств пенсионной услуги. В то же время они создают образ пенсионной организации – наполняют ее имидж эмоциональным содержанием. Потенциальному клиенту всегда приятнее общаться не с бездушным бюрократическим механизмом, а с живым существом, имеющим человеческий характер и определенные человеческие черты. Главные из них – надежность, уверенность в собственных силах, участие и сопереживание. Решение этой задачи – одна из важнейших составляющих общественных связей.

Граждане получают гарантированную пенсионную услугу, предоставляемую Пенсионным фондом России. Одновременно с ней они не воспринимают важности (и возможностей) негосударственной пенсионной системы из-за отсутствия информации прежде всего. Причиной сложившейся на рынке пенсионных услуг ситуации является отсутствие просветительской работы с населением по популяризации изменений в пенсионной сфере [3].

Это делает необходимым проведение активной рекламной и информационной политики пенсионных организаций по разъяснению основных принципов своей работы, популяризации предлагаемых существующих

услуг и продуктов, а также создание новых пенсионных продуктов и услуг, отвечающих потребностям потенциальных потребителей.

Проведение региональных маркетинговых исследований пенсионных услуг по выявлению пенсионных предпочтений различных групп населения на постоянной основе способно выявить социальный и экономический потенциал потребителей и создать конкурентные преимущества организациям, работающим на рынке пенсионных услуг [4]. В целом маркетинговый подход в управлении в пенсионном деле способствует развитию рынка пенсионных услуг.

Основным инструментом маркетинга пенсионных услуг является пенсионная услуга, созданная исходя из потребностей и особенностей поведения целевой клиентуры, а также система реализации и стимулирования продажи пенсионных услуг, адаптированная к свойствам пенсионных услуг и потребительскому поведению.

Повышение надежности пенсионных организаций и пропаганда пенсионных организаций являются главными резервами распространения пенсионных услуг.

Преодоление сложившегося негативного отношения к мероприятиям пенсионной реформы, организациям пенсионного обеспечения возможно путем проведения постоянной, всеобъемлющей работы с населением по популяризации изменений в системе пенсионного обеспечения, по ознакомлению с возможными пенсионными услугами и информированию граждан о позитивных изменениях в пенсионной сфере, достоинствах негосударственного пенсионного обеспечения. В широком смысле сегодня необходима ликвидация финансовой безграмотности и формирование устойчивых инвестиционных знаний, в т. ч. по проблемам пенсионного обеспечения.

Общее направление усилий должно быть сконцентрировано на просветительской и информационной работе с населением. Просвещение и информирование граждан должно стать основным содержанием коммуникативной политики государственных и коммерческих структур в пенсионной сфере. Ее проведение способно сформировать у населения позитивное отношение к пенсионной реформе, у потенциального клиента негосударственных пенсионных организаций – выработать сознательный, взвешенный выбор в пользу той или иной пенсионной услуги.

Необходима четкая пропаганда идеологии пенсионных преобразований – государством и всеми участниками пенсионной реформы. Эту задачу помогают решить маркетинговые коммуникации, которые способствуют установлению связи между потребителями пенсионных ус-

луг и их поставщиками; изучению рыночного спроса на услуги и коррекции существующих пенсионных услуг в зависимости от потребностей населения каждого региона; регуляции политики в области цен, рекламы; расчету издержек в зависимости от изменившейся конъюнктуры в сфере пенсионного обеспечения.

Воспитание грамотного потребителя, разбирающегося в особенностях пенсионной услуги, – основная задача современного этапа проведения пенсионной реформы. Для любого жителя России сегодня необходимо обеспечить условия самостоятельного принятия решений по пенсионному страхованию, важна государственная коммуникативная политика с акцентом на информировании и просвещении населения.

Список литературы

1. *Голубков Е.П.* Маркетинговые исследования: теория, методология и практика. – М: Финпресс, 2008. – 496 с.

2. *Судас Л.Г., Юрасова М.В.* Маркетинговые исследования в социальной сфере. – М.: Инфра-М, 2004. – 270 с.

3. *Долотов В.А.* Пенсионный всеобуч нужен всем // Пенсия. – 2006. – №6. – С. 46–49.

4. *Богатырева Е.В.* К проблеме исследования пенсионных ожиданий жителей Пензенской области // Социальная политика и социальное партнерство. – 2007. – № 4. – С. 61–65.

Создание симуляторов с использованием кроссплатформенных средств программирования

*Бузун А.С. (buzun.as@gmail.com), Ибрагимов И.И. (ildar@ipu.ru),
Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, г. Москва*

Аннотация

Данная работа направлена на разработку современного кроссплатформенного программного обеспечения для эффективного оперативного управления разработкой реальных газовых залежей. Большинство современных симуляторов разработки месторождений углеводородов не позволяют оперативно в процессе расчета визуализировать поведение объекта, изменять параметры работы скважин, вводить в эксплуатацию новые скважины в оперативном режиме. Развитие вычислительной техники способствует развитию недостающих возможностей программного обеспечения. В последнее время большую популярность завоевали библиотеки кроссплатформенного программирования Qt. С использованием таких средств программирования создана программа моделирования разработки газовой залежи.

Ключевые слова: симуляторы, кроссплатформенное программирование, библиотеки Qt, фильтрация газа.

Abstract

This paper is focused on development of modern cross-platform software for effective operational control of gas production from gas fields. Most of reservoir simulators do not allow compute and visualize numerical results, change regimes of wells, set new wells in the field simultaneously. Progress of computer sciences forwards a development of desired features of software. Recently cross-platform programming technology called as Qt got much vogue and success. Using such opportunities a gas flow simulating program has been tested.

1. Моделирование разработки газового месторождения

В качестве объекта моделирования рассматривалась неоднородная газовая залежь сложной формы. Залежи представляют собой слоисто- и зонально-неоднородные структуры, которые описываются в геологической модели месторождения. В процессе разработки месторождения газ притекает к забоям добывающих скважин за счет собственной энергии давления. Однофазная фильтрация газа в пористой среде описывается нелинейным дифференциальным уравнением в частных производных параболического типа, полученным на основе уравнения неразрывности потока и линейного закона фильтрации Дарси. В работе рассматривается модель

изотермической фильтрации газа в несжимаемой среде. Для такого случая уравнение имеет вид [1]:

$$m(x) \frac{\partial \rho(p)}{\partial p} \frac{\partial p}{\partial t} = \operatorname{div} \left(\rho(p) \frac{k(x)}{\mu(p)} \operatorname{grad} p \right) + Q(x, t). \quad (1)$$

Здесь $m(x)$ — распределение пористости, $x \in R^3$ — точка в пространстве, $\rho(p)$ — зависимость плотности от давления, $k(x)$ — распределение проницаемости, $\mu(p)$ — зависимость вязкости от давления, $Q(x, t)$ — поле массового источника (стока). Уравнение (1) решается при заданных начальных и граничных условиях численными методами [2–4].

Для описания границы месторождения использовался массив нулей и единиц, в котором ноль означал неактивную область, а единица — активную:

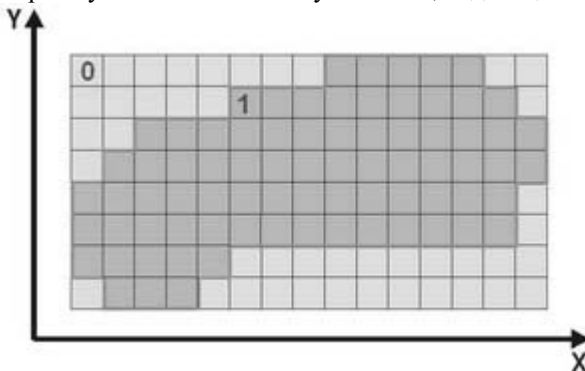


Рис. 1. Численное описание геометрии пласта

При таком описании появляется отличие между физической и математической моделью пласта, связанной с практическими трудностями описания границы при помощи кусочно-непрерывных функций.

Особое внимание уделено режимам эксплуатации скважин. В начальный период разработки скважины работают на режиме постоянного дебита до достижения максимального градиента давления на стенке скважины. Далее поддерживается режим постоянного градиента давления на стенке скважины во избежание разрушения и выноса горных пород. Третий этап определялся условием постоянного давления на забое скважин. Остановка скважин происходит при достижении минимального рентабельного дебита газа.

Численный алгоритм реализован с использованием языка программирования С++. Проведен анализ различных возможностей графического представления результатов моделирования. Изучены программные средства, позволяющие оперативно и наглядно представлять результаты расчетов, обрабатывать данные в процессе численного решения задачи.

2. Кроссплатформенное программирование

Большинство современных высокоуровневых языков программирования оснащены средствами кроссплатформенного программирования. Существуют языки на уровне компиляции: С, С++, Pascal, а также на уровне выполнения: Java, С# [5–7].

Все большую популярность в последнее время приобретают библиотеки кроссплатформенного программирования Qt, которые обладают рядом полезных и удобных для программиста атрибутов и позволяют:

- 1) запускать ПО (программное обеспечение) во многих операционных системах, в том числе и на мобильных платформах;
- 2) разрабатывать прикладное ПО;
- 3) включают в себя классы для реализации графического интерфейса, работы с базами данных, OpenGL, сетью и XML.

Для написания программы моделирования разработки газового месторождения использовались следующие продукты: OS OpenSuse 11.1, Qt 4.5.0 libraries (OpenSource), IDE Qt Creator 1.0, IDE KDeveloper.

В рамках единого приложения созданы два параллельных потока для вычислений и визуализации результатов. Созданы классы для построения и просмотра трехмерных и двухмерных графиков. Реализованы возможности масштабирования и вращения визуальных объектов. Для прорисовки в трехмерном режиме использованы библиотеки OpenGL. Распределение давления и показателей разработки в режиме on-line представлено на рис. 2 и 3.

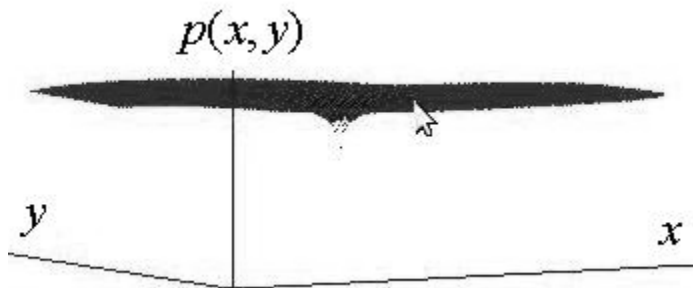


Рис. 2. Распределение давления в режиме on-line

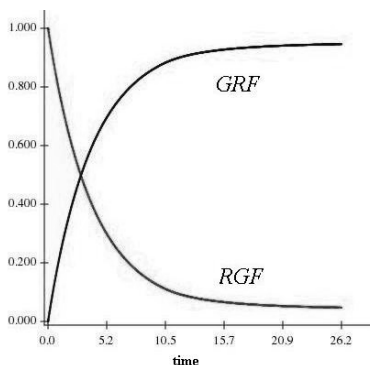


Рис. 3. Показатели разработки месторождения

Заключение

В работе представлены и проанализированы возможности современных кроссплатформенных средств программирования (библиотек Qt) на примере создания программы моделирования разработки газового месторождения. Данный подход позволяет наглядно представлять результаты расчетов, анализировать состояние объекта управления, принимать технологические решения в оперативном режиме. На примере показана высокая эффективность используемой технологии.

Список литературы

1. *Басниев К.С., Кочина И.Н., Максимов В.М.* Подземная гидромеханика. – М.: Недра, 1993. – 416 с.
2. *Годунов С.К., Рябенький В.С.* Разностные схемы (введение в теорию). – М.: Наука Гл. ред. физ.-мат. лит., 1977.
3. *Самарский А.А., Гулин А.В.* Численные методы. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1989. – 432 с.
4. *Хейгеман Л., Янг Д.* Прикладные итерационные методы: пер. с англ. – М.: Мир, 1986. – 448 с.
5. *Бланиет Ж., Саммерфилд М.* Qt4 программирование GUI на C++. – М.: Кудиц-Пресс, 2007.
6. *Шлее М.* Qt профессиональное программирование на C++. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005.
7. *Амосов А.А., Дубинский Ю.А., Копченова Н.В.* Вычислительные методы для инженеров. – М.: Высшая школа, 1994.

УДК 519.6

Покомпонентный метод сглаживания кривизны траекторий в задачах планирования пути для колесных роботов

Гилимьянов Р.Ф. (*r.gilimyanov@javad.com*)

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, г. Москва

Аннотация

Рассматривается задача планирования пути для колесного робота. Управляемый вручную колесный робот проводится по желаемому пути, координаты которого измеряются GNSS приемником. Для повторения пути в автоматическом режиме необходимо построить траекторию, удовлетворяющую определенным критериям гладкости и ограничениям на кривизну. Малые ошибки измерений координат точек могут существенно исказить кривизну построенной траектории, сделав ее непригодной с точки зрения управления. В статье предлагается метод, который за счет покомпонентной минимизации векторов скачков третьих производных улучшает кривизну кривой, состоящей из элементарных кубических B-сплайнов. Метод можно применять при отсутствии некоторого числа измерений и при наличии плохих измерений.

Ключевые слова: планирование пути, колесный робот, GNSS навигация, приближение данных, B-сплайны, сглаживание кривизны, оптимизация.

Abstract

A path planning problem for a wheeled robot is considered. When robot follows a path in a manual mode, its positions are measured by a GNSS receiver and stored then as a target path in order to repeat it in an automated mode. It is required to construct a trajectory that satisfies certain smoothness requirements and curvature constraints. Due to errors inherent in the data points, the shape of the curve approximating the desired path may turn out inappropriate, or even unacceptable, from the control standpoint. In the paper, a method for improving curvature of curves consisting of elementary cubic B-splines is proposed. The improvement is achieved through component-wise minimization of jumps of the third derivative. The method can be applied to processing data in the presence of measurements with large errors and in the case where some measurements are lacking.

Key words: pathplanning, wheeled robot, GNSS navigation, data fitting, B-splines, curvature smoothing, optimization.

Введение

Управляемый вручную колесный робот проводится по желаемому пути, координаты которого измеряются GNSS приемником. Для повторения пути в автоматическом режиме необходимо построить траекторию, удовлетворяющую ограничениям, наложенным на неголономную систему – колесный

робот. Траектория должна быть гладкой¹, дважды непрерывно-дифференцируемой, иметь максимальную кривизну $k_{\max} = 1/R_{\min}$, соответствующую минимальному радиусу разворота колесного робота R_{\min} . Также важно уметь эффективно вычислять расстояние от робота до траектории.

Существуют множество способов представления пути, например, с помощью последовательности прямых линий и дуг окружностей, полиномиальных сплайнов, клотоид или обобщенных спиралей Корню. Один из таких способов основывается на аппроксимации траектории с помощью составных кубических В-сплайнов [4] (в данной статье также вводится функция квазирасстояния для оценки отклонения робота от целевой кривой). В результате такой аппроксимации получается C^2 -гладкая кривая. Однако, малые ошибки GNSS измерений координат точек приводят к значительному искажению кривизны траектории. Кривизна хаотически меняется и может превышать максимальное значение k_{\max} .

Помимо планирования пути для колесных роботов гладкие кривые важны и используются во многих других сферах, например, при планировании траектории робота-манипулятора или траектории перемещения инструмента на станке с ЧПУ (NC), в системах автоматизированного проектирования и компьютерной графики (CAD).

Существуют различные методы получения гладких сплайновых кривых, например «smoothing spline» [5, 6, 7, 8, 9] и «fairing» [1, 2, 3, 10, 11]. Широкое распространение получили следующие два подхода. Первый – это когда процесс построения кривой совмещен с ее сглаживанием, другой — когда сначала строится аппроксимирующая или интерполирующая кривая, а затем производится ее сглаживание.

Предлагаемый в данной статье метод основывается на методе [12], относящийся ко второму типу. Сначала заданный на плоскости набор точек аппроксимируется кубическими В-сплайнами, далее полученная кривая сглаживается за счет минимизации скачков третьих производных с помощью специальных вариаций контрольных точек. В отличие от метода [12], где минимизируются проекции скачков третьих производных на перпендикулярное к кривой направление, в данной работе минимизируется сам вектор скачков третьих производных. В предлагаемом методе

¹ Здесь гладкость кривой понимается в смысле плавности графика ее кривизны, т. е. кривая гладкая, если график ее кривизны непрерывен, имеет соответствующий знак и представляет собой кусочно-монотонную функцию с как можно меньшим количеством участков монотонности [1, 2, 3].

не нужно вычислять нормали и их скалярное произведение, не требуется строгая эквидистантность контрольных точек, его можно применять при отсутствии некоторого числа измерений и при наличии плохих измерений (с небольшими изменениями можно получить метод робастного сглаживания [9]) вследствие потери или искажения сигналов навигационных спутников.

1. Постановка задачи

Пусть $r_1, \dots, r_n, r_i \in R^2$ – это координаты, измеренные GNSS приемником во время прохождения пути в ручном режиме. Искомая траектория строится из элементарных однородных кубических В-сплайнов, каждый из которых представляется четверкой точек следующим образом:

$$r^{(i)}(t) = R_i M T(t), \quad R_i = [r_{i-1}, r_i, r_{i+1}, r_{i+2}],$$

$$M = \frac{1}{6} \begin{bmatrix} 1 & -3 & 3 & -1 \\ 4 & 0 & -6 & 3 \\ 1 & 3 & 3 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad T(t) = \begin{bmatrix} 1 \\ t \\ t^2 \\ t^3 \end{bmatrix}, \quad t \in [0, 1] \text{ – параметр сплайна.}$$

Малые ошибки измерений существенно влияют на кривизну кривой. Колесному роботу с ограниченным углом и скоростью поворота передних колес сложно точно повторить в автоматическом режиме траекторию с быстро осциллирующей и местами превышающей максимальное значение кривизной. Двигая полученные точки в пределах ошибки измерений, можно получить траекторию, близкую к реальной траектории колесного робота, которая также будет удовлетворять гладкостным требованиям и ограничениям на кривизну.

Требуется сдвинуть исходные зашумленные точки r_1, \dots, r_n на величины $\varepsilon_1, \dots, \varepsilon_n$, не превышающие ошибки измерения этих точек таким образом, чтобы график кривизны В-сплайновой кривой, построенной по новым точкам $\tilde{r}_1, \dots, \tilde{r}_n$, был непрерывен и имел как можно меньшее количество участков монотонности, т. е. имел более плавный вид.

2. Покомпонентная минимизация

На характер графика кривизны влияют скачки третьей производной в точках соединения двух смежных сплайнов:

$$\Delta \ddot{r}_i'' = \ddot{r}^{(i)} - \ddot{r}^{(i-1)} = r_{i-2} - 4r_{i-1} + 6r_i - 4r_{i+1} + r_{i+2},$$

минимизируя их, мы улучшим форму кривизны кривой. Запишем скачки третьей производной через вариации контрольных точек:

$$\tilde{r}_i(\varepsilon_i) = r_i + \varepsilon_i = \begin{bmatrix} r_{x,i} \\ r_{y,i} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_{x,i} \\ \varepsilon_{y,i} \end{bmatrix},$$

$$\Delta \ddot{r}_i^*(\varepsilon) = \begin{bmatrix} \Delta \ddot{r}_{x,i} \\ \Delta \ddot{r}_{y,i} \end{bmatrix}, \quad \Delta \ddot{r}_{*,i} = \begin{bmatrix} 1 \\ -4 \\ 6 \\ -4 \\ 1 \end{bmatrix}^T \left(\begin{bmatrix} \Delta r_{*,i-2} \\ \Delta r_{*,i-1} \\ \Delta r_{*,i} \\ \Delta r_{*,i+1} \\ \Delta r_{*,i+2} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_{*,i-2} \\ \varepsilon_{*,i-1} \\ \varepsilon_{*,i} \\ \varepsilon_{*,i+1} \\ \varepsilon_{*,i+2} \end{bmatrix} \right),$$

где * — обозначает компоненту x или y.

Если количество точек n, то число элементарных сплайнов n — 3 и число скачков третьей производной n — 4. Нашей целью является минимизация суммы квадратов норм всех векторов скачков:

$$\sum_{i=1}^{n-4} \|\Delta \ddot{r}_i^*(\varepsilon)\|^2 = \sum_{i=1}^{n-4} (|\Delta \ddot{r}_{x,i}^*|^2 + |\Delta \ddot{r}_{y,i}^*|^2) =$$

$$= \frac{1}{2} (r_x + \varepsilon_x)^T H (r_x + \varepsilon_x) + \frac{1}{2} (r_y + \varepsilon_y)^T H (r_y + \varepsilon_y) \rightarrow \min_{\varepsilon_x, \varepsilon_y},$$

где матрица H – ленточная симметричная положительно определенная;

$$H = C^T C, \quad H \in R^{n \times n}, \quad C = \begin{bmatrix} 1 & -4 & 6 & 4 & 1 & 0 & \dots \\ 0 & 1 & -4 & 6 & -4 & 1 & \dots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots \end{bmatrix}, \quad C \in R^{(n-4) \times n},$$

$$r_* = [r_{*,1} \dots r_{*,n}]^T, \quad \varepsilon_* = [\varepsilon_{*,1} \dots \varepsilon_{*,n}]^T.$$

Нужно ограничить вариации контрольных точек. В работе [12] это делается введением простых ограничений и последующим решением задачи квадратичного программирования. В данной работе предлагается ввести штраф за большие вариации контрольных точек и решать задачу безусловной минимизации функционала:

$$\Phi(\varepsilon) = \Phi(\varepsilon_x) + \Phi(\varepsilon_y), \quad \Phi(\varepsilon_*) = \frac{1}{2} (r_* + \varepsilon_*)^T H (r_* + \varepsilon_*) + \frac{1}{2} \gamma \varepsilon_*^T \varepsilon_*.$$

Задача минимизации квадратичного функционала двух векторных аргументов при отсутствии перекрестных произведений эквивалента минимизации этого функционала по каждому аргументу в отдельности. В на-

шем случае это эквивалентно покомпонентной минимизации векторов скачков третьей производной:

$$\min_{\varepsilon_x, \varepsilon_y} \Phi(\varepsilon) \Rightarrow \begin{cases} \min_{\varepsilon_x} \Phi(\varepsilon_x), \\ \min_{\varepsilon_y} \Phi(\varepsilon_y). \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} (H + \gamma I)\varepsilon_x = -Hr_x, \\ (H + \gamma I)\varepsilon_y = -Hr_y. \end{cases}$$

Систему линейных уравнений

$$(H + \gamma I)\varepsilon_* = -Hr_*$$

с ленточной симметричной положительно определенной матрицей $H + \gamma I$ можно эффективно решить, разложив эту матрицу по Холецкому на произведение нижней и верхней треугольной ленточной матрицы, и методом прямой и обратной прогонки решить ленточные треугольные системы. Также можно достичь большей производительности и экономии памяти за счет того, что при постоянном параметре γ обе системы уравнений имеют общую матрицу, содержащей на диагоналях одинаковые элементы (за исключением нескольких начальных и конечных элементов). Разложение Холецкого такой матрицы устанавливается, и после некоторого числа строк диагональные элементы нижней треугольной матрицы практически перестают отличаться. Однако, для достижения робастности метода рекомендуется заменить матрицу I на диагональную обратную ковариационную матрицу.

Стоит отметить, что предлагаемый метод в отличие от [12] легко распространить на трехмерный случай введением еще одной системы уравнений для z компоненты.

3. Численные эксперименты

На рис. 1 и рис. 2 синей пунктирной линией изображена траектория, построенная по набору точек (на рисунках отмечены синем квадратиком), полученных в полевых испытаниях с помощью GNSS приемника, установленного на движущейся машине, для которой $k_{\max} \approx 0.2 \text{ м}^{-1}$. Число контрольных точек – 827, расстояние между соседними точками варьируется от 0.04 м. до 2.1 м. На этих же рисунках сплошной красной линией показана траектория, построенная по точкам (на рисунках отмечены красным кружочком), сдвинутым на величины, найденные при решении задачи безусловной минимизации с параметром $\gamma = 0.00001$ (в данных экспериментах вместо матрицы I использовалась диагональная обратная ковариационная матрица). На рис. 3 изображены в зависи-

мости от номера точки полученные решения ϵ_x , ϵ_y и $\sqrt{\epsilon_x^2 + \epsilon_y^2}$. Графики кривизны соответствующих траекторий показаны на рис. 4.

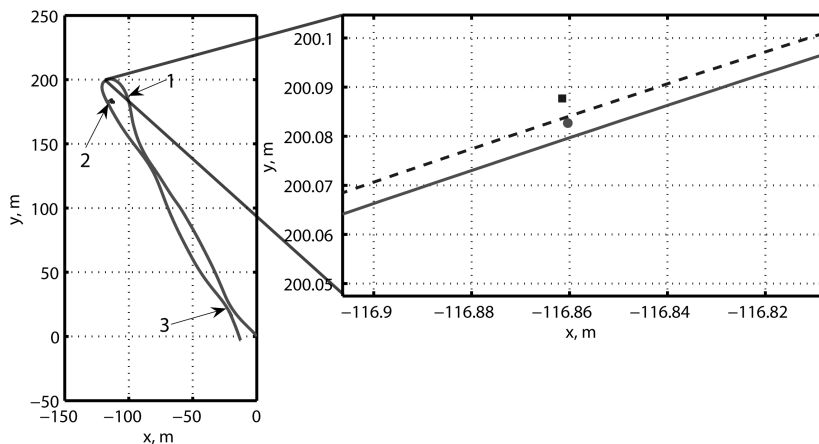


Рис. 1. Траектория

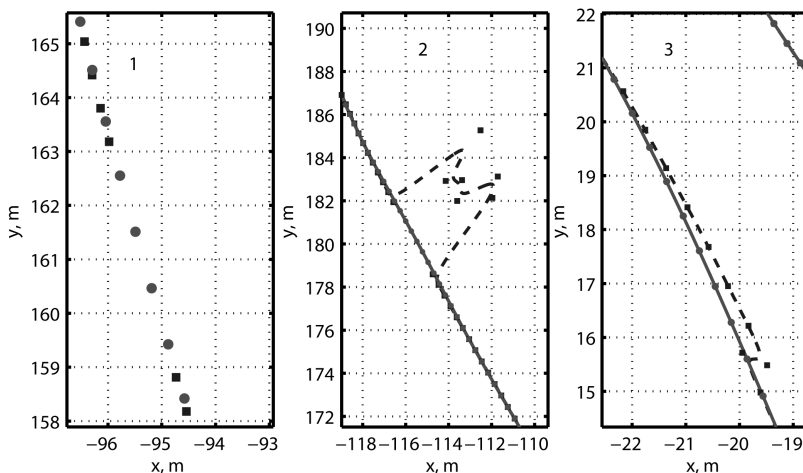


Рис. 2. Фрагменты траектории

Во время сбора данных GNSS приемник работал в режиме RTK (кинематика в реальном времени), обеспечивающий сантиметровый уровень точности в реальном времени. Точки, где приемник смог разрешить фазовые неод-

нозначности, были сдвинуты на величины не более 0.025 м. На правом рис. 1 показан фрагмент траектории с максимальной кривизной (реальной траекторией). Исходная и полученная траектория близки друг к другу, но только последняя имеет подходящую для проезда колесного робота кривизну.

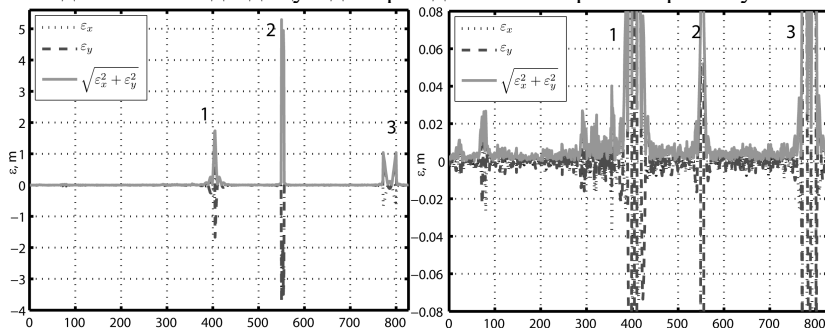


Рис. 3. Решение задачи оптимизации

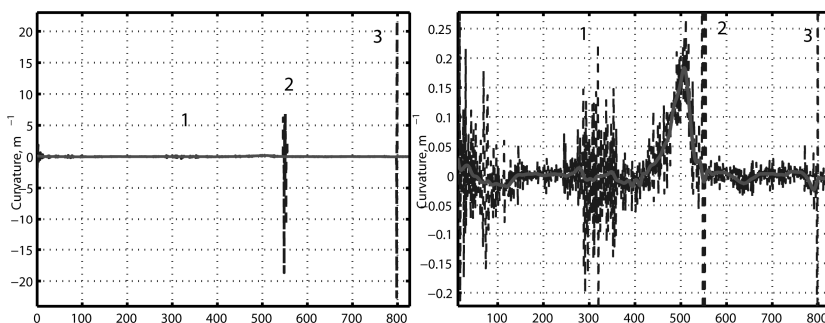


Рис. 4. Кривизна траектории

На рисунках цифрами обозначены фрагменты, соответствующие следующим ситуациям:

1 — по каким то причинам отсутствуют несколько измерений, например потеря данных при записи (на самом деле были выброшены несколько измерений)

2 — произошел случайный большой выброс (на самом деле к нескольким реальным данным была добавлена случайная ошибка)

3 — приемник в режиме RTK не смог разрешить фазовые неоднозначности вследствие потери или искажения сигналов нескольких навигационных спутников (это реальные данные; измеренные координаты плавно

«ушли» от реальной траектории колесного робота почти на полметра, а затем, при фиксации решения, скачком «вернулись» обратно).

Как видно из рисунков метод корректно сдвинул точки как для участков траектории, где приемник смог разрешить фазовые неоднозначности, так и для тех участков, где возникли вышеописанные ситуации.

Заключение

Разработан метод, который за счет покомпонентной минимизации векторов скачков третьих производных улучшает кривизну кривой, состоящей из элементарных кубических B-сплайнов. Метод не требует строгой эквидистантности исходных точек, его можно применять при отсутствии некоторого числа измерений и при наличии плохих измерений. Стоит отметить, что метод применим для решения задач большой размерности, так как с ростом числа точек сложность задачи возрастает линейно. Эффективность предложенного метода иллюстрируется численными примерами.

Благодарности

Работа выполнена при финансовой поддержке Программы ОЭММПУ № 15 и государственной программы поддержки ведущих научных школ РФ (НШ-1676.2008.1).

Список литературы

1. Farin G., Rein G., Sapidis N., Worsey A.J. Fairing Cubic B-Spline Curves // *Computer-Aided Design*. 1987. V. 4. P. 91–103.
2. Farin G., Sapidis N. Curvature and the Fairness of Curves and Surfaces // *IEEE Computer Graphics and Applications*. 1989. V. 9, № 2. P. 52–57.
3. Sapidis N., Farin G. Automatic Fairing Algorithm for B-Spline Curves // *Computer-Aided Design*. 1990. V. 22. P. 121–129.
4. Пестерев А.В., Гилимьянов Р.Ф. Планирование пути для колесного робота // Проблемы вычислений в распределенной среде: распределенные приложения, коммуникационные системы, математические модели и оптимизация. Труды ИСА РАН. — 2006. — Т. 25. — С. 204–211.
5. Schoenberg I. Spline functions and the problem of graduation // *Proc. Nat. Acad. Sci.* 1964. V. 52. P. 947–950.

6. Reinsch C. Smoothing by spline functions // Numer. Math. 1967. V. 10. P. 177–183.
7. De Boor C. A Practical Guide to Splines. New York: Springer-Verlag. 1978.
8. Завьялов Ю.С., Квасов Б.И., Мирошниченко В.Л. Методы сплайн-функций. — М.: Наука, 1980.
9. Hastie T., Tibshirani R. Generalized Additive Models. London: Chapman and Hall. 1990.
10. Kjellander J. Smoothing of Cubic Parametric Splines // Computer-Aided Design. 1983. V. 15(3). P. 175–179.
11. Eck M., Hadenfeld J. Local Energy Fairing of B-spline Curves // Computing Supplement. 1995. V. 10). P. 129–147.
12. Гилимьянов Р.Ф., Пестерев А.В., Рапопорт Л.Б. Сглаживание кривизны траекторий, построенных по зашумленным измерениям, в задачах планирования пути для колесных роботов // Известия РАН. Теория и системы управления. 2008. — Т. 47.— № 5. — С. 152–159.

Модель ограничения коррупционного поведения должностных лиц государственных органов в задаче распределения ресурсов

Глухих И.Ю., Рубцова Ю.Ф.

*ФГОУ ВПО «Северо-Западная академия государственной службы»,
г. Санкт-Петербург*

Аннотация

Рассматривается ситуация, когда в организационной системе при заданной вероятности обнаружения коррупционного поведения невыгодно брать взятки; задача распределения ресурсов (лицензий).

Ключевые слова: коррупционное поведение, коррупция, центр, метациентр, целевая функция, распределение ресурсов.

Abstract

There is the consideration of the situation when it is unprofitable to take bribes in organizational system with the set probability of detection of corruption behavior; a problem of distribution of resources (licenses).

Введение

В конце 1960-х годов XX века с развитием кибернетики, исследования операций, математической теории управления (теории автоматического регулирования – ТАР) и интенсивного использования их результатов при создании новых и модернизации существующих технических систем, начали предприниматься попытки применения общих подходов теории управления для разработки математических моделей социальных и экономических систем.

На сегодняшний день можно говорить практически о полном слиянии этих научных направлений и появлении нового синтетического направления – теории управления организационными системами. Объектом исследований этой теории являются организационные системы, предметом исследований – механизмы управления, а основным методом исследования – математическое моделирование [2, 7].

Теория управления организационными системами дает возможность использовать математические модели для повышения эффективности функционирования организаций, фирм, предприятий, а также государственных и муниципальных учреждений.

Теория управления организационными системами, на основе которой можно анализировать системы государственного и муниципального управ-

вления, как правило, исходит из гипотезы рационального поведения элементов этой системы в рамках установленных правил функционирования. Однако на практике возможны нарушения элементами организационной системы порядка и правил функционирования в том случае, если это приносит элементу прибыль сверх той, что он получает, действуя в рамках установленного порядка функционирования. Нарушение условий контрактов, взяточничество, коррупция и уклонение от налогов – это те проявления, которые можно видеть в повседневной жизни и, вообще говоря, моделировать с помощью механизмов теории управления.

Проблема коррупции в нашей стране выросла в крупную государственную проблему. По данным Фонда ИНДЕМ ежегодные потери России от коррупции составляют 35 млрд долларов, а граждане тратят на взятки ежегодно 2,8 млрд долларов [2, 329]. Поэтому можно утверждать, что анализ этого явления и выявление условий, при которых возможно подавление коррупции, даже на уровне отдельных задач в государственных органах, представляют собой актуальную проблему. Конструктивным подходом для выбора стратегии подавления коррупционного поведения государственных служащих считается построение и анализ моделей управления организационными системами различного уровня.

Существует большое число работ как по содержательному анализу явления коррупции, включая рассмотрение ее на основе сетевых структур, так и по формализации коррупции в различных областях социально-экономической сферы, в частности подробный обзор работ дается Левиным М.И., центром «ИНБОМ» и другими авторами. Современное состояние по моделям и моделированию этого явления с рекомендациями по выбору стратегий подавления коррупции дано в работе Выборнова Р.А. [1].

1. Основные понятия

Прежде всего, имеет смысл определиться с понятием этого явления, поскольку точного определения коррупции не существует. Коррупция считается сложным, многогранным явлением, поэтому имеют место многочисленные толкования термина «коррупция», от социального (социально негативное явление, выражающееся в подкупе одних лиц другими) до сугубо криминалистического. Это понятие включает в себя и взяточничество, и незаконное присвоение публичных средств для частного использования. Обычно указывают на несколько **признаков**, по которым определяют коррупцию:

1) коррупция – это двухсторонняя сделка, одной из сторон которой является лицо, выполняющее властные, организационно-распорядительные или административно-хозяйственные функции. Это лицо является главным субъектом коррупции;

2) коррупция существует, если есть возможность для чиновника распоряжаться не принадлежащими ему ресурсами путем принятия или непринятия тех или иных решений и использовать свои полномочия для удовлетворения своих частных интересов;

3) устойчивость коррупционных отношений;

4) коррупционная связь. Некорректно говорить о коррупции, если чиновник «не вовлекает в свою противоправную деятельность других людей, как это бывает, например, при сокрытом от других присвоении не принадлежащих чиновнику средств».

При анализе функционирования организационных систем поведение участников с получением взяток и незаконного присвоения публичных средств обычно называют коррупционным поведением (взаимодействием).

Следуя подходу Выборнова Р.А., можно рассматривать общую модель организационной системы с коррупционным поведением участников в виде трехуровневой иерархической системы. Обычно участники такой типовой системы разделены на уровни по характеру своей деятельности.

1. Агенты нижнего уровня, заинтересованные в максимизации собственной полезности и имеющие возможность повлиять на других участников организационной системы тем или иным образом.

2. Центры – активные элементы среднего уровня, заинтересованные в решении одной или нескольких задач, таких как максимизация собственной полезности, оптимизация деятельности агентов, борьба с коррупционным поведением.

3. Метацентры – активные элементы высшего уровня, заинтересованные также в решении одной или нескольких следующих задач: максимизации собственной полезности, оптимизации деятельности центров, борьбе с коррупционным взаимодействием.

Тогда можно выделить следующие функциональные обязанности участников:

– метацентр назначает m центров, контролирует их деятельность, взаимодействует с ними в собственных интересах;

– каждому центру вменяется в обязанность управление одним или несколькими из множеств агентов;

– агенты максимизируют собственную полезность, пытаясь повлиять на предпочтения одного или нескольких центров.

В такой обобщенной структуре возможны коррупционные взаимодействия (КВ) следующих пяти видов.

1. «Метацентр – Центр». Такой вид КВ предполагает, что центр с помощью какого-либо коррупционного инструмента (например взятка) изменяет предпочтения метацентра относительно центров. Метацентр информирован, то есть является непосредственным участником КВ.

2. «Центр – Центр». Такой вид КВ предполагает, что два или более центра изменяют представления метацентра о центрах. Метацентр не информирован о КВ.

3. «Центр – Агент». Этот вид КВ предполагает, что агент с помощью какого-либо коррупционного инструмента (например, взятка) изменяет предпочтения центра. Центр информирован о КВ (является непосредственным участником такого взаимодействия).

4. «Агент – Агент». Такой вид КВ предполагает, что два или более агента изменяют представления центра об агентах. Центр не информирован о КВ.

5. «Центр + Агент – Метацентр». В данном случае предполагается, что агент и центр совместно изменяют предпочтения метацентра.

Поскольку КВ 1 и 3 (а также 2 и 4) аналогичны и различаются лишь по уровням, то обычно рассматривают только взаимодействия типов 3, 4 и 5. Следовательно, в трехуровневой общей модели КВ в организационной системе возможны взаимодействия пяти типов, три из которых («центр – агент», «агент – агент», «центр и агент – метацентр») являются базовыми.

Целевые функции участников такой ОС следующие.

Целевая функция агента имеет вид:

$$f_i(x_i, \pi_i) = \pi_i - x_i - I(x_i, \pi_i) - P(x_i, \pi_i) \bar{P}(x_i, \pi_i)(\alpha \bar{x}_i + (1 - \alpha) z(x_i)) + q_0,$$

где π_i – доход, получаемый агентом i в случае «удачного» взаимодействия с центром и выбора последним «правильного» решения в отношении агента; x_i – размер взятки, с помощью которой агент пытается повлиять на решение центра; $I(x_i, \pi_i)$ – физический эквивалент морального ущерба агента от факта дачи взятки; $P(x_i, \pi_i)$ – вероятность проверки деятельности агента и центра со стороны метацентра; $\bar{P}(x_i, \pi_i)$ – вероятность того, что эта проверка обнаружит факт взяточничества; α – вероятность того, что центру и агенту удастся с помощью откупа скрыть факт взяточничества в случае обнаружения такового; \bar{x}_i – размер откупа в случае обнаружения факта взяточничества; $z(x_i)$ – штраф, накладываемый на агента в случае, если факт взяточничества обнаружен, но факт откупа не состоялся; q_0 – предполагаемая полезность агента в случае неучастия его во взаимоотношениях с центром.

Целевая функция центра имеет вид:

$$F_i = B + \eta(\bar{x}_i, \bar{x}_j) - P(\eta(\bar{x}_i, \bar{x}_j)) \bar{P}(\eta(\bar{x}_i, \bar{x}_j))(\alpha \bar{y}_j + (1 - \alpha) z(\eta(\bar{x}_i, \bar{x}_j))) - J(\eta(\bar{x}_i, \bar{x}_j)) - y_j$$

Здесь: B – фиксированная заработная плата центра, т. е. доход центра при неучастии его в КВ; \bar{x}_i – вектор агентов («своего» множества), которые вовлечены в КВ с центром; \bar{x}_j – вектор агентов остальных множеств, которые вовлечены в КВ с центром; $\eta(\bar{x}_i, \bar{x}_j)$ – сумма взяток, взимаемых центром; $P(\eta(\bar{x}_i, \bar{x}_j))$ – вероятность проверки деятельности центра метацентром; $\bar{P}(\eta(\bar{x}_i, \bar{x}_j))$ – вероятность того, что проверка со стороны метацентра выявит факты взяточничества; α – вероятность того, что центру и агенту удастся с помощью откупа скрыть факт взяточничества в случае обнаружения такового; \bar{y} – размер откупа в случае обнаружения факта взяточничества; $z(\eta(\bar{x}_i, \bar{x}_j))$ – штраф, накладываемый на центр, если факт взяточничества обнаружен, но факт откупа не состоялся; $J(\eta(\bar{x}_i, \bar{x}_j))$ – физический эквивалент морального ущерба центра от факта приема взятки, y_i – размер возможной взятки метацентру с целью изменения его предпочтений по распределению множеств агентов.

Целевая функция метацентра:

$$F_M = \sum_{j=1}^m y_j + \sum_{j=1}^m P_j(\cdot) (\alpha \sum_{i=1}^n x_i + \bar{y}_i) + (1 - \alpha) z_j(\eta(\bar{x}_i, \bar{x}_j)) - mB - c.$$

Здесь c – стоимость проверки деятельности центров, mB – общая заработная плата центрам.

Можно утверждать, что любое КВ, возможное в организационной системе, так или иначе является частным случаем представленного описания. Из этой общей постановки и модели легко получить частные, позволяющие провести подробный анализ соответствующей ситуации.

2. Постановка задачи максимизации целевой функции метацентра в задаче распределения ресурса

Пусть рассматривается модель организационной системы, участниками которой являются агенты, центры, распределяющие ресурс (N лицензий) между агентами, и метацентр. Имеем задачу распределения ресурса государственных средств.

В целях упрощения задачи предположим, что следующие параметры равны нулю: $q_0 = 0$; $\alpha = 0$ (откупиться при поимке не удастся); $I(x, \pi) = J(x, \pi) = 0$ (моральные аспекты не рассматриваются).

Предполагается, что число агентов $n > N$. Агенты готовы предложить взятку x , размер которой фиксирован, за право получить лицензию. Управляющий орган (далее – метацентр) может провести аудит по

цене c и учесть центр в КП (взяточничестве) с некоторой вероятностью. Будем полагать также, что если проверка состоится, то нарушение обнаруживается и откуп не состоится.

Функция $P(x, c)$ описывает зависимость вероятности уличения центра от размера взятки. При уличении центра во взяточничестве на него налагается штраф Z . При таких допущениях целевая функция центра описывается следующим образом: $f = Nx - P(x, c)Z \rightarrow \max_x$,

где c , $c \in R_+$ – стоимость аудита. Действие центра – выбор x .

Целевая функция метacentра, осуществляющего аудит и заинтересованного в уменьшении коррупции в таком случае:

$$F = P(x, c)Z - c$$

Задачи метacentра могут быть различны, например:

– максимизация целевой функции:

$$F = P(x, c)Z - c \rightarrow \max_{x, N};$$

– минимизация равновесной взятки при ограничении расходов на аудит:

$$x^* \rightarrow \min_{c, N}$$

при условии $c \leq c_0$, где $x^* = \arg \max_{x \geq 0} f(x)$;

– минимизация равновесной взятки при ограничении на количество выдаваемых лицензий:

$$x^* \rightarrow \min_{c, N} \text{ при условии } N \geq N_0.$$

Здесь N_0 – минимальное количество выдаваемых лицензий, c_0 – максимальная приемлемая цена аудита.

Важно учитывать свойства функции вероятности уличения центра в коррупционном поведении. Представляется, что наиболее адекватными функциями вероятности являются функции на основе экспонент.

Рассмотрим два вида функций:

$$P(x, c) = 1 - e^{-cx}, \quad P(x, c) = \frac{cx^2}{2(c+1)} e^{-\frac{x^2}{2} + 1}.$$

3. Решение задач распределения ресурса в организационной системе с коррупционным поведением при заданной функции вероятности уличения центра от размера взятки

1. Решение задачи распределения ресурса в организационной системе с коррупционным поведением при функции вероятности уличения центра от размера взятки, равной:

$$p(x, c) = 1 - e^{-cx}$$

Целевая функция Центра: $f = Nx - p(x, c)Z$

Целевая функция Метацентра: $F = p(x, c)Z - c$,

где c – стоимость аудита; Z – размер штрафа; N – количество выдаваемых лицензий.

Задача Метацентра: $F = p(x, c)Z - c \rightarrow \max_{c, N}$.

Размер взятки, который выберет Центр: $f = Nx - (1 - e^{-cx})Z \rightarrow \max_x$.

Дифференцируем целевую функцию Центра по x и, приравняв ее к нулю, находим x^* :

$$N - Zce^{-cx} = 0$$

$$e^{-cx} = \frac{N}{cZ}$$

$$-cx = \ln \frac{N}{cZ}$$

$$x^* = \frac{1}{c} \cdot \ln \frac{Zc}{N}$$

Таким образом, $x^* = \left\{ \frac{1}{c} \cdot \ln \frac{Zc}{N}; 1 \right\}$.

Тогда задача Метацентра: $F = p(x^*, c)Z - c \rightarrow \max_{c, N}$

1. Если Центр выберет $x^* = 1$, то $F(x^* = 1, c, N) = (1 - e^{-cx})Z - c \rightarrow \max_{c, N}$

Дифференцируем полученную целевую функцию Метацентра по c и, приравняв ее к нулю, находим c^* :

$$Ze^{-c} - 1 = 0, e^{-c} = \frac{1}{Z}, c^* = \ln Z$$

Рассмотрим первую пару решений: $\{x^*; y^*\} = \{1; c = \ln Z\}$

$$F = Z(1 - e^{-\ln Z}) - \ln Z = Z - \ln Z - 1$$

$$f = N - (1 - e^{-\ln Z})Z = N - Z + 1$$

Подставив в ограничение: $\frac{1}{c} \cdot \ln \frac{Zc}{N} > 1 - c^* = \ln Z$, получим ограничение

относительно Z , которое примет вид: $\ln Z - N > 0$.

Построим графики полученных целевых функций Центра и Метацентра при различном количестве лицензий с учетом ограничения на величину штрафа.

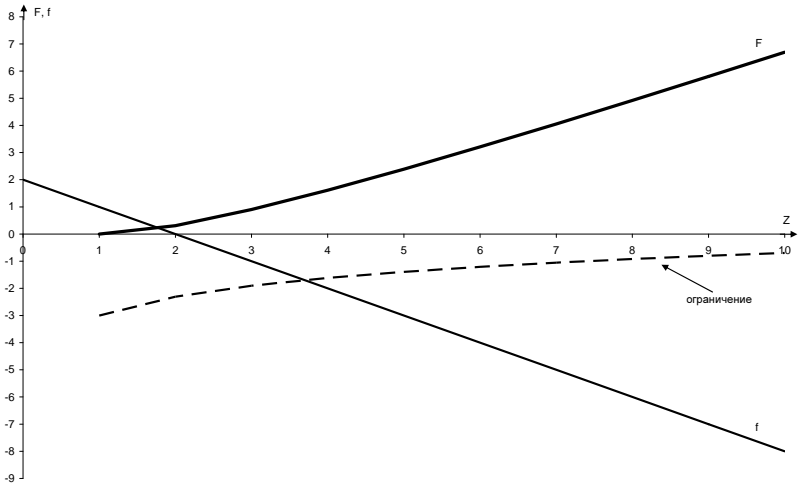


Рис. 1. Графики целевых функций метацентра и центра в зависимости от штрафа при $N = 3$

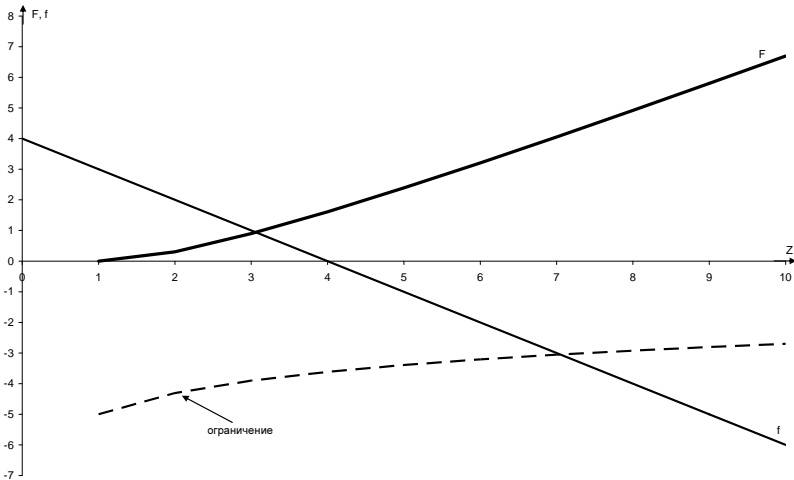


Рис. 2. Графики целевых функций метацентра и центра в зависимости от штрафа при $N = 5$

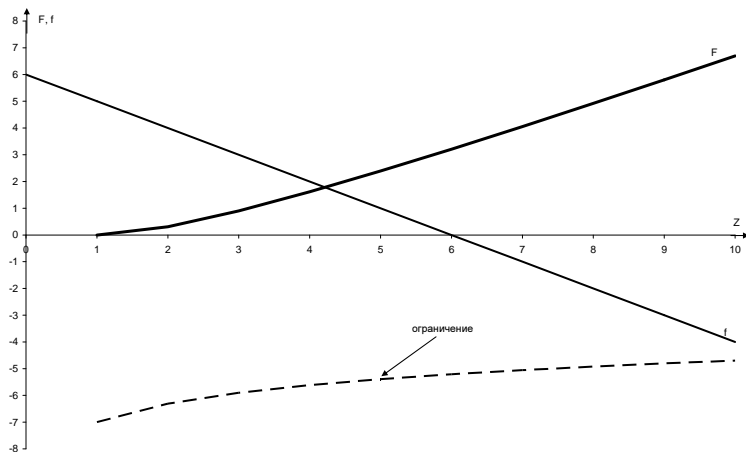


Рис. 3. Графики целевых функций метacentра и центра в зависимости от штрафа при $N = 7$

Метacentр заинтересован в максимизации своей целевой функции и в том, чтобы доход Центра от получения взятки был равен нулю. Минимальный размер штрафа определяется точкой пересечения графиков целевой функции Центра и ограничения.

В этом случае возможна коалиционная игра центра и метacentра против интересов государства. Сумма целевых функций центра и метacentра: $N - \ln Z$ строго убывает по Z . Поэтому может получиться так, что при минимально возможном штрафе $Z = 1$ сумма целевых функций принимает большее значение, чем та же сумма при максимально возможном (или законодательно установленном) штрафе. Естественно, в таком случае метacentр и центр договорятся, и будут работать с минимальным штрафом без аудита, сообщая при этом государству, что работают с максимальным штрафом и аудитом.

2. Если Центр выберет $x^* = \frac{1}{c} \cdot \ln \frac{Zc}{N}$, то $c \rightarrow \max$, а $N \rightarrow \min$

Рассмотрим вторую пару решений:

$$\{x^*; y^*\} = \left\{ \frac{1}{c} \cdot \ln \frac{Zc}{N}; c \rightarrow \max, N \rightarrow \min \right\}.$$

$$F(x^* = \frac{1}{c} \cdot \ln \frac{Zc}{N}, c, N) = Z(1 - e^{-\frac{\ln \frac{Zc}{N}}{c}}) - c \rightarrow \max_{c, N}$$

Дифференцируем полученную целевую функцию по c и, приравняв ее к нулю, найдем c^* :

$$\frac{N}{c^2} - 1 = 0, \quad c^* = \sqrt{N}$$

$$F(x^* = \frac{1}{c} \cdot \ln \frac{Zc}{N}, c, N) = Z(1 - e^{-\frac{\ln Zc}{N}}) - c = Z(1 - \frac{N}{cZ}) - c \rightarrow \max_{c, N}$$

при $N \rightarrow \min, c \rightarrow \sqrt{N}$, тогда

$$F = Z - 2\sqrt{N}$$

$$f(x^* = \frac{1}{c} \cdot \ln \frac{Zc}{N}, c, N) = \frac{N}{c} \cdot \ln \frac{Zc}{N} - (1 - \frac{N}{cZ})Z = \frac{N}{c} \cdot \ln \frac{Zc}{N} - Z + \frac{N}{c} \rightarrow \max$$

при $N \rightarrow \max, c \rightarrow \min$, тогда

$$f = \sqrt{N} \ln \frac{Z}{\sqrt{N}} - Z + \sqrt{N}$$

Подставив в ограничение: $\frac{1}{c} \cdot \ln \frac{Zc}{N} < 1 - c^* = \sqrt{N}$, получим ограниче-

ние относительно Z , которое примет вид: $Z < \sqrt{N} e^{\sqrt{N}}$.

Построим графики полученных целевых функций Центра и Метacentра при различном количестве лицензий с учетом ограничения на величину штрафа.

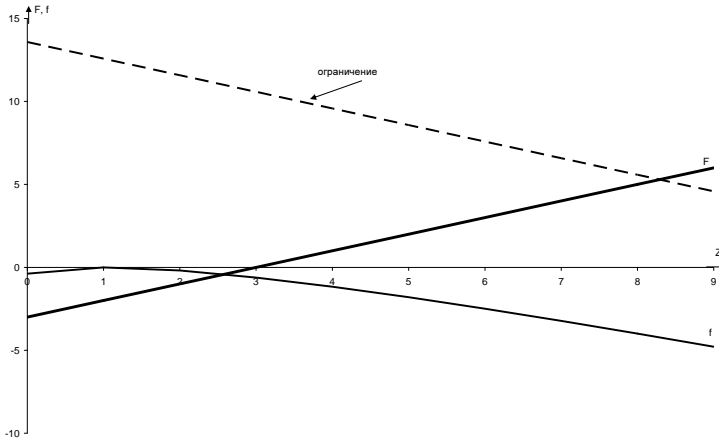


Рис. 4. Графики целевых функций метacentра и центра в зависимости от штрафа при $N = 4$

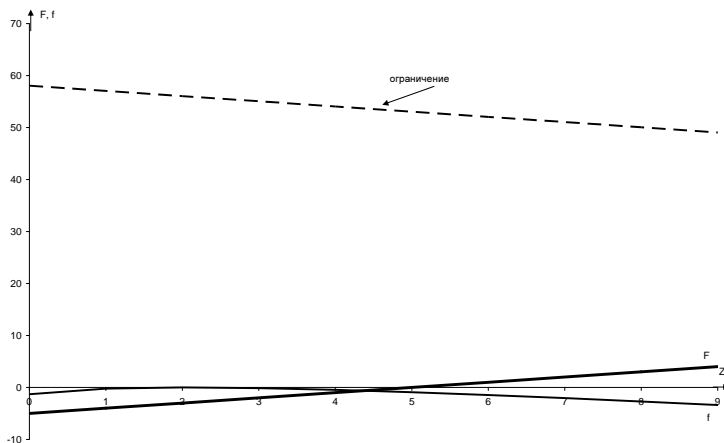


Рис. 5. Графики целевых функций метacentра и центра в зависимости от штрафа при $N = 9$

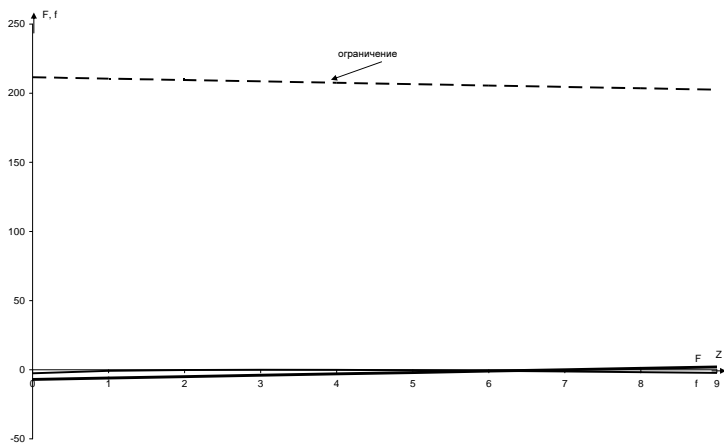


Рис. 6. Графики целевых функций метacentра и центра в зависимости от штрафа при $N = 16$

2. Решение задачи распределения ресурса в организационной системе с коррупционным поведением при функции вероятности уличения центра от размера взятки, равной:

$$p(x, c) = \frac{cx^2}{2(c+1)} \cdot e^{-\frac{x^2}{2}+1}$$

Целевая функция метacentра: $F = p(x, c) Z - c$,

Целевая функция центра: $f = N x - p(x, c) Z \rightarrow \max_x$.

Задача метacentра: максимизация целевой функции

$$F = p(x, c) Z - c \rightarrow \max_{c, N}$$

Зависимость вероятности поимки от размера взятки:

$$p(x, c) = \frac{cx^2}{2(c+1)} \cdot e^{-\frac{x^2}{2}+1}, \quad x \in [0, 1].$$

Размер взятки, которую выберет центр:

$$x^* = \min \{x_{np}; 1\}$$

Нахождение x_{np} требует выявления трудноустановимой зависимости x и величин N , c и Z , то есть поиска корней уравнения

$$\frac{2N(c+1)}{cZ} \cdot e^{\frac{x^2}{2}} + x^3 - 2x = 0.$$

Для того чтобы было возможно существования хотя бы одного корня данного уравнения $x_{np}^* \in [0, 1]$, должно выполняться условие:

$$\frac{2N(c+1)}{cZ} \in [0; \sqrt{e}].$$

Таким образом, задача метacentра:

$$F = p(x^*, c) Z - c \rightarrow \max_{c, N}$$

В случае если центр выбирает $x^* = 1$:

$$F(x^* = 1, c, N) = \left[\frac{c\sqrt{e}}{2(c+1)} \right] Z - c \rightarrow \max_{c, N}$$

Исследуя функцию $F(x^* = 1, c, N) = \left[\frac{c\sqrt{e}}{2(c+1)} \right] Z - c$, приходим

к выводу, что метacentр выбирает аудит $c = \sqrt{Z \frac{\sqrt{e}}{2}} - 1$, при котором достигается максимум функции $F(x^* = 1, c, N)$.

В противном случае, при выборе центром $x^* = x_{np}$, целевая функция метacentра

$$F(x^* = x_{np} \leq 1, c, N) = \left[\frac{cx_{np}^2}{2(c+1)} \cdot e^{-\frac{x_{np}^2}{2}+1} \right] \cdot Z - c \rightarrow \max_{c, N}$$

возрастает по N , и убывает по c .

Поэтому метацентр выберет действие: $\{N \rightarrow \max, c \rightarrow \min\}$, так, чтобы при этом выполнялось неравенство:

$$\frac{2N(c+1)}{cZ} \leq \sqrt{e}$$

Рассмотрим первую пару решений

$$\{x^*, y^*\} = \{1, c = \sqrt{Z \frac{\sqrt{e}}{2}} - 1\}.$$

Функции метацентра и центра при этом записываются следующим образом:

$$F = \left(\frac{\sqrt[4]{e}}{\sqrt{2}} \cdot \sqrt{Z} - 1 \right)^2$$

$$f = N - \frac{\sqrt{e}}{2} \cdot Z + \frac{\sqrt[4]{e}}{\sqrt{2}} \cdot \sqrt{Z}$$

Ограничение $\frac{2N(c+1)}{cZ} \leq \sqrt{e}$ принимает вид:

$$Z\sqrt{e} + (2N - Z\sqrt{e}) \cdot \sqrt{Z \frac{\sqrt{e}}{2}} \geq 0.$$

На рисунках 7, 8 и 9 приведены эскизы графиков целевых функций метацентра и центра, а также ограничение на решение при различных значениях числа лицензий.

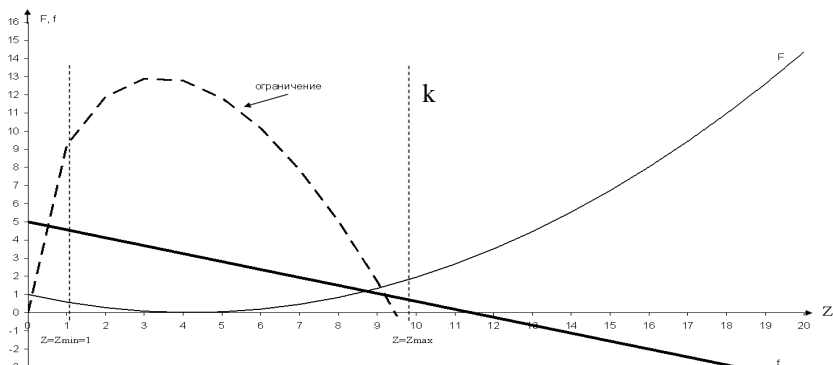


Рис. 7. Графики целевых функций метацентра и центра в зависимости от штрафа при $N = 5$

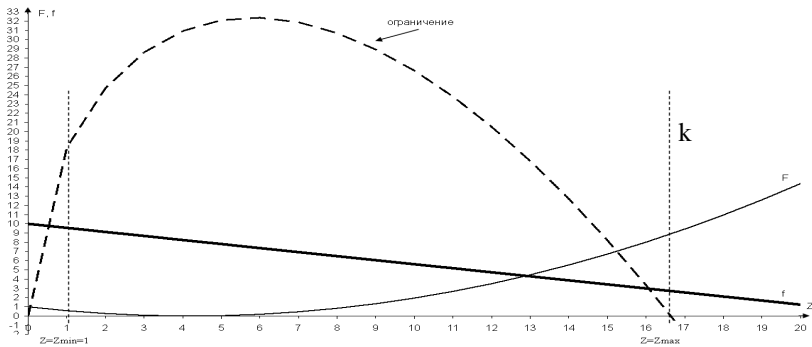


Рис. 8. Графики целевых функций метацентра и центра в зависимости от штрафа при $N = 10$

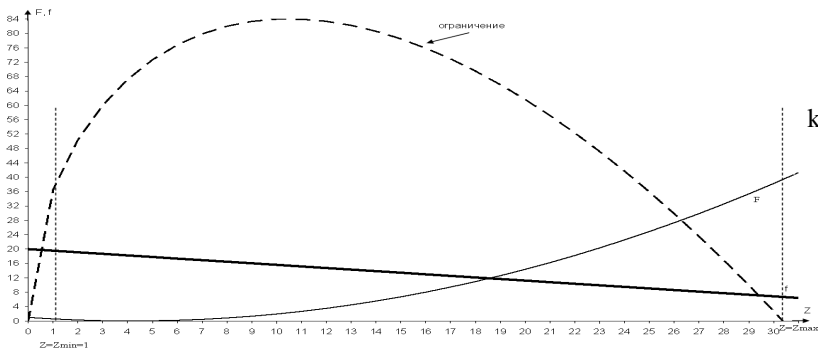


Рис. 9. Графики целевых функций метацентра и центра в зависимости от штрафа при $N = 20$

Сравнивая полученные графики, мы можем сделать следующие выводы.

Метацентру выгодно давать центру большее количество лицензий, поскольку при этом расширяется диапазон возможных штрафов и увеличивается равновесное значение целевой функции метацентра. К тому же, при увеличении числа выдаваемых центру лицензий, максимальный штраф, при котором центру выгодно выбирать $x^* = 1$, возрастает, что значительно ограничивает число его возможных решений.

Решением является точка пересечения F с прямой k .

Если найденный в результате решения неравенства

$$z\sqrt{e} + (2N - z\sqrt{e}) \cdot \sqrt{z \frac{\sqrt{e}}{2}} \geq 0$$

максимальный (удовлетворяющий данное неравенство) штраф Z меньше законодательно установленного штрафа, то метациентр выбирает это значение в качестве штрафа, в противном случае выбирается законодательно установленный штраф.

Далее устанавливается стоимость аудита:

$$c = \sqrt{Z \frac{\sqrt{e}}{2}} - 1.$$

Значения целевых функций метациентра и центра определяются через пересечения графиков f и F с прямой k .

Поскольку сумма целевых функций метациентра и центра $f + F = N + 1 - \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \sqrt{Z} \cdot \sqrt[4]{e}$ убывает по Z , создавая потенциальную опасность того, что при $Z = 1$ эта сумма будет больше, чем при законодательно установленном штрафе, возможно возникновение коррупционного заговора центра и метациентра против государства.

В этом случае метациентр и центр могут работать с минимальным штрафом, сообщая при этом государству, что работают с максимальным.

Вероятность возникновения такой ситуации растет с ростом числа выдаваемых лицензий, поэтому в интересах государства ограничивать это число.

После этого необходимо рассмотреть вторую пару решений:

$$\{x^*, y^*\} = \{x_{np}; c \rightarrow \min, N \rightarrow \max\}.$$

При этом значения целевых функций центра и метациентра будут равны:

$$f(x^*) = Nx - \frac{cx_{np}^2}{2(c+1)} \cdot e^{-\frac{x_{np}^2}{2}+1} Z;$$

$$F(x^*, c, N) = \left[\frac{cx_{np}^2}{2(c+1)} \cdot e^{-\frac{x_{np}^2}{2}+1} \right] \cdot Z - c$$

при $c \rightarrow \min, N \rightarrow \max$ с условием:

$$Z \geq \frac{2N(c+1)}{c\sqrt{e}}.$$

Поскольку F и f не выражены через c, N и Z , вместо алгоритма поиска решений дадим лишь общие рекомендации по их нахождению.

После определения целевых и обозначения необходимых ограничений рассматриваются графики целевых функций метациентра и центра в зависимости от штрафа при разных N .

При этом и метacentру, и центру обоудовыгодно уменьшение штрафа, так как при этом возрастает значение их целевых функций. Поэтому решением будет длина отрезка, соединяющего крайние точки целевых функций на границах области решений на рисунке (разница целевых функций центра и метacentра). Это решение возможно, лишь если законодательно установленный штраф принадлежит области решений, иначе центр выбирает $x^* = 1$.

Таким образом, решением задачи максимизации целевой функции метacentра в задаче распределения ресурса при заданной функции вероятности обнаружения коррупционного поведения центра

$$p(x, c) = \frac{cx^2}{2(c+1)} \cdot e^{-\frac{x^2}{2}+1}$$

являются следующие действия центра и метacentра:

$$\begin{aligned} \{x^*, y^*\} &= \{1, c = \sqrt{Z \frac{\sqrt{e}}{2}} - 1\}; \\ \{x^*, y^*\} &= \{x_{np}; c \rightarrow \min, N \rightarrow \max\}. \end{aligned}$$

Заклучение

Решением задачи максимизации целевой функции метacentра в задаче распределения ресурса при заданной функции $P(x, c) = 1 - e^{-cx}$ являются следующие действия центра и метacentра

$$\{x^*, y^*\} = \{1, c = \ln Z\}; \{x^*, y^*\} = \left\{ \frac{1}{c} \ln \frac{cZ}{N}; c = \sqrt{N}, N \rightarrow \min \right\}.$$

Решением задачи максимизации целевой функции метacentра в задаче распределения ресурса при заданной функции $P(x, c) = \frac{cx^2}{2(c+1)} e^{-\frac{x^2}{2}+1}$ являются следующие действия центра и метacentра

$$\{x^*, y^*\} = \{1, c^* = \sqrt{z \frac{\sqrt{e}}{2}} - 1\}; \{x^*, y^*\} = \{x_{np}; c \rightarrow \min, N \rightarrow \max\}.$$

В обеих задачах в первых варианте решения задачи возможна коалиционная игра центра и метacentра против интересов государства. Сумма целевых функций центра и метacentра строго убывает по Z . Поэтому может получиться так, что при минимально возможном штрафе $Z = 1$ сумма целевых функций принимает большее значение, чем та же сумма при максимально возможном (или законодательно установленном)

штрафе. Естественно, в таком случае метацентр и центр договорятся, и будут работать с минимальным штрафом без аудита, сообщая при этом государству, что работают с максимальным штрафом и аудитом.

Список литературы

1. *Выборнов Р.А.* Модели и методы управления организационными системами с коррупционным поведением участников. – М.: ИПУ РАН, 2006. – 110 с.

2. Государственная политика и управление: Концепции и проблемы государственной политики и управления / под ред. Л.В. Сморгунова. – М.: Российская политическая энциклопедия (РОССПЭН), 2006.

3. *Новиков Д.А.* Теория управления организационными системами. – М.: МПСИ, 2005. – 584 с.

УДК 519.862

Экономико-математическая модель динамики функционирования инновационного предприятия

Гришин А.В. (grik40@mail.ru),

Казанский государственный технический университет им. А.Н. Туполева, г. Казань

Аннотация

Строится дискретная математическая модель финансовых и материальных потоков предприятия на стадии производства и реализации инновационной продукции, учитывающая различные варианты финансирования, как по схеме лизинга, так и по схеме банковского кредита. Предлагаемая модель позволяет достаточно подробно учитывать процессы функционирования инновационного предприятия, включая даты завоза сырья и материалов, даты кредитных и лизинговых платежей, выплаты налогов и, по сравнению с имеющимися аналогичными моделями, дает возможность оценки влияния большого набора факторов на финансовый результат предприятия при различных вариантах венчурного финансирования.

Ключевые слова: динамическая модель, математическая модель, инновационное предприятие, лизинг, кредитование.

Abstract

The discrete mathematical model of financial and material streams of the enterprise at a stage of manufacture and realisation of the innovative production, considering various variants of financing, both under the leasing scheme, and under the scheme of the bank credit is under construction. The offered model allows to consider in detail enough processes of functioning of the innovative enterprise, including dates of delivery of raw materials and materials, dates of credit and leasing payments, payments of taxes and, in comparison with available similar models, gives the chance estimations of influence of the big set of factors on financial result of the enterprise at various variants of venture financing.

Введение

В последнее время в нашей стране, так же, как и во всем мире, все большее внимание уделяется проблеме инновационного развития экономики. Государство начинает поворачиваться лицом к ученым, инженерам, разрабатывающим новые технологии, новые виды продукции, и к предпринимателям, пытающимся коммерциализировать эти идеи и организовывать выпуск новой продукции. В связи с этим все больше открывается так называемых инновационных предприятий, т.е. малых предприятий, начинающих производить какую-либо новую продукцию. Однако инновационные предприятия сталкиваются с проблемой первоначального финансирования ввиду высокой степени риска данного вида бизнеса.

В данной работе рассматривается моделирование предприятия, открытого для производства инновационной продукции в соответствии с конкретным

инновационным проектом [1, 2]. Производство на предприятии основано на инновациях, и результатом деятельности предприятия является выпуск и реализация нового вида товара.

Развитие инновационного проекта обычно требует серьезных первоначальных вложений. Для решения этой проблемы используются венчурные инвестиции, а также заемные средства, банковские кредиты и пр. Инвесторы идут на финансирование инновационного проекта, несмотря на высокие риски, предполагая в дальнейшем получение достаточно высоких доходов. Однако банки для снижения рисков устанавливают высокие процентные ставки, либо требуют дополнительные гарантии, такие как поручительство, залог и т. п.

В данной работе рассматривается вариант, в некотором смысле, диверсификации рисков путем использования финансовой аренды или лизинга [3]. Лизинг, как аренда с правом выкупа, позволяет предприятию воспользоваться заемными средствами для приобретения объектов недвижимости, оборудования и автотранспорта. Лизинговая компания покупает для предприятия объект лизинга и передает его предприятию, за что получает лизинговые платежи.

В связи с тем, что лизинг позволяет получить лишь определенное оборудование, недвижимость и транспорт, то предприниматель всё равно вынужден использовать кредит для пополнения своих оборотных средств. Для оценки влияния внешних факторов и внутренних параметров на процесс выполнения и общую эффективность инновационного проекта, а также для выбора наиболее эффективного варианта финансирования проекта и оценки рисков необходимо моделировать процессы функционирования инновационного предприятия во взаимодействии с лизинговыми и кредитными организациями.

Сегодня на российском рынке существует около десятка компьютерных программ для расчета и сравнительного анализа инвестиционных и инновационных проектов, как отечественных, так и зарубежных: Project Expert, Аналитик, Альт-Инвест, COMFAR и др. Но все они обладают определенными недостатками, не позволяющими произвести оценку влияния большого числа внешних факторов и внутренних параметров на финансовый результат инновационного проекта при минимальной длительности интервалов планирования. Так, например, минимальный шаг расчета в Project Expert, Аналитик и COMFAR составляет 1 месяц, в течение которого может произойти множество событий, влекущих различные риски; модель налоговой системы, заложенной в Project Expert и COMFAR, не соответствует российскому законодательству; в Альт-Инвест отсутствуют материальные потоки.

Предлагаемая в данной работе математическая модель позволяет разрабатывать системы, лишенные этих недостатков.

1. Математическая модель динамики инновационного предприятия

В данной работе предложена структурная модель функционирования предприятия и его взаимодействия с лизинговой и кредитной организациями в нотации IDEF0 (рис. 1).

На основе данной структурной модели строится дискретная динамическая математическая модель функционирования инновационного предприятия. При построении математической модели приняты следующие допущения.

1. Строится дискретная модель с постоянным периодом дискретности.
2. Задержки при переводе денежных средств между получателем и отправителем отсутствуют, т. е. безналичный расчет происходит моментально.
3. Время, необходимое на получение кредита в банке или кредитном учреждении и на получение оборудования по схеме лизинга, не учитывается.
4. В качестве метода организации запасов предприятия принимается следующий метод: при достижении определенного минимума отдельным видом запаса происходит его закупка в определенном объеме денежных средств.
5. Кривая спроса считается заданной функцией времени.
6. Учитываются три вида налогов: налог на прибыль, налог на имущество и единый социальный налог. При этом принимаются следующие методики расчета налогооблагаемых баз для этих видов налога:
 - для налога на прибыль налогооблагаемой базой служат доходы за вычетом расходов за налогооблагаемый период;
 - для налога на имущество – среднее значение остаточной стоимости основных средств за последние два периода дискретности;
 - для единого социального налога – объем заработной платы за налогооблагаемый период.

В случае образования отрицательной налогооблагаемой базы к моменту оплаты налога принимается, что налоговые органы возмещают предприятию соответствующую рассчитанную величину налога.

7. Все денежные потоки считаются «очищенными» от налога на добавленную стоимость.

8. Другие виды налогов не учитываются по причинам своей незначительности, либо в связи с косвенным присутствием других моделируемых потоках (например, налог на доходы физических лиц, уплачиваемый с заработной платы, содержится в заработной плате).

9. Налоговые льготы и санкции не учитываются в денежных потоках по причине своей незначительности.

10. В одном месяце принимается 30 календарных дней, в выходные дни производство не останавливается.

В целом математическая модель представляет собой рекуррентные соотношения, позволяющие по заданному начальному состоянию вычислять с заданным периодом дискретности динамику изменения состояния предприятия. Для вычисления ряда величин разработаны алгоритмы, выполняемые в ходе функционирования модели. Это алгоритмы функционирования склада, производства, вычисления налогов и некоторые другие.

Экономико-математическая модель представляет собой следующее выражение:

$$(P_{j_i}, ind_{j_i}) = \Phi^z(j, \alpha_{j_i}, P_{j_i}^n, z_{j_i}^{\min}, z_{j_i}^{\max}, z_{j_{i-1}}, ind_{j_{i-1}});$$

$$P_{j_i}^{вых} = \sum_{m=1}^{i-1} k P_{j_m} / P_{j_m}^c, k = \begin{cases} 1, \text{если } _m + \alpha_{j_m} = i \\ 0, \text{если } _m + \alpha_{j_m} \neq i \end{cases};$$

$$x_{j_i} = \Phi(\bar{j}, x_{p_i}, v_i, \bar{x}_j^k, \overline{P_{j_i}^{вых}}, \bar{z}_{j_{i-1}}, G_{i-1}, G_i^{\max});$$

$$x_{вых_i} = \sum_{m=1}^{i-1} k x_{1_m} / x_{1_m}^k, k = \begin{cases} 1, \text{если } _m + c_m = i \\ 0, \text{если } _m + c_m \neq i \end{cases};$$

$$z_{j_i} = z_{j_{i-1}} + P_{j_i}^{вых} - x_{j_i};$$

$$S_{ex_i} = \min(S_{s_i}, G_{i-1} + x_{вых_i});$$

$$S_{вых_i} = \sum_{m=1}^{i-1} k S_{ex_m} S_{c_m}, k = \begin{cases} 1, \text{если } _m + \beta_m = i \\ 0, \text{если } _m + \beta_m \neq i \end{cases};$$

$$G_i = G_{i-1} + x_{вых_i} - S_{ex_i};$$

$$D_{np_i} = D_{nep_i}^k x_{вых_i} + D_{nm_i}^k x_{p_i};$$

$$C_i = C_{i-1} - D_{ам_{i-1}}^k * C_{i-1};$$

$$(B_{ech_i}, Z_i) = \Phi^{ech}(Z_{ax_i}, Z_{i-1}, p^{ech});$$

$$(H_i^{ум}, H_i^{np}) = \Phi^{ум}(H_{i-1}^{np}, C_{i-1}, C_i, N_i^{ум}, p^{ум}, r);$$

$$(B_{nn_i}, D_i, R_i) =$$

$$= \Phi^{nn}(S_{вых_i}, K_{ex_i}^{ny}, Z_{ex_i}, L_{ex_i}, D_{np_i}, D_{nm_i}, \bar{P}_{j_i}, \bar{j}, D_{i-1}, R_{i-1}, D_{ам_{i-1}}^k, C_{i-1}, p^{nn});$$

$$H_{ax_i} = N_i^{ech} B_{ech_i} + H_i^{im} + N_i^{nm} B_{nm_i};$$

$$F_i = F_{i-1} + S_{вых_i} + K_{вых_i} - K_{ax_i}^{мл} - K_{ax_i}^{мело} - H_{ax_i} - Z_{ax_i} - L_{ax_i} - D_{np_i} - \sum_{j=1}^m P_{j_i}.$$

Эта совокупность уравнений, представляющая собой дискретную математическую модель работы предприятия по производству и реализации инновационного продукта с возможностью привлечения заемных средств по схеме лизинга и банковского кредита, реализована на алгоритмическом языке VBA, и проведены ряд расчетов, показывающих работоспособность предложенной модели.

2. Пример моделирования инновационного предприятия

Рассматривается пример, в котором предприятие планирует заняться производством и реализацией одного вида продукции, для производства которого требуется 3 вида сырья. Период прогнозирования составляет 8 месяцев с периодом дискретности 1 сутки. Для организации производства необходимо приобрести оборудование стоимостью 2 000 000 рублей. Рассматриваются два возможных варианта приобретения этого оборудования: за счет банковского кредита сроком 3 года и по схеме лизинга на срок 3 года.

Результаты расчетов показывают, что наиболее эффективным с точки зрения наличия средств на расчетном счете будет финансирование по схеме лизинга. По результатам работы модели для каждого из рассматриваемых вариантов приведены графики динамики денежных средств на расчетном счете предприятия (рис. 2, 3).

Заключение

Предложенная в данной работе динамическая экономико-математическая модель функционирования инновационного предприятия позволяет прогнозировать деятельность предприятия во взаимодействии с лизинговыми и кредитными организациями, исследовать различные варианты финансирования, выбирать наиболее приемлемые параметры, в том числе объемы лизинга и кредитования, ставки лизинговых отчислений и кредитов. Модель позволяет рассчитывать различные сценарии взаимодействия предприятия и лизинговой организации и банка, в том числе и в условиях кризиса.

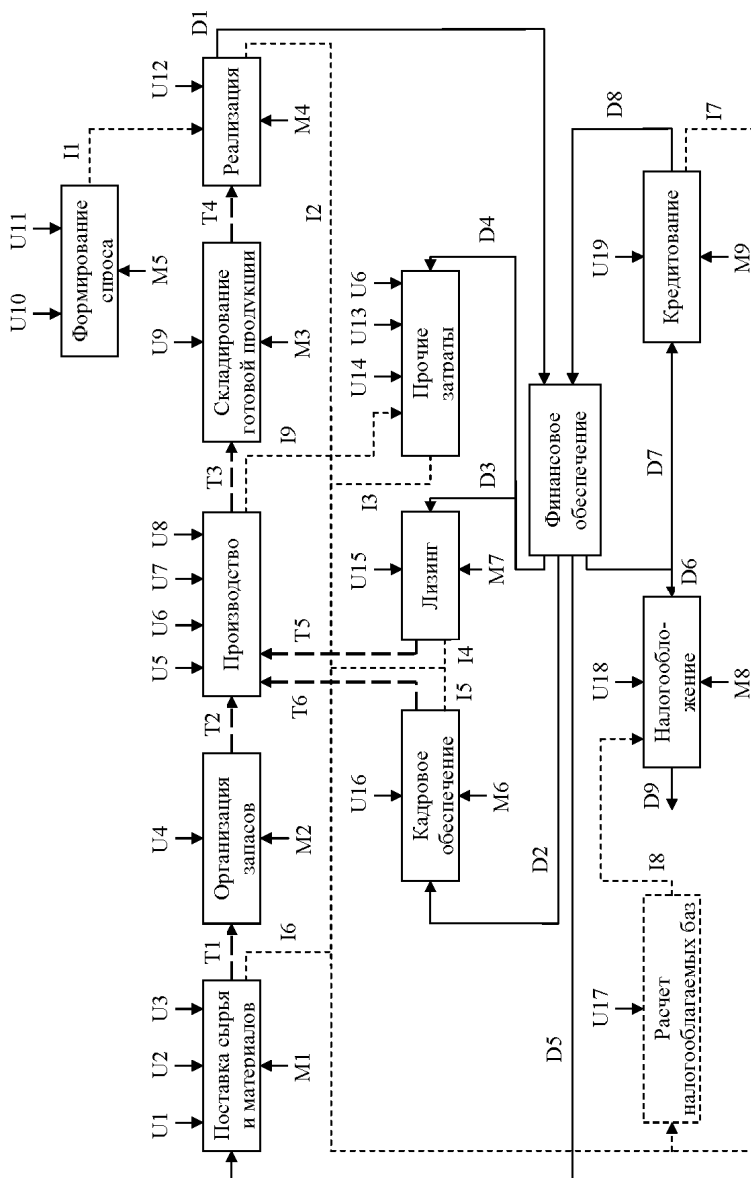


Рис. 1

**Рис. 2. Использование кредитования****Рис. 3. Использование лизинга**

Список литературы

1. Проблемы инновационной экономики и инфокоммуникационных технологий // Под научным руководством и редакцией Т.К. Сиразетдинова. – Москва–Казань: Изд-во Института проблем риска (г. Москва), 2005. – 412 с.

2. *Сиразетдинов Т.К., Родионов В.В., Сиразетдинов Р.Т.* Динамическое моделирование экономики региона. – Казань: Изд-во «ФЭн» Академии наук РТ, 2005. – 320 с.

3. *Горемыкин В.А.* Лизинг. – М.: Филинь, 2006. – 944 с.

Нечеткие модели влияния в социальных сетях

Губанов Д.А. (*DimaGubanov@mail.ru*), Новиков Д.А.
(*novikov@ipu.ru*), Чхартишвили А.Г. (*sandro_ch@mail.ru*),
Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, г. Москва

Аннотация

Рассмотрено обобщение на нечеткий случай ряда результатов исследования моделей репутации и информационного влияния

Ключевые слова: социальная сеть, нечеткие множества, информационное влияние.

Введение

Под *социальной сетью* в соответствии с [3] понимается социальная структура, состоящая из множества *агентов* (субъектов – индивидуальных или коллективных, например индивидов, семей, групп, организаций) и определенного на нем множества *отношений* (совокупности *связей* между агентами, например знакомства, дружбы, сотрудничества, коммуникации). Формально социальная сеть представляет собой граф $G(V, E)$, в котором V – множество вершин (агентов) и E – множество ребер (отношений).

При моделировании социальных сетей возникает необходимость учета взаимного влияния их членов, динамики их мнений. Обзор соответствующих моделей приведен в [1, 2]. Настоящая работа посвящена обобщению на нечеткий случай ряда результатов исследования моделей репутации и информационного влияния, полученных в [4].

Базовая модель социальной сети

Будем описывать агентов, входящих в социальную сеть, множеством $N = \{1, 2, \dots, n\}$. Агенты влияют друг на друга, а степень этого влияния определяется их репутацией [4]. У каждого агента в начальный момент времени имеется *мнение* по некоторому вопросу. Мнение всех агентов сети отражает вектор-столбец неотрицательных начальных мнений b размерности n . Агенты в социальной сети взаимодействуют, обмениваясь мнениями. Этот обмен приводит к тому, что мнение каждого агента меняется под влиянием мнений агентов, которым данный агент доверяет.

Следуя [3], будем считать, что мнение i -го агента в момент времени τ равно

$$(1) b_i^\tau = \sum_{j \in N} a_{ij} b_j^{\tau-1},$$

где $a_{ij} \geq 0$ обозначает степень *доверия* i -го агента j -му агенту (или, что будем считать эквивалентным, степень влияния j -го агента на i -го агента). Если при многократном обмене мнениями мнения агентов сходятся (см. условия такой сходимости в [3]) к результирующему (итоговому) вектору мнений $B = \lim_{\tau \rightarrow \infty} b^\tau$, то можно записать соотноше-

ние

$$(2) B = A b,$$

где $A = \lim_{\tau \rightarrow \infty} (a)^\tau$.

Пусть в соответствии с [4] $r_i \geq 0$ – параметр, описывающий *репутацию* i -го агента. Вектор репутаций $r = (r_1, r_2, \dots, r_n)$, если не говорено особо, будем считать общим знанием [5] среди агентов. Потребуем, чтобы в сети всегда существовал агент с ненулевой репутацией. Также будем считать, что сеть представляет собой полный граф, следовательно, в силу результатов работы [3] результирующее мнение будет единым для всех агентов, входящих в рассматриваемую социальную сеть.

Определим степень доверия i -го агента j -му агенту как

$$(3) a_{ij} = \frac{r_j}{\sum_{k \in N} r_k}, \quad i, j \in N,$$

то есть будем считать, что степень влияния каждого агента не зависит явным образом от объектов влияния и пропорциональна его относительной репутации. В соответствии с выражением (3) агент i тем более подвержен влиянию со стороны агента j , чем ниже репутация первого, чем выше репутация второго и чем ниже репутация других членов социальной сети.

Обозначим через $R = \sum_{k \in N} r_k$ *суммарную («коллективную») репутацию* членов сети.

Тогда выражение (1) примет вид

$$(4) b_i^\tau = \frac{1}{R} \sum_{j \in N} r_j b_j^{\tau-1}, \quad i \in N,$$

а выражение (2), соответственно, вид

$$(5) B = \frac{1}{R} (r \cdot b),$$

то есть скалярное (одинаковое для всех агентов) итоговое мнение агентов B (которое сформируется за один шаг, так как правая часть выражения (4) не зависит от индекса i) будет определяться скалярным произведением вектора репутаций r и вектора начальных мнений агентов b и нормироваться на суммарную репутацию.

Описанную выше модель социальной сети, отражающую информационное влияние агентов, их репутацию и динамику их мнений, можно условно назвать *базовой моделью социальной сети*. Обобщим ее на нечеткий случай.

Нечеткая модель социальной сети

Достаточно простое выражение (5), описывающее зависимость итогового мнения членов социальной сети от их начальных мнений и репутаций, дает возможность получить аналогичное выражение и для случая, когда репутации и начальные мнения агентов являются нечеткими, то есть для *нечеткой модели социальной сети*.

Предположим, что нечеткое начальное мнение i -го агента описывается функцией принадлежности $v_i(b_i): [0; +\infty) \rightarrow [0; 1]$, $i \in N$. Репутации агентов также будем считать нечеткими и описываемыми функциями принадлежности $\mu_i(r_i): [0; +\infty) \rightarrow [0; 1]$, $i \in N$.

В соответствии с принципом обобщения [6] можно записать следующее выражение для функции принадлежности нечеткого итогового мнения членов социальной сети:

$$(6) \mu(B) = \frac{\max_{\substack{\sum_{j \in N} r_j b_j \\ \sum_{i \in N} r_i}}{\{(r, b) \mid \sum_{i \in N} r_i = B\}}} \min_{i \in N} \{ \min [\mu_i(r_i); v_i(b_i)] \}.$$

Произведенный переход от базовой к нечеткой модели социальной сети, естественно, удовлетворяет принципу соответствия: при «предельном переходе» (когда репутации и начальные мнения агентов являются четкими) выражение (6) дает тот же результат, что и выражение (5).

Рассмотрим иллюстративный пример, в котором имеются два агента, чьи репутации являются четкими, а нечеткие начальные мнения определены на бинарном носителе – множестве $\{0; 1\}$ — и имеют вид: $v_1(0) = 1 - p$, $v_1(1) = p$, $v_2(0) = 1 - q$, $v_2(1) = q$, где $p, q \in [0; 1]$.

Выражение (6) примет вид:

$$(7) \mu(B) = \max_{\{(b_1, b_2) | \frac{r_1 b_1 + r_2 b_2}{r_1 + r_2} = B\}} \min [v_1(b_1); v_2(b_2)].$$

Получаем, что итоговое мнение является нечеткой величиной \tilde{B} с конечным носителем $\{0; \frac{r_2}{r_1 + r_2}; \frac{r_1}{r_1 + r_2}; 1\}$ и функцией принадлежности,

принимающей, соответственно, значения:

$$(\min [(1-p); (1-q)]; \min [(1-p); q]; \min [p; (1-q)]; \min [p; q]).$$

Если $p = 1/3$, $q = 1/4$, $r_1 = 1$; $r_2 = 2$, то нечеткое итоговое мнение членов социальной сети будет равно $\{0|2/3; 1/3|1/3; 2/3|1/4; 1|1/4\}$ – см. рис. 1, на котором значения функции принадлежности выделены жирным шрифтом.



Начальные мнения агентов



Итоговое мнение агентов

Рис. 1. Начальные и итоговые мнения агентов

Рассмотренный пример иллюстрирует такое свойство нечеткой модели социальной сети, что, даже при одинаковых носителях нечетких начальных мнений агентов, носитель их нечеткого итогового мнения может отличаться от носителя начальных мнений. Это свойство, даже в случае конечного числа попарно различных возможных начальных мнений агентов, существенно с точки зрения возможности решения задач информационного управления.

Заключение

Подводя итог, можно констатировать, что, с одной стороны, базовая модель социальной сети допускает достаточно простое обобщение на нечеткий случай. С другой стороны, если в рамках базовой модели удастся не только описать информационное влияние агентов друг на друга, но и для ряда случаев решить аналитически задачи информационного управления и информационного противоборства (см. [4]), то для нечеткой модели структура информационного влияния настолько сложна (см. выражение (6)), что вряд ли допускает аналитическое решение задач информационного управления даже для частных случаев. В то же время нечеткие модели традиционно считаются более удачно отражающими человеческий фактор, поэтому перспективным представляется их использование для имитационного моделирования социальных сетей и их свойств.

Список литературы

1. Губанов Д.А. Обзор онлайн-систем репутации/доверия. – М.: ИПУ РАН, 2009 / Интернет-конференция по проблемам управления (www.mtas.ru/forum). — 25 с.
2. Губанов Д.А., Новиков Д.А., Чхартишвили А.Г. Модели влияния в социальных сетях (обзор) // Управление большими системами. 2009.
3. Губанов Д.А., Новиков Д.А., Чхартишвили А.Г. Модели информационного влияния и информационного управления в социальных сетях // Проблемы управления. 2009.
4. Губанов Д.А., Новиков Д.А., Чхартишвили А.Г. Модели репутации и информационного управления в социальных сетях // Управление большими системами. 2009.
5. Новиков Д.А., Чхартишвили А.Г. Рефлексивные игры. — М.: Синтег, 2003. — 227 с.
6. Орловский С.А. Проблемы принятия решений в условиях нечеткой исходной информации. — М.: Наука, 1981. — 206 с.

Алгоритм идентификации динамического объекта с учетом априорно известной области параметров объекта управления

Гусев С.С. (*gs-serg@mail.ru*),

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, г. Москва

Аннотация

Рассматривается алгоритм идентификации динамического объекта с редкими ошибками измерения. Предполагается присутствие m ошибок измерения по выходу $y(t)$, тогда как все измерения входа $x(t)$ производятся без ошибок. Ошибка на выходе располагается как в самом блоке данных, так и вне его. По имеющимся оценкам параметров объекта входа и выхода строится алгоритм идентификации.

Ключевые слова: идентификация, ограничения, динамический объект, оценки параметров, ошибка выхода.

Abstract

The algorithm of identification of dynamic object with rare mistakes of measurement is considered. Presence m mistakes of measurement on an output $y(t)$ whereas all measurements of an input $x(t)$ are made without mistakes is supposed. The mistake on an output settles down both in the block of data, and outside of it. By available estimations of parameters of object of an input and an output the algorithm of identification is under construction.

Keywords: identification, restrictions, dynamic object, estimations of parameters, a mistake of an output.

Введение

Точность идентификации объекта управления определяется точностью управления самим объектом. При измерениях невысокой точности модель в явном виде не выделяется. При усложнении измерительной задачи и повышении точности используемых средств измерений выбор модели становится важным. В этом случае становится необходимым уточнить модель и переопределить понятие измеряемой величины. Измеряемая величина определяется с помощью принятой модели объекта как параметр или характеристика объекта. Выбор измеряемой величины может быть неоднозначным, даже при фиксированной модели объекта.

В статье исследуется работа алгоритма идентификации, учитывающего определенную информацию о параметрах объекта. Исследуется работа алгоритма при наличии помехи при измерении выхода. Анализируется связь точности идентификации и величины ошибки измерения.

1. Постановка задачи

Рассмотрим алгоритм идентификации, учитывающий априорную информацию о параметрах объекта.

Будем рассматривать динамический объект вида

$$y(t) = \sum_{i=1}^a h_i x(t-i) + \sum_{i=1}^b h_{a+i} y(t-i) \quad (1)$$

где $y(t)$ – скалярный выход объекта в момент времени t ,

$x(t)$ – скалярный вход объекта в момент времени t ,

h_i – i -й неизвестный параметр объекта,

a – глубина памяти по входу,

b – глубина памяти по выходу.

Уравнению (1) соответствует схема на рис. 1.

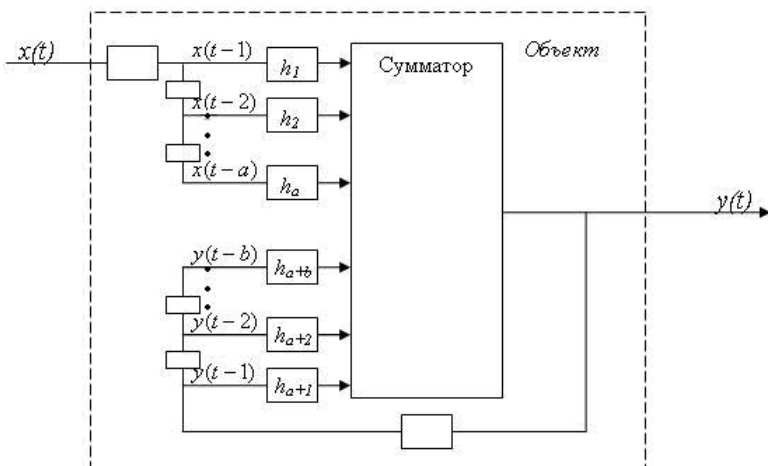


Рис. 1. Динамический объект с одной входной переменной $x(t)$ и одной выходной переменной $y(t)$

Модель объекта будем искать в виде:

$$y^*(t) = \sum_{i=1}^a k_i x(t-i) + \sum_{i=1}^b k_{a+i} y(t-i), \quad (2)$$

где $y^*(t)$ – оценка выхода объекта,

k_i – оценки неизвестных параметров h_i ,

$i = (1, 2, \dots, n)$,

$n = a + b$.

Обозначим:

$X(t) = \parallel x(t-1) \ x(t-2) \ \dots \ x(t-a+1) \ x(t-a) \parallel$ – вектор-строка входных переменных размерности a ,

$Y(t) = \parallel y(t-1) \ y(t-2) \ \dots \ y(t-b+1) \ y(t-b) \parallel$ – вектор-строка входных переменных размерности b ,

$H = \parallel h(1) \ h(2) \ \dots \ h(a-1) \ h(a) \ h(a+1) \ \dots \ h(a+b-1) \ h(n) \parallel$ – вектор-строка неизвестных параметров объекта размерности n ,

$K = \parallel k(1) \ k(2) \ \dots \ k(a-1) \ k(a) \ k(a+1) \ \dots \ k(a+b-1) \ k(n) \parallel$ – вектор-строка оценок неизвестных параметров объекта размерности n .

Введем вектор-строку $Z(t)$ размерности n

$$Z(t) = \parallel x(t-1) \ x(t-2) \ \dots \ x(t-a) \ y(t-1) \ y(t-2) \ \dots \ y(t-n) \parallel.$$

В новых обозначениях уравнения объекта (1) и модели (2) примут вид:

$$y(t) = HZ^T(t),$$

$$y^*(t) = KZ^T(t).$$

Возможно и другое представление объекта (1) и модели (2).

Обозначим

$X(t) = \parallel x(t-1) \ x(t-2) \ \dots \ x(t-a+1) \ x(t-a) \parallel$ – вектор-строка входных переменных размерности a ,

$Y(t) = \parallel y(t-1) \ y(t-2) \ \dots \ y(t-b+1) \ y(t-b) \parallel$ – вектор-строка входных переменных размерности b ,

$K_1 = \parallel k(1) \ k(2) \ \dots \ k(a) \parallel$ — оценки параметров объекта h при входных переменных $X(t)$,

$K_2 = \parallel k(a+1) \ k(a+2) \ \dots \ k(n) \parallel$ — оценки параметров объекта h при входных переменных $Y(t)$.

Тогда уравнения объекта (1) и модели (2) примут вид:

$$y(t) = X(t)K_1^T + Y(t)K_2^T,$$

$$y^*(t) = X(t)K_1^T + Y(t)K_2^T,$$

$$X^T(t-i)X(t-i)k_1^T + X^T(t-i)Y(t-i)k_2^T = X^T(t-i)Y(t),$$

где i принадлежит множеству $[1 \dots m]$.

Даны экспериментальные данные в виде таблицы 1

Таблица 1. Исходные данные

t	x	y
1	$x(1)$	$y(1)$
2	$x(2)$	$y(2)$
...
i	$x(i)$	$y(i)$
...
s	$x(s)$	$y(s)$

По экспериментальным данным, приведенным в таблице 1, известной структуре объекта (1) и априорной информации о принадлежности параметров объекта к области G , получить оценки K параметров объекта.

Известно, что все измерения входа $x(t)$ производятся без ошибок, а среди всех измерений выхода $y(t)$ присутствуют ошибки, но где они располагаются – неизвестно.

2. Алгоритм идентификации

Для реализации алгоритма идентификации необходимо будет преобразовать данные, приведенные в таблице 1, к виду, в котором выход $y(t)$ зависел бы только от переменных в этой же строке, как это показано в таблице 2.

В таблице 2 приняты обозначения:

$$x_{ij} = x(t-j); t = 1, 2, \dots, s; j = 1, 2, \dots, a;$$

$$y_{im} = y(t-m); t = 1, 2, \dots, s; m = 1, 2, \dots, b.$$

А в строке заголовков:

$$x_j = x(t-j); j = 1, 2, \dots, a;$$

$$y_m = y(t-m); m = 1, 2, \dots, b.$$

Таблица 2. Исходные данные, преобразованные для идентификации

n	x_1	x_2	...	x_a	y_1	y_2	...	y_b	$y(t)$
1	x_{11}	x_{12}	...	x_{1n}	y_{11}	y_{12}	...	y_{1n}	y_1
2	x_{21}	x_{22}	...	x_{2n}	y_{21}	y_{22}	...	y_{2n}	y_2
...
i	x_{i1}	x_{i2}	...	x_{in}	y_{i1}	y_{i2}	...	y_{in}	y_i
...							
s	x_{s1}	x_{s2}	...	x_{sn}	y_{s1}	y_{s2}	...	y_{sn}	y_s

Таблице 2 соответствует матрица

$$A = \begin{pmatrix} 1 & x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} & y_{11} & y_{12} & \dots & y_{1n} & y_1 \\ 2 & x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} & y_{21} & y_{22} & \dots & y_{2n} & y_2 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ i & x_{i1} & x_{i2} & \dots & x_{in} & y_{i1} & y_{i2} & \dots & y_{in} & y_i \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ s & x_{s1} & x_{s2} & \dots & x_{sn} & y_{s1} & y_{s2} & \dots & y_{sn} & y_s \end{pmatrix},$$

Введем в рассмотрение матрицу A_0 , отличающуюся от A отсутствием первого столбца.

$$A_0 = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} & y_{11} & y_{12} & \dots & y_{1n} & y_1 \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} & y_{21} & y_{22} & \dots & y_{2n} & y_2 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{i1} & x_{i2} & \dots & x_{in} & y_{i1} & y_{i2} & \dots & y_{in} & y_i \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{s1} & x_{s2} & \dots & x_{sn} & y_{s1} & y_{s2} & \dots & y_{sn} & y_s \end{pmatrix}. \quad (3)$$

Алгоритм идентификации, описанный в [1], состоит в следующем. Из матрицы исходных данных (3) выбираются блоки из произвольных n строк (по размерности объекта). Предполагается, что определители всех блоков не равны нулю. Для каждого блока составляется система уравнений. Ниже приведен первый из таких блоков.

Таблица 3. Результаты идентификации по всем возможным n -мерным блокам

N	Набор из любых n				Оценки параметров						
	n_1	n_2	...	n_n	k_1	k_2	...	k_a	k_{a+1}	...	k_n
1	a_{11}	a_{12}	...	a_{1n}	k_{11}	k_{12}	...	k_{1a}	$k_{1(a+1)}$	...	k_{1n}
2	a_{21}	a_{22}	...	a_{2n}	k_{21}	k_{22}	...	k_{2a}	$k_{2(a+1)}$	...	k_{2n}
...
i	a_{i1}	a_{i2}	...	a_{in}	k_{i1}	k_{i2}	...	k_{ia}	$k_{i(a+1)}$	...	k_{in}
...
L	a_{L1}	a_{L2}	...	a_{Ln}	k_{L1}	k_{L2}	...	k_{La}	$k_{L(a+1)}$	...	k_{Ln}

$$\begin{aligned} k_1 x_{11} + k_2 x_{12} + \dots + k_a x_{1n} + k_{a+1} y_{11} + k_{a+2} y_{12} + \dots + k_n y_{1n} &= y_1 \\ k_1 x_{21} + k_2 x_{22} + \dots + k_a x_{2n} + k_{a+1} y_{21} + k_{a+2} y_{22} + \dots + k_n y_{2n} &= y_2 \\ k_1 x_{i1} + k_2 x_{i2} + \dots + k_a x_{in} + k_{a+1} y_{i1} + k_{a+2} y_{i2} + \dots + k_n y_{in} &= y_i \\ k_1 x_{n1} + k_2 x_{n2} + \dots + k_a x_{nn} + k_{a+1} y_{n1} + k_{a+2} y_{n2} + \dots + k_n y_{nn} &= y_n \end{aligned} \quad (4)$$

По этому блоку данных строится система нормальных уравнений

$$X^T(t)X(t)K_1^T + X^T(t)Y(t-i)K_2^T = X^T(t)Y(t)$$

и вычисляются МНК оценки K параметров объекта (1).

Из матрицы (3) можно получить C_s^n таких n -мерных блоков, для каждого из которых строится свой вектор оценок параметров объекта (1).

Таблице 3 соответствует матрица B , содержащая C_s^n строк и $2n$ столбцов и имеющая вид:

$$B = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} & k_{11} & k_{12} & \dots & k_{1a} & k_{1(a+1)} & k_{1(a+2)} & \dots & k_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} & k_{21} & k_{22} & \dots & k_{2a} & k_{2(a+1)} & k_{2(a+2)} & \dots & k_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{L1} & a_{L2} & \dots & a_{Ln} & k_{L1} & k_{L2} & \dots & k_{La} & k_{L(a+1)} & k_{L(a+2)} & \dots & k_{Ln} \end{pmatrix} \quad (5)$$

где $L = C_s^n$.

В каждой строке матрицы B в первых n позициях перечислены номера строк a_{ij} матрицы A (i – номер строки матрицы B , j – номер строки матрицы A), использованные для вычисления n оценок k_{ij} таблицы 2, вычисленных по этим строкам и расположенных в (4) на последних n позициях. Априорное условие (3) учитывается путем вычеркивания из (4) всех строк, в которых оценки k не удовлетворяют условию

$$k \in G,$$

где $k_i = \|k_{i1} \ k_{i2} \ \dots \ k_{in}\|$, ($i = 1, 2, \dots, L$).

В результате после вычеркивания N строк из матрицы B получим матрицу

$$B_0 = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} & k_{11} & k_{12} & \dots & k_{1a} & k_{1(a+1)} & k_{1(a+2)} & \dots & k_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} & k_{21} & k_{22} & \dots & k_{2a} & k_{2(a+1)} & k_{2(a+2)} & \dots & k_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{N1} & a_{N2} & \dots & a_{Nn} & k_{N1} & k_{N2} & \dots & k_{Na} & k_{N(a+1)} & k_{N(a+2)} & \dots & k_{Nn} \end{pmatrix},$$

$k_i \in G$, где $N \leq L$.

Введем вектор w , размерности s , имеющий вид:

$$w = \|w(1) \ w(2) \ \dots \ w(s)\|,$$

где $w(j)$ – частота использования номера j -й строки матрицы A в матрице B_0 (напомним, в матрице B_0 элементы a_{ij} — номера строк матрицы A).

Введем новую матрицу F , отличающуюся от A тем, что в нее добавлен вектор w .

$$F = \begin{pmatrix} w(1) & 1 & x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} & y_{11} & y_{12} & \dots & y_{1n} & y_1 \\ w(2) & 2 & x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} & y_{21} & y_{22} & \dots & y_{2n} & y_2 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ w(i) & i & x_{i1} & x_{i2} & \dots & x_{in} & y_{i1} & y_{i2} & \dots & y_{in} & y_i \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ w(s) & s & x_{s1} & x_{s2} & \dots & x_{sn} & y_{s1} & y_{s2} & \dots & y_{sn} & y_s \end{pmatrix}.$$

Последний шаг алгоритма состоит в том, что строки матрицы F сортируются по первому столбцу так, что значения w возрастали снизу вверх. Оператор, реализующий описанный алгоритм, обозначим через Ψ . Полученную таким образом матрицу, учитывающую априорные условия $k_i \in G$, обозначим через F_0 . Это можно записать так:

$$F_0 = \Psi\{A\}, \quad k_i \in G.$$

3. Условие возможности точного определения параметров объекта

Строки матрицы исходных данных независимы в том смысле, что все C_s^n определителей линейно независимых блоков $n \times n$ не равны нулю.

Рассмотренный алгоритм идентификации при соблюдении некоторых условий дает возможность по экспериментальным данным (3) точно определить неизвестные параметры h объекта (1), а именно, как показано в таблице 4.

Тогда имеет место следующая теорема.

Теорема. Если в блоке исходных данных все входные переменные измеряются без ошибок и только m выходных переменных измеряются с ошибками, то параметры объекта (1) можно определить точно, если выполняется неравенство

$$s - n - mb > 2.$$

Доказательство. В наихудшем случае все m ошибок будут распределены по разным строкам матрицы исходных данных (3) и будет выполняться условие $s > mb$. Оставшиеся, по крайней мере, $(n+2)$ строк не будут содержать ошибок. Следовательно, построенные по этим строкам оценки будут точными. В каких именно строках не было ошибок, заранее не известно. Но матрица (5) будет содержать

$$v = C_{n+2}^n$$

строк, в которых вектора оценок k будут совпадать. Совпадающие оценки и будут точными параметрами объекта.

Таблица 4. Блок исходных данных с распределенными по разным строкам ошибками

n	x_1	...	x_a	y_1	...	y_b	$y(t)$
1	x_{11}	...	x_{1n}	y_{12}	...	y_{1n}	y_1
2	x_{21}	...	x_{2n}	y_{21}	...	y_{2n}	y_2
...
i	x_{i1}	...	x_{in}	y_{i1}	...	y_{in}	y_i
...
$i+b$	$x_{(i+b)1}$	...	$x_{(i+b)n}$	$y_{(i+b)1}$	...	$y_{(i+b)n}$	$y_{(i+b)}$
...
j	x_{j1}	...	x_{jn}	y_{j1}	...	y_{jn}	y_j
...
$j+b$	$x_{(j+b)1}$	...	$x_{(j+b)n}$	$y_{(j+b)1}$	...	$y_{(j+b)n}$	$y_{(j+b)}$
...
l	x_{l1}	...	x_{ln}	y_{l1}	...	y_{ln}	y_l
...
$l+b$	$x_{(l+b)1}$	...	$x_{(l+b)n}$	$y_{(l+b)1}$	...	$y_{(l+b)n}$	$y_{(l+b)}$
...
s	x_{s1}	...	x_{sn}	y_{s1}	...	y_{sn}	y_s

Заключение

Рассмотрен алгоритм идентификации динамического объекта с редкими ошибками измерения. Показано, что при использовании рассмотренного алгоритма возможно точное определение неизвестных параметров динамического объекта при условиях, которые найдены в докладе.

Список литературы

1. Чадеев В.М., Илюшин В.Б. Метод идентификации, учитывающий априорную информацию о параметрах объекта // Труды V Международной конференции «Идентификация систем и задачи управления». — М.: ИПУ РАН, 2006. — С. 1091–1105.

Автоматический синтез структуры программного комплекса: через построение обобщающей аксиоматической теории предметной области

*Гуторов Д.А (dagutorov@mail.ru),
Московский физико-технический институт (государственный университет), г. Москва*

Аннотация

В работе рассмотрен подход к формированию структуры программного комплекса через обобщение решений частных задач. Построена типология задач. На основе типологии определены правила синтеза комплексных алгоритмов.

Ключевые слова: задача, алгоритм, предметная область, аксиоматическая теория, типология, программный комплекс.

Abstract

An approach to formation of structure of a program complex through generalization of decisions of private problems is considered. The typology of problems is constructed. Rules of synthesis of complex algorithms are defined on the basis of typology.

Keywords: problem, algorithm, subject domain, axiomatic theory, typology, program complex.

Введение

Динамичное развитие рыночных сред приводит к непрерывному возникновению новых потребностей у корпоративных пользователей программных решений. Это, в свою очередь, ставит перед разработчиками информационных систем задачу определения путей развития своих продуктов с учетом перспективного функционала и имеющихся собственных наработок. При разработке современных информационных систем зачастую происходит накопление опыта успешных внедрений, который трансформируется в библиотеку частных решений. Таким образом, современные средства автоматизации процессов на начальном этапе своего развития скорее реагируют на поведение предметных областей, в которых производят автоматизацию, накапливают библиотеку удачных моделей, а начиная с определенного момента, уже сами задают тон в развитии организаций.

Во многом это происходит вынужденно, так как развитие средств автоматизации приводит к их чрезвычайному усложнению, что, в свою очередь, обуславливает высокие затраты на какие-либо изменения в этих системах. В результате перед практиками часто возникает проблема поиска и разработки решений иных, чем предлагаемые на рынке средства автоматизации.

1. Описание подхода

Одним из способов обеспечения функциональной гибкости информационной системы является выделение функциональных блоков, используемых неоднократно, и установление правил, согласно которым блоки должны комбинироваться для формирования решения под конкретную задачу.

Предлагаемый подход использует процессное представление алгоритмов для выделения функциональных блоков. Типология задач используется как инструмент определения правил комбинирования функциональных блоков алгоритмов. Данный подход на основе нескольких частных случаев также позволяет построить полные разнообразия задач и алгоритмов для выделенного участка предметной области.

Для проведения сопоставительного анализа постановок задач и алгоритмов был использован инструментарий аксиоматических теорий. Ключевым компонентом аксиоматической теории является понятие родовой структуры, введенной Н. Бурбаки [1] и описываемой декартовым произведением множеств.

Типология формировалась в рамках обобщающей аксиоматической теории, построенной на основе частных теорий, которые описывали конкретные задачи. Определены правила синтеза алгоритмов и дана оценка получаемому их количеству.

2. Аксиоматические теории

Аксиоматическая теория состоит из двух частей: ядра теории и тела теории. Ядро теории — это априорная ее часть. В нее входят: 1) базовые понятия, 2) отношения между базовыми понятиями, 3) ограничения на объем базовых понятий и отношений — аксиомы. Тело теории состоит из выводимых из ядра теории понятий. На рис. 1 приведена структура аксиоматической теории и пример элементов теории для задачи о максимальном потоке в сети [2].

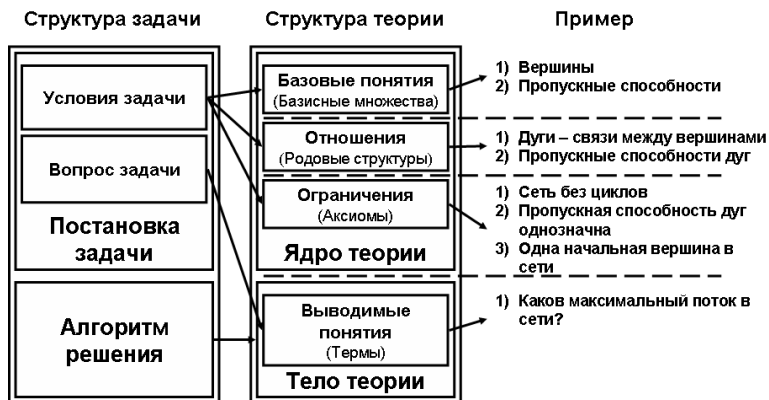


Рис. 1. Структура аксиоматической теории и соответствие элементов задачи и элементов аксиоматической теории

Представление постановки задачи в виде аксиоматической теории состоит в следующем: условие задачи, задающее модель предметной области, описывается ядром теории, вопрос задачи — в виде целевого понятия из тела теории, что проиллюстрировано в левой части рис. 1.

3. Типология задач

Тип задачи определяется набором некоторых существенных признаков с заданными их значениями. Разнообразие в рамках типа обусловлено различными значениями остальных существенных признаков.

Набор существенных признаков задачи определяется базовыми понятиями и отношениями между ними, а значения признаков — ограничениями. Если наложено ограничение, то разнообразие значений признака уменьшается.

На рис. 3 отображен пример типологии и суть разнообразий в рамках типов. В овалах указаны значения признаков, в прямоугольниках — сами признаки, которые и определяют тип.

Здесь рассмотрен пример для задачи о максимальном потоке в сети, сформулированной для разных условий. В данном случае проанализированы были постановки 1, 4, 5, из которых было получено разнообразие в 8 постановок. Аксиоматическая теория, описывающая условия задачи 1, является наиболее конкретной, а теории, описывающие задачи 6, 7 и 8, — наиболее абстрактными.

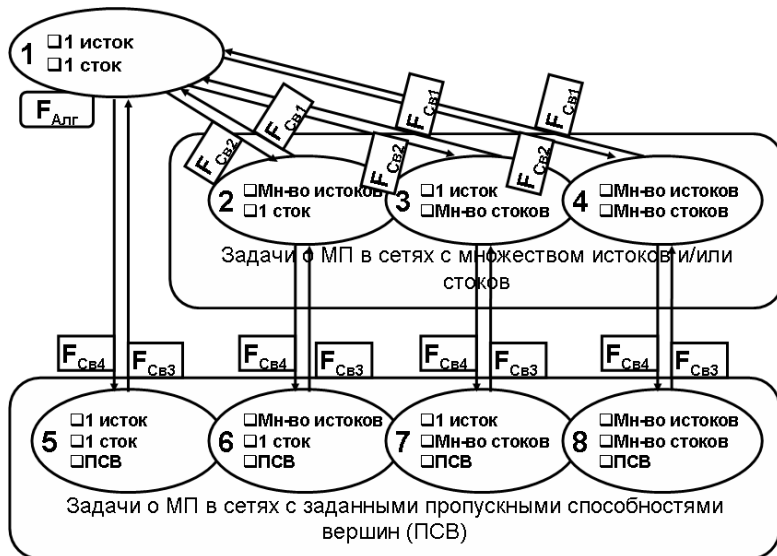


Рис. 3. Типологии задач о максимальном потоке (МП) в сети и отношения между типами: значения существенных признаков задач приведены в овалах; рамки типа и существенные признаки, определяющие тип, приведены в прямоугольниках; стрелки с подписями обозначают функции сведения. Задача 1 представляет отдельный тип и имеет собственный алгоритм решения.

Точно известны алгоритмы решения каждой из 8 постановок, так как были проанализированы и алгоритмы решения для постановок 1, 4, 5.

4. Синтез алгоритмов

Применимость алгоритма имеет связь со значениями существенных признаков задачи. Анализ этой связи позволяет сформулировать условия применимости алгоритмов.

Допустим известно решение задачи А — алгоритм А.

Если задача Б отличается от задачи А отсутствием какого-либо ограничения (снята одна или более аксиом), то в общем случае алгоритм А не применим для задачи Б. Тут возможно 2 пути: разработка индивидуального алгоритма либо поиск отображения условия задачи Б в усло-

вия задачи A с целью решения алгоритмом A . Такое отображение есть сведение одной задачи к другой (например, задача 5 на рис. 2 сводится к задаче 1 дополнительным построением: вершины с пропускной способностью заменяются на дуги с такой же пропускной способностью).

Отображение производится между задачами, отличающимися значением какого-либо существенного признака: от задачи с более абстрактным условием к задаче с более конкретным. Будучи найденным для одной задачи, отображение применимо для всех задач с данным признаком и с данным его значением.

Это проиллюстрировано рис. 3. F_{C61} — функция отображения задач с множеством истоков и стоков к задаче с одним истоком и стоком, F_{C62} — функция обратного отображения. Функция F_{C63} снимает ограничение в виде пропускных способностей вершин сети, а функция F_{C64} производит обратное отображение.

Таким образом, для постановки задачи можно записать:

$$F_{C61}(P_3) = P_1,$$

где P_3 и P_1 — постановки задач 3 и 1 соответственно.

Если F_{Alz} — функция решения постановки P_1 , то решение постановки P_1 есть

$$Res_1 = F_{Alz}(P_1).$$

Соответственно, решение постановки P_3 есть

$$Res_3 = F_{C62}(F_{Alz}(F_{C61}(P_3))).$$

Решение постановки P_8 есть

$$Res_8 = F_{C64}(F_{C62}(F_{Alz}(F_{C61}(F_{C63}(P_8)))).$$

И так далее.

В случае, если несколько отображений производятся по независимым признакам (например, наличие петель в сети является частным случаем наличия циклов, и признаки наличия петель и наличия циклов являются зависимыми), то разнообразие различных постановок, к которым можно подобрать решения, равно 2^n , где $n \in \{1, 2, 3, \dots\}$ — количество независимых признаков.

К условиям задач можно задать другие вопросы, т. е. сформулировать новые постановки задач. Если известны частные случаи решения задач с новыми вопросами, то общее разнообразие алгоритмов становится равным $k * 2^n$, где $k \in \{1, 2, 3, \dots\}$ — количество вопросов задач.

Заключение

Результатом применения данного подхода является структура предметной области с имеющимися в ней проблемами и методами их

разрешения. Данная структура, описанная на формальном языке, позволяет автоматически синтезировать соответствующий программный комплекс. Функции сведения являются элементами сквозного функционала программного комплекса, их использование снижает количество программного кода. Типология задач с отображаемыми в ней правилами сведения позволяет настраивать программный комплекс согласно конкретной задаче.

Описанный метод может использоваться как паттерн проектирования. Количество ограничений и связей определяют класс в структуре программы: больше ограничений — конкретнее класс. Контролируемость изменений набора базовых понятий, отношений и ограничений позволяет строить иерархии классов. При этом гарантируется определение полного разнообразия объектов класса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бурбаки Н.* Теория множеств. — М.: Мир, 1963. — 457 с.
2. *Форд Л., Фалкерсон Д.* Потоки в Сетях. — М.: Мир, 1966. — 276 с.
3. *Кучкаров З.А.* Методы концептуального анализа и синтеза в теоретическом исследовании и проектировании социально-экономических систем. — М.: Концепт, 2006. — 268 с.
4. *Гуторов Д.А., Гараева Ю.Р.* Концептуальная квалификация потоковых сетевых задач выбранного класса // Процессы и методы обработки информации. Сборник научных трудов. — М., 2006. — С. 19-29.
5. Теория расписаний и вычислительных машин / под ред. Коффмана Э.Г. — М.: Наука, 1984. — 336 с.

УДК 669.9

Оценка экономической эффективности внедрения экспертных систем в металлургических процессах

Иванов Е.Б. (ivanov-ics@mail.ru),

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, г. Москва

Аннотация

В работе рассматривается экономическая эффективность от внедрения разработанной системы автоматизированного управления доменным процессом с использованием экспертной системы в качестве советчика мастера, а также дальнейшее влияние данной системы на весь металлургический передел.

Ключевые слова: экономическая эффективность, экспертные системы металлургического процесса.

Введение

До недавнего времени автоматизация доменного производства осуществлялась в основном за счет увеличения числа приборов контроля и средств стабилизации контролируемых параметров. За последние 15 лет общее число приборов и регуляторов, устанавливаемых на одной доменной печи, возросло примерно с 200 до 800 единиц, а объем капитальных затрат на контрольно-измерительные приборы (КИП) и другие средства автоматизации возрос примерно в девять раз. За последние годы много создано и внедрено локальных систем управления отдельными параметрами работы печи. Однако наибольший технический и экономический эффект можно получить при внедрении комплексной системы автоматического управления (АСУ) с применением экспертных систем.

Собственно доменный процесс

Доменная печь — непрерывно действующий агрегат шахтного типа, предназначенный для выплавки чугуна и ферросплавов. Протекание технологических процессов в доменной печи основано на противотоке шихтовых материалов и горячих газов. Регулирование сверху производится с помощью изменения интенсивности загрузки шихты, регулирование снизу осуществляется изменением параметров дутья (расход, температура, влажность) [1]. Сложность описания данного объекта автоматизации заключается в том, что он является закрытым, и посмотреть, что происходит внутри домны, не представляется возможным. Накопленные научные знания позволяют соблюдать технологию плавки и являются неизменным

условием высокопроизводительной и безаварийной работы доменны. Однако даже для очень опытного мастера при наличии более трех входных/выходных параметров возникают затруднения по ведению ТП в нормальном режиме. Поэтому целесообразно оснащать доменные печи экспертными системами [2], помогающими оператору в каждой конкретной ситуации принимать правильное решение.

Экспертная система (ЭС) используется в качестве советчика мастера доменной печи. В случае возникновения аварийных или нестандартных ситуаций технолог (оператор) обращается к данной системе «за советом» и практически мгновенно получает ответ по выведению печи на нормальный режим работы. Экспертная система также может использоваться в качестве тренажера для повышения квалификации обслуживающего персонала и обучения студентов старших курсов вузов технических специальностей.

Разработка и внедрение АСУ с использованием ЭС

Внедрение комплексной системы автоматизации доменной печи позволит связать все важнейшие параметры процесса и при помощи ЭВМ оптимизировать управление доменной плавкой. ЭВМ на основании модели процесса и алгоритма управления позволит автоматически корректировать задания локальным системам при изменении режима работы доменной печи.

Создание комплексной системы автоматизации доменной печи, соответствующей рациональному объему автоматизации, определенному на ближайшие годы, потребует капитальных вложений в сумме ~ 70 млн руб, из них стоимость научно-исследовательских работ составит около 60%. При серийном изготовлении средств и систем автоматизации, входящих в комплексную систему, ее стоимость составит примерно 30 млн руб. Таким образом, доля капитальных вложений в автоматизацию составит около 10% стоимости самой доменной печи.

Внедрение комплексной системы автоматизации значительно улучшит экономические показатели доменного процесса.

Основными факторами экономической эффективности [3] комплексной автоматизации доменного производства являются: повышение производительности доменной печи; уменьшение расхода кокса; улучшение качества чугуна; увеличение срока службы оборудования.

Основными, необходимыми для решения задачи комплексной автоматизации доменного производства, являются системы управления шихтовкой, тепловым состоянием доменной печи, распределением га-

зового потока по сечению шахты доменной печи и скоростью схода шихты.

Анализ показал, что при стабилизации теплового режима за счет снижения среднего содержания кремния в чугуне экономия кокса составит 2,3%, а стабилизация состава шихты повысит производительность доменной печи на 1,3%. При общих затратах на разработку, изготовление и наладку системы с учетом стоимости ЭВМ в сумме 16000 тыс. руб. экономический эффект составит 3060 тыс. руб. в год, срок окупаемости системы 3,2 года.

Кроме того, внедрение АСУ позволит решить общую задачу стабилизации доменного процесса и облегчит внедрение систем управления тепловым состоянием и ходом доменной печи. В ближайшие годы основное внимание будет уделено созданию необходимых средств контроля показателей работы доменной печи с тем, чтобы в последующие годы непосредственно приступить к внедрению систем автоматического управления тепловым состоянием.

В среднем эти системы обеспечивают повышение производительности печи на 2,8% и экономию кокса на 2,5%. При капитальных затратах 3190 тыс. руб. экономический эффект составит 7720 тыс. руб. в год, срок окупаемости — меньше года.

Управление распределением газового потока осуществляется при помощи нескольких успешно эксплуатируемых на металлургических заводах локальных систем, основными из которых являются: распределение дутья и природного газа по фурмам, распределение шихтовых материалов по окружности колошника доменной печи и др. Дополнительные затраты на систему составят 6730 тыс. руб., экономический эффект составит 1477 тыс. руб. в год, срок окупаемости — меньше года.

Равномерное опускание шихты является обязательным условием хорошего хода печи. При неравномерном ходе нарушается нормальный процесс плавки, уменьшается производительность и ухудшается качество чугуна. Задача АСУ скоростью схода шихтовых материалов заключается в том, чтобы создать условия, позволяющие максимально увеличить расход дутья, не допуская нарушения ровного хода печи. Внедрение автоматической системы управления обеспечит повышение производительности печи в среднем на 2,0% и экономический эффект 760 тыс. руб. в год при затратах 910 тыс. руб.; срок окупаемости системы — 1,1 года.

Следует отметить, что в результате автоматизации доменной печи экономический эффект проявляется не только в доменном производстве, но и в последующих переделах. Стабилизация доменного процесса,

повышение качества чугуна улучшают экономические показатели сталеплавильного и прокатного производств.

Широкое распространение за рубежом получили работы по автоматизации доменных печей с применением ЭВМ [4]. По зарубежным данным, стоимость ЭВМ с математическим обеспечением составляет 35–40% всех затрат на автоматизацию.

В ряде стран разработаны и используются математические модели и системы с применением ЭВМ для автоматического контроля и регулирования основных технологических параметров доменного процесса. По данным, приводимым в зарубежной литературе, за счет автоматизации производительность доменных печей повышается на 8–10%, расход кокса снижается на 10–12%. За рубежом считают, что автоматизация доменной печи рентабельна даже при суточной производительности печи, равной 2000 т чугуна.

В Японии почти на всех доменных печах внедрены локальные системы управления. Наибольшие успехи достигнуты в разработке и внедрении систем автоматического управления транспортированием, дозированием и загрузкой шихтовых материалов. На всех новых крупных печах Японии установлены ЭВМ. На доменной печи № 2 завода в Сакамаи работает ЭВМ со следующими основными функциями: контроль процесса, сбор и накопление информации о технологических параметрах печи и воздухонагревателей, расчет шихты, контроль количества загружаемой шихты, автоматический контроль прочности, гранулометрического и химического состава агломерата и влажности кокса, периодический контроль состава колошникового газа.

Как уже отмечалось, автоматизация доменного процесса способствует улучшению качества чугуна, что непосредственно влияет на экономические показатели производства стали.

По данным французской фирмы Вендел–Сиделор, создание системы автоматического управления доменной печью с ЭВМ в г. Ромба позволило получить дополнительный доход в сталеплавильном производстве за счет стабилизации качества чугуна по два франка на тонну стали.

Заключение

1. Комплексная система автоматического управления доменной печью с применением ЭВМ позволит: повысить производительность доменной печи на 14%; снизить расход кокса на 10%; получить экономический эффект в среднем 11,5 руб. на тонну чугуна,

2. Создание комплексной системы автоматического управления доменной печью с применением экспертных систем является перспективным направлением технического прогресса, обеспечивающим значительное улучшение экономических показателей не только доменного производства, но и сталеплавильного, и в конечном итоге оказывающим влияние на повышение качества проката — конечного продукта металлургического производства.

Список литературы

1. *Вегман Е. Ф.* Металлургия чугуна [Выплавка чугуна и ферросплавов в доменных печах и аналоговых объектах с подготовкой рудно-термического материала и производственных расчетов конструкций цехов] / Е.Ф. Вегман, Б.Н. Жеребин, А.Н. Похвистнев, Ю.С. Юсфин, А.Е. Пареньков, П.И. Черноусов. — М.: Академкнига, 2004. — 774 с.

2. *Джарратанно Дж.* Экспертные системы, принципы разработки и программирование [В работе рассмотрены все виды экспертных систем, их классификации, использование различных подходов и методологий разработок] / Джозеф Джарратанно, Гари Райли / Пер. с английского К.А. Птицина. — М.-Киев-Спб.: Вильямс, 2007. — 1146 с.

3. *Белобородова В. А.* Калькуляция себестоимости продукции в промышленности / В.А. Белобородова, А.П. Чечета, В.Т. Слабинский // Финансы и статистика: Учебное пособие, 2-е изд., перераб. и доп. — М.— 1989. — 279 с.

4. *Нисио Х.* [В работе рассматриваются аспекты увеличения продолжительности кампаний доменных печей с использованием экспертных систем в Японии] / Х. Нисио, В. Венцель, Г.В. Гуденау // Чёрные металлы.— 1977. — № 18, С. 9–15.

УДК 519.816: 378.141.4

Модель системы управления качеством дополнительного профессионального образования на основе компетентностного подхода

Ильиных Н.А. (natalka.ilinyuk@mail.ru)

Пермский государственный технический университет, г. Пермь

Аннотация

Рассматривается модель системы управления качеством дополнительного профессионального образования (ДПО) на основе компетентностного подхода.

Она позволяет управлять индивидуальными образовательными траекториями выпускников ДПО и базируется на требованиях регионального рынка труда и федеральных государственных образовательных стандартах нового образца.

Образовательные модули, составляющие траектории, разрабатываются на основе компетентностной модели выпускника.

Управление происходит при помощи системы контроля качества, предполагающей последовательный анализ результатов освоения образовательных модулей с последующим применением корректирующих воздействий на объект управления.

Ключевые слова: дополнительное профессиональное образование (ДПО), система управления качеством образования, компетентностный подход, образовательная траектория, образовательный модуль, компетенция.

Abstract

A model of quality management system of additional vocational education (AVE) based on Competence Approach.

It allows you to manage individual educational trajectories of graduates and the AVE is based on the requirements of the regional labor market and the federal state educational standards for new.

Educational modules that make up a path developed on the basis of Competence model graduates.

The Office takes place through a system of quality control, providing a coherent analysis of the development of educational modules with the subsequent use of corrective influences on object management.

Введение

Рынок образовательных услуг достаточно обширен и постоянно развивается. Особенно это касается сферы дополнительного профессионального образования (ДПО).

Заказчики таких услуг чаще всего планируют за сравнительно недолгое время получить максимально качественное и полезное для дальнейшего

карьерного роста обучение. При этом начальный уровень подготовки обучающихся настолько разнится, что возникает вопрос об индивидуальном подходе к обучению каждого выпускника ДПО.

Для представления качественных образовательных услуг поставщики должны учесть множество факторов:

- актуальность предлагаемой программы обучения;
- адаптивность программы к отраслевым особенностям компании и обучающемуся персоналу;
- доступность учебного материала;
- гибкость учебного процесса;
- наличие технологии проверки усвоения текущего учебного материала;
- применение промежуточного контроля знаний и навыков и др.

Только выполняя перечисленные требования, можно сформировать комплексный подход к представлению услуг в сфере ДПО – систему управления качеством подготовки специалистов.

Также необходимо учитывать и реформы в сфере высшего профессионального образования (ВПО). Переход на компетентностный подход вносит множество изменений в проектирование и реализацию образовательных программ, а также систему контроля качества подготовки выпускников ДПО.

1. Модель системы управления качеством ДПО

Комплексный подход к представлению услуг в сфере ДПО может быть представлен в виде модели системы управления качеством ДПО и включает несколько этапов (рис. 1):

- проектирование компетентностных моделей выпускников ДПО;
- разработку технологии построения индивидуальных образовательных траекторий выпускников – образовательных программ ДПО, состоящих из модулей;
- систему контроля качества (методы входного, промежуточного и выходного контроля уровня сформированности компетенций, технологии корректировки образовательных траекторий).

На основе требований регионального рынка труда и целей обучения разрабатываются компетентностные модели специалистов [1]. В соответствии с входным уровнем подготовки специалистов проектируются образовательные траектории – программы, состоящие из определенного набора учебных модулей. Система контроля качества действует с момента проведения входного контроля уровня сформированности компетенций специалистов. По завершении очередного образовательного модуля

проводится промежуточный контроль, позволяющий сделать срез на определенном этапе развития компетенции и применить корректирующие действия по отношению к следующим модулям индивидуальной образовательной траектории выпускника ДПО. На основе результатов контроля принимается решение о дальнейшем развитии специалиста в соответствии с целями обучения. Существует множество методов теории принятия решений в образовательной среде [2].

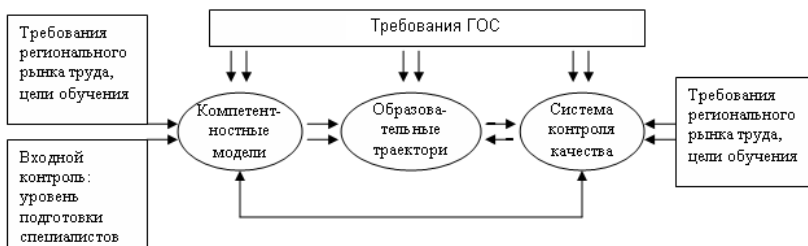


Рис. 1. Модель системы управления качеством ДПО

2. Формирование целей образования на основе компетентностного подхода

Компетенция – это интегральная характеристика, которая может включать в себя: знания (знание теоретических основ); умения (умение успешно совершать определенные действия); владения (владение опытом работы на каком-либо оборудовании, в какой-либо сфере); мотивы (стремление к чему-то) и ценности (отношение, позиция по отношению к чему-то, вера во что-то) [3].

Выделяют несколько видов компетенций:

- профессиональные (профессионально-ориентированные);
- общие (ключевые, базовые, универсальные, транспредметные, мета-профессиональные, переносимые и др.);
- академические и др. [4].

Например, профессиональные компетенции – это готовность и способность целесообразно действовать в соответствии с требованиями дела, методически организованно и самостоятельно решать задачи и проблемы, а также самооценивать результаты своей деятельности [4].

Формирование компетенции происходит с развитием каждого знания, умения, владения через последовательное прохождение выпускника ДПО образовательной траектории.

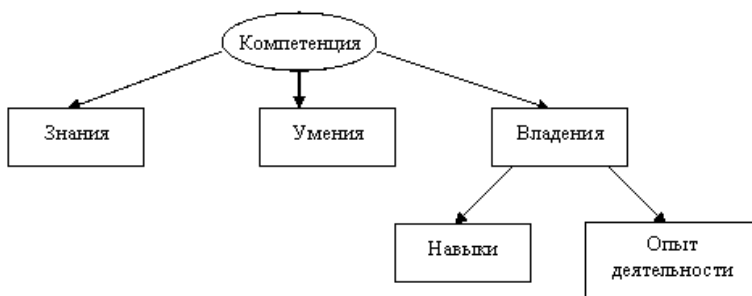


Рис. 2. Структура компетенции

Окончательным представлением (картой) компетенции является шкала уровней сформированности, где каждый уровень содержит описание определенного количества знаний, умений и владений (рис. 3).

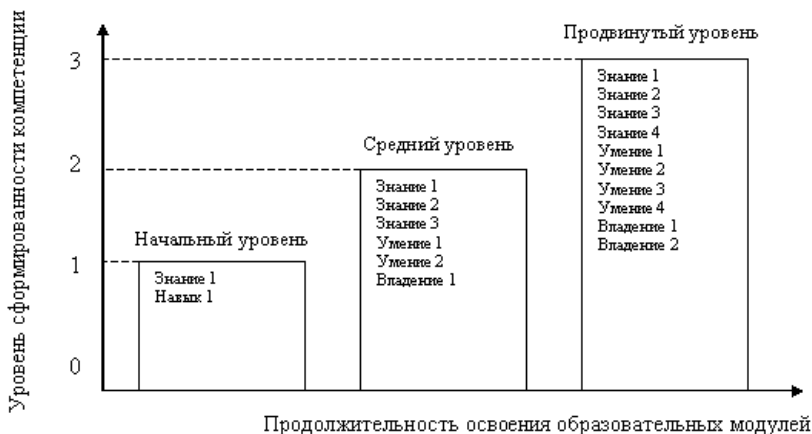


Рис. 3. Формирование компетенции в процессе ДПО

Компетентностная модель – это определенный набор компетенций, необходимых выпускнику ДПО для достижения поставленных целей. Существует несколько подходов к разработке компетентностных моделей: структурированное интервью, глубокий анализ документов по описанию должностных обязанностей будущего выпускника ДПО, опросники и др. Неизменным является тот факт, что построение определенной компетентностной модели должно базироваться на целях обучения. При правильной постановке целей достигается необходимый результат.

3. Процессный подход при управлении качеством ДПО

Модель управления качеством образования включает в себя систему взаимосвязанных процессов. Результаты предыдущего процесса становятся входными данными для следующего.

Выделяют следующие основные процессы ДПО:

- формирование компетентностных моделей выпускников ДПО;
- проектирование образовательной программы, модуля;
- разработка методов оценки уровня сформированности компетенции;
- разработка технологий корректировки образовательных траекторий.

Последние два пункта запускают циклический процесс по управлению качеством подготовки специалистов.

Индивидуальные образовательные траектории выпускника ДПО представляют собой логическую цепочку образовательных модулей. Каждый модуль в отдельности является самостоятельной программой обучения, направленной на развитие определенных навыков. В ходе реализации одного модуля у выпускника развиваются определенные знания, умения, владения (рис. 4).

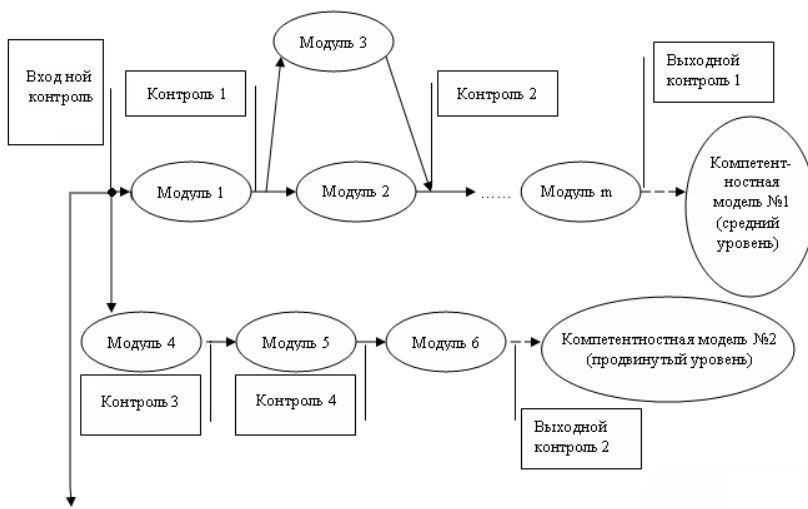


Рис. 4. Процессы модели системы управления качеством ДПО

Полученные навыки формируют компетенции, и выходной контроль позволяет определить соответствие выпускника компетентностной модели.

Применение методов контроля развития компетенции необходимо не только на начальном и конечном этапе, но и после завершения, например, каждого модуля. Это позволяет оценить, в какой степени развиты навыки, формирующие в результате обучения компетенцию. Контрольно-измерительные материалы, применяемые с данной целью, представляют собой совокупность методов оценки (оценочное интервью, тестирование, оценка 360 градусов, assessment-center, самооценка, опросники и др.) и набора индикаторов, позволяющих сопоставить результаты оценки развитию навыков, а, соответственно, и уровню сформированности компетенции.

Учитывая разную скорость усвоения информации каждым человеком в отдельности, модель управления качеством ДПО предполагает в результате промежуточной оценки контролируемое отклонение или полную замену структурных единиц (модулей) в образовательной траектории выпускника.

Для достижения результата в траекторию можно внести дополнительный модуль, например модуль 3 (рис. 4), способствующий наиболее постепенному развитию одного или нескольких знаний, умений, владений.

Если в результате оценки следует вывод о невозможности развития некоторых навыков у конкретного выпускника ДПО и, соответственно, достижения необходимого уровня сформированности компетенции, принимается решение о переходе к другой траектории развития, соответствующей иной компетентностной модели.

Заключение

Модель системы управления качеством ДПО на основе компетентного подхода может выступать структурной единицей системы менеджмента качества вуза. Она повышает эффективность образовательных программ в соответствии с требованиями регионального рынка труда и позволяет подготовить квалифицированных специалистов. Большую роль также играет индивидуальный подход к каждому выпускнику ДПО, который закладывается в основу модели.

Список литературы

1. *Столбова И.Д., Симонов Ю.Н., Коковьякина С.А.* Проектирование целей и результатов основных образовательных программ высшего профессионального образования в компетентностном формате. — Пермь: Изд-во ПГТУ, 2008. — 114 с.

2. *Олейников Д.П., Бутенко Л.Н.* Оценка качества объектов и процессов в образовательной среде. Вербальный анализ решений / Монография. — М.–Волгоград: Исследовательский центр проблем качества подготовки специалистов, Волгоградский государственный технический университет, 2006. — 148 с.

3. *Ильиных Н.А., Столбов В.Ю.* Менеджмент послевузовского профессионального образования с учетом требований регионального рынка труда / Сборник статей XVIII Международной научно-методической конференции «Педагогический менеджмент и прогрессивные технологии в образовании». — Пенза: Приволжский дом знаний, 2009. — С. 63–65.

4. *Байдено В.И.* Компетентностный подход к проектированию государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования / Издание 2-е. — М.: Исследовательский центр проблем качества подготовки специалистов, 2005. — 114 с.

Решение задачи пространственной конкуренции Хотеллинга на прямой

*Искаков М.Б., Павлов П.А. (pashapavlov@gmail.com),
Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, г. Москва*

Аннотация

Задача пространственной конкуренции сформулирована Гарольдом Хотеллингом в 1929 году. Данная задача рассматривает конкурентный рынок, распределенный в пространстве. Участниками рынка являются продавцы и покупатели одного товара. Задача покупателей – минимизировать свои затраты, задача продавцов – максимизировать свою прибыль. Особенностью задачи пространственной конкуренции является то, что полезность покупателя может зависеть не только от цены на товар, но и от расположения продавца товара. Вследствие чего стратегией продавца является определение оптимального расположения в пространстве и цены на товар в каждой точке. Проблемой при исследовании данной задачи является отсутствие равновесия Нэша при некотором расположении продавцов. В данной статье предлагается использовать равновесие в безопасных стратегиях для поиска решения в таких случаях. Сформулирована задача пространственной конкуренции на прямой, и приведено ее решение.

Ключевые слова: равновесие в безопасных стратегиях, пространственная конкуренция Хотеллинга.

Введение

Статья посвящена исследованию классической задачи пространственно распределенной конкуренции, поставленной Хотеллингом в 1929 году [1]. Данная модель описывает взаимодействие участников распределенного рынка. Участниками рынка являются продавцы и покупатели одного товара. Задача покупателей – минимизировать свои затраты, задача продавцов – максимизировать свою прибыль. Основной особенностью модели Хотеллинга является введение издержек на транспортировку товара. Стратегией продавца является определение оптимального местоположения на отрезке и оптимальной цены для каждой точки отрезка. К моменту постановки задачи Хотеллингом в 1929 году [1] теория игрового равновесия Нэша еще не существовала, поэтому равновесная ситуация искалась из простых логических соображений. Были найдены равновесные цены и объемы выпусков продавцов в зависимости от их расположения на рынке. Хотеллинг в своей статье нашел решение, являющееся оптимальным, но не исследовал, при каких условиях локальное равновесие является глобальным.

Большинство последующих работ можно разделить на две группы:
1) поиск равновесий для базовой модели и исследование поведения игроков

в тех областях, где равновесие не существует; 2) модификации модели с целью описания более сложного поведения участников рынка. Необходимо отметить, что в большинстве публикаций разбирается модель дуополии на отрезке ввиду резкого усложнения задачи при увеличении размерности (количества игроков).

В работе [2], посвященной полностью модели Хотеллинга, определены условия существования равновесия Нэша. А также приведен пример функции транспортных издержек, обеспечивающий существование равновесия на всем отрезке. В работе [3] доказано, что если игроки определяют местоположение и цену не в 2 шага, а одновременно, то равновесие не существует. В работе [4] рассматривается модификация задачи Хотеллинга, когда стратегией производителя является интервал цен с плотностью вероятности выбора каждого значения. Доказывается утверждение о том, что в двухшаговой игре производителей со стратегиями по местоположениям и ценам любое равновесие является равновесием типа T по ценам, и есть как минимум одно такое равновесие. В [5] в модель вводится «эффект сноба», при котором в целевую функцию покупателя вводится дополнительная отрицательная полезность, зависящая от объема продаж выбранного магазина.

Основная сложность, обнаружившаяся при исследовании классической модели Хотеллинга – отсутствие равновесий Нэша в игре установления цен для многих случаев расположения магазинов продавцов, предлагающих товар [2]. В предлагаемой статье в качестве игры цен для тех случаев, в которых не существует равновесия Нэша, берется простое равновесие в безопасных стратегиях (РБС) [6, 7], которое для рассматриваемой задачи существует всегда. Такой подход подкрепляется тем, что игровой смысл РБС, заключающийся в стремлении игроков к увеличению своего выигрыша, но при условии своей безопасности относительно действий других игроков, полностью соответствует естественной логике поведения участников моделируемой ситуации.

1. Постановка задачи

Рассматривается отрезок $[A, B]$ длины l , это может быть улица в городе, береговая линия или автомагистраль. На нем равномерно распределены покупатели с некоторой плотностью, которую без потери общности можно считать единичной. На расстоянии a и b от концов отрезка в точках x_1, x_2 ($x_1 \leq x_2$) расположены магазины игроков 1 и 2, предлагающие одинаковый товар по ценам p_1, p_2 . Расстояние между магазинами обозначается

$\delta = l - a - b$. Каждый покупатель тратит на транспортировку товара до дома некоторую цену на единицу длины, которая, также без потери общности, считается единичной. Единица товара потребляется в каждую единицу времени в каждой точке отрезка, то есть спрос является абсолютно неэластичным. Все потребители не имеют никаких предпочтений по выбору продавца, кроме как по сумме стоимости товара и затрат на транспортировку. Таким образом, объемы проданного товара q_1, q_2 равны длине отрезков, на которых расположены покупатели, выбравшие тот или иной магазин.

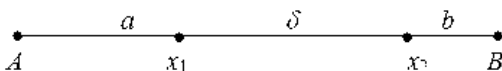


Рис. 1. Расположение игроков-продавцов на отрезке

Исследуется равновесие, совершенное по под-играм в динамической игре, которая проходит в три шага.

Шаг 1. Продавцы определяют точки своего расположения x_1, x_2 ($x_1 \leq x_2$).

Шаг 2. Продавцы определяют цену на свой товар p_1, p_2 .

Шаг 3. Покупатели выбирают продавца, у которого они покупают единицу товара.

Целевая функция покупателя:

$$u(x) = u_0 - \min_{i \in \{1,2\}} (p_i + |x_i - x|),$$

где x – точка расположения покупателя, а u_0 – полезность товара для покупателя, которая без ограничения общности может считаться единичной. Возможны два варианта постановки задачи. В первом каждый покупатель обязательно покупает единицу товара, даже если при этом его целевая функция становится отрицательной. В большей части работ рассматривается именно этот случай. Во втором случае покупатель отказывается от приобретения товара, если это для него убыточно.

Для первого варианта постановки задачи целевая функция игрока-продавца 1:

$$u_1(x_1, x_2, p_1, p_2) = p_1 q_1 = \begin{cases} p_1 l, & p_1 < p_2 - \delta \\ p_1 \left(a + \frac{\delta + p_2 - p_1}{2} \right), & |p_1 - p_2| \leq \delta \\ 0, & p_1 > p_2 + \delta. \end{cases}$$

В зависимости от назначенных цен для игрока 1 может реализоваться один из трех случаев: полный захват рынка, установление конкурентного сосуществования, потеря рынка. Целевая функция игрока 2 выписывается симметрично. Несколько более сложные целевые функции игроков для второго случая постановки задачи будут приведены ниже.

2. Постановка задачи на прямой

В данной статье исследуется постановка задачи с неотрицательной полезностью покупателя. Целевая функция покупателя:

$$u(x) = \max\{0, 1 - \min_{i \in \{1,2\}}(p_i + |x_i - x|)\}.$$

Для такого варианта постановки задачи при выписывании целевых функций продавцов более удобным будет сначала рассмотреть игру установления цен в пространственной конкуренции неотрицательной полезности покупателей на прямой ($A = -\infty$, $B = \infty$). Условие неотрицательной полезности позволяет ограничить область рынка, где расположены покупатели, не отказывающиеся от покупок, что делает задачу корректной. Единственной существенной характеристикой расположения магазинов, влияющей на выбираемые игроками стратегии p_1, p_2 , является расстояние между ними $\delta = |x_2 - x_1|$.

При заданных ценах p_1, p_2 возможны следующие исходы. Если цены различаются более, чем на δ : $|p_1 - p_2| > \delta$, то игрок с более высокими ценами исчезает с рынка. Исчезает с рынка также игрок, установивший цены выше или равные единичной полезности товара $p_i \geq 1$. Если сумма величин $1 - p_i$ превышает расстояние δ , то области двух магазинов не соприкасаются друг с другом. В оставшемся случае границей областей двух магазинов будет точка $\frac{x_1 + x_2}{2} + \frac{p_2 - p_1}{2}$, в которой расположен покупатель, которому безразличен выбор того или иного продавца (рис. 2).

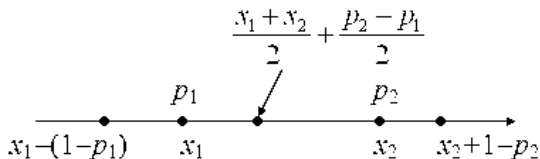


Рис. 2. Области продавцов при условии их соприкосновения

Целевые функции игроков:

$$u_1(p_1, p_2) = \begin{cases} u_I(p_1) = 2p_1(1-p_1), & ((p_1 < p_2 - \delta) \vee (p_1 > 2 - \delta - p_2)) \wedge (p_1 < 1) \\ u_{II}(p_1, p_2) = p_1 \left(1 - p_1 + \frac{p_2 - p_1 + \delta}{2} \right), & (p_1 \geq p_2 - \delta) \wedge (p_1 \leq p_2 + \delta) \wedge (p_1 \leq 2 - \delta - p_2) \\ u_{III} = 0, & (p_1 > p_2 + \delta) \vee (p_1 > 1) \end{cases}$$

$$u_2(p_2, p_1) = \begin{cases} u_I(p_2), & ((p_2 < p_1 - \delta) \vee (p_2 > 2 - \delta - p_1)) \wedge (p_2 < 1) \\ u_{II}(p_2, p_1), & (p_2 \geq p_1 - \delta) \wedge (p_2 \leq p_1 + \delta) \wedge (p_2 \leq 2 - \delta - p_1) \\ u_{III}, & (p_2 > p_1 + \delta) \vee (p_2 > 1). \end{cases}$$

На рис. 3 изображены области, на которых функция $u_1(p_1, p_2)$ принимает значения $u_I(p_1)$, $u_{II}(p_1, p_2)$ и u_{III} . В области II происходит конкуренция сосуществующих на рынке фирм. В нижнем треугольнике области I в конкуренции побеждает фирма 1. В верхнем треугольнике области I зоны покупателей фирм не пересекаются. В области III фирма 1 терпит поражение в конкуренции и исчезает с рынка.

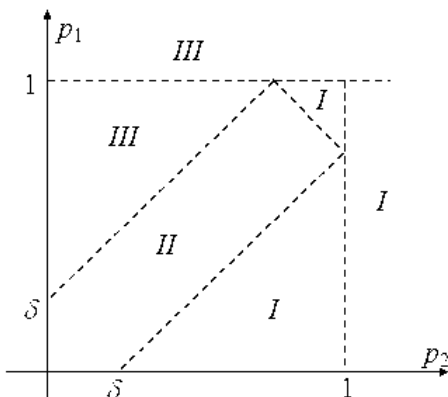


Рис. 3. Области значений целевой функции игрока 1

3. Модель простого равновесия в безопасных стратегиях

Если рассмотреть игру установления цен при фиксированных местоположениях игроков, то для несовпадающих $x_1 \neq x_2$ каждый из игроков может, назначив достаточно низкие цены, обеспечить себе положительный выигрыш независимо от стратегии конкурента. С другой стороны, при тех местоположениях магазинов, для которых не существует равновесия Нэша в игре цен, это происходит из-за того, что в локальном равновесии, найденном

Хотеллингом (далее называемом равновесием Хотеллинга), возникает следующая ситуация. По крайней мере один из игроков может, опустив цены относительно данного равновесия, полностью овладеть рынком и получить при этом дополнительную прибыль. Поскольку при реализации этой угрозы одним игроком, второй теряет все и получает наихудший результат из возможных, естественно предположить, что рациональной стратегией в областях несуществования равновесия Нэша будет стремление к наибольшему выигрышу при исключении возможности указанного наихудшего результата игры. Именно эта логика поведения заложена в идее равновесия в безопасных стратегиях [6, 7]. Приведем определения простого РБС, достаточного для исследования задачи.

Пусть задана игра $\Gamma = (X_i, u_i, i \in N)$.

Определение 1. Угрозой игрока j игроку i ($j \rightarrow i$) называется пара профилей $\{x, (x'_j, x_{-j})\}$, такая, что: $u_j(x'_j, x_{-j}) > u_j(x)$ и $u_i(x'_j, x_{-j}) > u_i(x)$. При этом профиль x называется *содержащим угрозу*, а профиль (x'_j, x_{-j}) , так же, как и стратегия x'_j , называются *угрожающими* игроку i со стороны игрока j .

Определение 2. стратегия x_i игрока i называется *простой безопасной стратегией* при заданной обстановке x_{-i} , если профиль x не содержит угроз игроку i .

Определение 3. Множеством $W_i(x) \subseteq X_i$ *простых стратегий, предпочтительных с учетом угроз* для игрока i относительно профиля x , называется множество стратегий x'_i , таких, что $u_i(x'_i, x_{-i}) \geq u_i(x)$ и для любого игрока $j \neq i$ и для любой его угрозы игроку i : $\{(x'_i, x_{-i}), (x'_i, x'_j, x_{-ij})\}$ выполнено $u_i(x'_i, x'_j, x_{-ij}) \geq u_i(x)$.

Определение 4. Профиль x^* называется *простым равновесием в безопасных стратегиях*, если $\forall i: x_i^* \in \arg \max_{x_i \in W_i(x^*)} u_i(x_i, x_{-i})$.

Комментарий. $x_i \in W_i(x^*) \Leftrightarrow (u_i(x_i, x_{-i}^*) = u_i(x^*)) \wedge (x_i - \text{безопасна при окружении } x_{-i}^*)$.

4. Решение задачи на прямой

Исследуем возможные типы равновесий в игре на прямой, равновесия Нэша и РБС. Прежде всего, следует заметить, что равновесие (Нэша или

РБС) может располагаться либо в области II (которая идентична для обоих игроков), там где устанавливается конкурентное равновесие, либо в той части области I, где зоны двух игроков не пересекаются. Случаи полного вытеснения с рынка одного из игроков при $\delta > 0$ исключены.

Область, в которой не существует равновесий Нэша, – это область достаточно малых δ . В таком случае локальное равновесие, найденное Хотеллингом (точнее его аналог для рассматриваемой модификации задачи), не является глобальным. Это происходит потому, что максимум двупиковой функции игрока, при условии, что партнер выбрал точку локального равновесия, лежит в области I, то есть первый пик выше второго. При этом в игре существует РБС, описываемое следующей системой уравнений (рис. 4):

$$\begin{cases} u_{II}(p_1^*, p_2^*) = u_I(p_1^* - \delta), \\ u_{II}(p_2^*, p_1^*) = u_I(p_2^* - \delta). \end{cases} \quad (1)$$

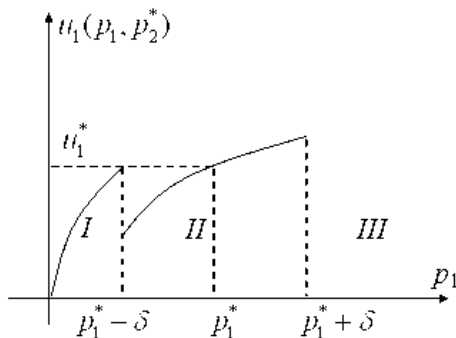


Рис. 4. Равновесие в безопасных стратегиях

Так как равновесные стратегии равны из соображений симметрии $p_1^* = p_2^* = p^*$, то уравнение равновесных цен:

$$u_{II}(p^*, p^*) = u_I(p^* - \delta).$$

Для того, чтобы точка была РБС, необходимо выполнение условий РБС:

$$\forall \varepsilon \in (0, \delta]: u_I(p^* - \delta + \varepsilon) > u_{II}(p^*, p^* + \varepsilon).$$

Это условие означает, что если игрок увеличит свою стратегию до $p^* + \varepsilon$, то игроку 2, сравнительно с его равновесным положением p^* , станет выгодно предпочесть стратегию $p^* - \delta + \varepsilon$, при которой он вытесняет с рынка игрока 1.

Равновесие Хотеллинга описывается уравнениями:

$$\begin{cases} u_{II}(p_1^*, p_2^*) = \max_{p_1} u_{II}(p_1, p_2^*) \\ u_{II}(p_2^*, p_1^*) = \max_{p_2} u_{II}(p_2, p_1^*) \end{cases} \quad (2)$$

$$u_{II}(p^*, p^*) = \max_p u_{II}(p, p^*).$$

Условием, при котором это равновесие является решением задачи, будет требование, чтобы игрокам не было выгодно переходить с него к стратегии полного вытеснения конкурента (рис. 5):

$$u_I(p^* - \delta) < u_2(p^*, p^*).$$

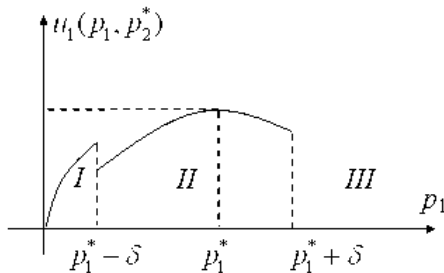


Рис. 5. Равновесие Хотеллинга

Условие неотрицательности целевой функции покупателей порождает появление еще одного типа равновесия – равновесия при условии отрыва. В нем покупатель, находящийся на границе зон двух магазинов, получает при покупке товара в любом из них нулевую полезность, то есть при малейшем повышении цен покупательские зоны магазинов отрываются друг от друга. В этом случае равновесные стратегии игроков находятся на границе областей II и I их целевых функций (рис. 6). Условием равновесия будет система неравенств:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial u_{II}(p_1^*, p_2^*)}{\partial p_1} > 0 \\ \frac{\partial u_I(p_1^*)}{\partial p_1} < 0 \\ \frac{\partial u_{II}(p_2^*, p_1^*)}{\partial p_2} > 0 \\ \frac{\partial u_I(p_2^*)}{\partial p_2} < 0. \end{array} \right. \quad (3)$$

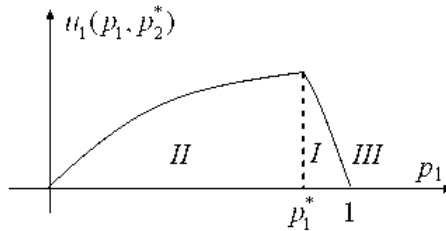


Рис. 6. Равновесие при условии отрыва

Этот случай допускает не единственное решение, а целый отрезок возможных равновесий на плоскости (p_1, p_2) .

Наконец, последний, четвертый случай, при котором игроки расположены настолько далеко, что никак не влияют друг на друга, и игра сводится к независимой оптимизации цены каждым.

Исследуя все вышеперечисленные случаи и решая соответствующие уравнения, можно получить следующее решение задачи установления цен на прямой (рис.7):

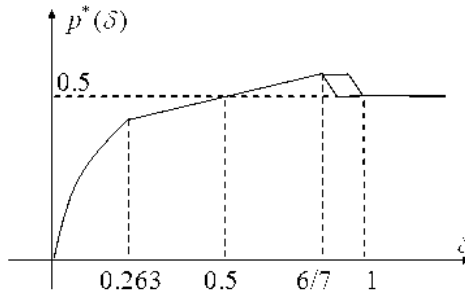


Рис. 7. Зависимость равновесных цен от расстояния между магазинами

Утверждение 2. *Игровая задача установления цен на прямой имеет следующее решение в РБС:*

$$1) \text{ При } \delta \in \left[0, \frac{-2.24 + \sqrt{25.6}}{10.72} \right] \approx [0, 0.263] - \text{РБС:}$$

$$p_1^* = p_2^* = p^* = \frac{2 + 7\delta - \sqrt{17\delta^2 - 4\delta + 4}}{4},$$

$$u_1^* = u_2^* = 2(p^* - \delta)(1 - p^* + \delta);$$

2) При $\delta \in \left[\frac{-2.24 + \sqrt{25.6}}{10.72}, \frac{6}{7} \right]$ – равновесие Хотеллинга:

$$p_1^* = p_2^* = p^* = 0.4 + 0.2\delta, \quad u_1^* = u_2^* = \frac{3}{2} p^{*2};$$

3) При $\delta \in \left[\frac{6}{7}, 1 \right]$ – равновесие при условии отрыва:

$$\max \left\{ \frac{10}{7} - \delta, 0.5 \right\} \leq p_1^* \leq \min \left\{ \frac{4}{7}, 1.5 - \delta \right\},$$

$$p_2^* = 2 - \delta - p_1^*, \quad u_i^* = 2p_i^*(1 - p_i^*);$$

4) При $\delta \in [1, \infty)$: $p_i^* = u_i^* = 0.5$.

Для доказательства данного утверждения необходимо решить систему уравнений (1), (2), (3).

Заключение

В данной статье сформулирована задача Хотеллинга с неотрицательной полезностью потребителя. Данная постановка описывает поведение потребителей на рынке пространственной конкуренции в соответствии с общепринятой стратегией на конкурентном рынке. Использование равновесия в безопасных стратегиях позволило решить задачу поиска оптимальной цены для модели пространственной конкуренции при всевозможных расположениях участников рынка. Данное решение дополняет решение, полученное в предыдущих работах по данной модели, и полностью совпадает с ним на участках существования равновесия Нэша.

Список литературы

1. *Hotelling H.* Stability in Competition // *The Economic Journal*, Vol. 39, № 153. (Mar., 1929), pp. 41–57.
2. *d'Aspremont C., Jaskold Gabszewicz J., Thisse J.-F.* On Hotelling's "Stability in Competition" // *Econometrica*, Vol. 47, № 5 (Sep., 1979), pp. 1145–1150.
3. *Basu K.* Lectures in Industrial Organization Theory. Blakwell Cambridge, USA. 1993.
4. *Osborne M. J., Pitchik C.* Equilibrium in Hotelling's Model of Spatial Competition // *Econometrica*, Vol. 55, № 4 (Jul., 1987), pp. 911–922.

5. *Ahlin P.* Equilibrium existence in the symmetric Hotelling model with negative network effects // *Duke Journal of Economics*, IX, Spring 1997, pp. 1–28
6. *Искаков М.Б.* Равновесие в безопасных стратегиях // *Автоматика и телемеханика*. – 2005. – № 3. – С. 139–153.
7. *Искаков М.Б.* Равновесие в безопасных стратегиях и равновесия в угрозах и контругрозах в некооперативных играх // *Автоматика и телемеханика*. – 2008. – № 2. – С. 114–134.
8. *Downs A.* *An Economic Theory of Democracy*. – N. Y.: Harper & Row, 1957.
9. *Искаков М.Б.* Равновесие в безопасных стратегиях в задаче дележа распределенного на отрезке ресурса // *Равновесные модели экономики и энергетики. Труды Всероссийской конференции и секции Математической экономики XIV Байкальской международной школы-семинара «Методы оптимизации и их приложения», Иркутск, Байкал, 2–8 июля 2008 г.: Изд-во ИСЭМ СО РАН, 2008. – С. 391–398.*
10. *Искаков М.Б.* Игровая задача дележа распределенного на отрезке ресурса // *Модернизация экономики и глобализация; Гос. ун-т. – Высшая школа экономики*. – М.: Изд. дом ГУ ВШЭ, 2009. – Кн. 3. – С. 519–531.
11. *Иващенко А.А., Искаков М.Б., Колобов Д.В., Новиков Д.А.* Конкуренция на рынке инноваций / *Иващенко А.А., Колобов Д.В., Новиков Д.А.* Механизмы финансирования инновационного развития фирмы. – М.: ИПУ РАН, 2005. – С. 26–37.
12. *Искаков М.Б.* Модели и методы управления привлечением вкладов в банковскую сберегательную систему. – М.: Издательство ЭГВЕС, 2006. – 156 с.

Психологические аспекты взаимодействия участников строительного проекта в процессе коммуникационных отношений

Куреева Е.А., (vigasu@rambler.ru),

*Воронежский государственный архитектурно-строительный университет,
г. Воронеж*

Любая организация, которая желает добиться успеха в бизнесе, должна ставить PR на одно из самых приоритетных мест в своей практической деятельности, ведь он позволяет организации планировать и структурировать общение с многоцелевой аудиторией. С помощью PR можно и нужно формировать правильный, а главное, эффективно работающий имидж компании [2].

Научные основы PR как дисциплины заложил в середине XX века Эдвард Л. Бернейз. А в 1970-х гг. преподавание PR официально вошло в обязательные программы экономических колледжей и университетов Америки. В начале XX в. происходит рождение профессиональной PR-специализации. Это связано с усилением развития бизнеса, представители которого имели в глазах основной массы населения негативную репутацию людей, готовых ради прибыли на любые нарушения законов и морали. В Великобритании функционирует более 1200 фирм, оказывающих услуги в области пиара, в России же подобных фирм сегодня чуть более 200. Главной задачей пиара стало именно установление доброжелательных взаимоотношений между предпринимателями и остальной частью населения, преодоление непонимания и недоверия между ними [1].

Термин «паблик рилейшинз» (ПР) – Publik Relations (PR) – насчитывает сегодня более 500 определений, но все они описывают взаимоотношения между организацией и общественностью, связи с общественностью, общественные коммуникации. Их еще называют стратегическими коммуникациями, которые позволяют увидеть то, чем компания намерена заниматься в будущем.

В отличие от рекламы PR позволяет создать долговременный эффект присутствия на рынке при значительно меньших затратах. Но, выбирая PR-план, разработанный специалистами, руководитель должен точно понимать, что схема продвижения товара/услуги может быть эффективно реализована лишь в том случае, если разработчики будут активно участвовать в осуществлении каждого пункта плана, причем их активность будет прямо пропорциональна масштабности решаемой задачи. Иначе, как показывает практика, эффект такого PR сводится к разочарованию руководителя по поводу неокупившихся инвестиций [2].

Функции PR в соответствии с современными представлениями таковы [3]:

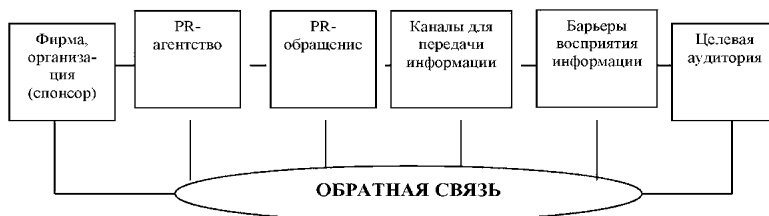
- установление взаимопонимания и доверительных отношений между организацией и общественностью;
- создание «положительного образа» организации;
- сохранение репутации организации;
- создание организации чувства ответственности и заинтересованности в делах предприятия;
- расширение сферы влияния организации средствами соответствующей пропаганды и рекламы.

Любые мероприятия PR состоят из четырех различных, но связанных между собой частей.

1. Анализ, исследование и постановка задачи.
2. Разработка программы и сметы мероприятий.
3. Общение и осуществление программы.
4. Исследование результатов, оценка и возможные доработки.

Активность со стороны компании должна проявляться в предоставлении информации. Поэтому информационный поток от фирмы может быть каким угодно слабым – главное, чтобы он был, а профессиональный пиарщик может любое слово сделать информацией. Но для компаний разных видов деятельности подходы к управлению информацией не могут быть одинаковыми. Так, компании, торгующие товарами массового спроса (продукты питания, средства гигиены), или компании, предоставляющие эксклюзивные услуги (услуги салонов красоты, юридические консультации), или компании, основным продуктом которых являются технологии, требуют разных методов управления информацией.

Набор PR-инструментов для всех, конечно, одинаков, но использовать их можно по-разному, важно, чтобы они, во-первых, способствовали успешному бизнесу клиента, а во-вторых, эксклюзивность продуктов или услуг соответствовала эксклюзивности предложенных идей. Но в любом случае, работа над пиар-проектом начинается с исходной ситуации. Исходная ситуация – это ситуация общения, благоприятная для PR, т. е. для установления отношений с общественностью, соединяющая в одном месте, в одно и то же время все составляющие элементы типичной схемы коммуникационного механизма [2].



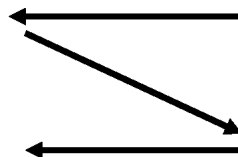
Формы PR-обращений подразделяются на несколько подвидов в соответствии с материалом – воплощением носителя информации:

Письменные формы PR-общения (печатный текст, рукопись) объединяют такие виды, как [2]:

слоган, девиз, бегущая строка, заголовок, торговая марка или логотип, подпись под иллюстрацией	пресс-релиз, листовка, приглашение, объявление, почтовая карточка, автограф	визитка, этикетка, вывеска, меню в ресторане, прейскурант, прайс-лист
--	---	---

К письменной форме PR-общения относят также такие СМИ, как газета и журнал. Лучшее место на газетной полосе для рекламного PR-обращения определяется с учетом психологии восприятия печатного текста. Исследования психологов выстраивают следующий рейтинг убывания внимания читателя газеты, изучающего рекламную полосу:

28%	33% внимания
16%	23%



«Перевернутый зигзаг»
Фиксирует маршрут чтения
(просматривания) материалов
газетного листа (полосы)

Правый верхний угол газетной полосы прежде всего попадает в поле зрения читателя; именно отсюда в большинстве случаев начинает он рассматривать рекламные и PR-материалы. Размещенное здесь PR-обращение наверняка будет прочитано.

Устные формы PR-общения включают [2]:

ораторское выступление, заявление официального представителя, дикторский текст (чтение объявлений и т.п. по каналам ТВ и радио), объявления аукциониста	конференция, реплика, распорядительные высказывания председателя собрания или спикера парламента, рекламная песенка, аудиокассета с рекламным текстом
---	---

Одним из наиболее мощных и эффективных инструментов PR-воздействия являются пресс-конференции. Проводить их надо регулярно, потому что, во-первых, это прекрасная возможность заявить о себе и о своем бизнесе представителям СМИ и, во-вторых, пресс-конференция обеспе-

чивает многочисленный отклик в прессе, что, в свою очередь, влияет на такой показатель, как заметность. Одно из основных требований к пиарщику – уважительное отношение к представителям СМИ, поэтому пришедшим на пресс-конференцию журналистам необходимо предоставить максимум информации: программа, пресс-релиз, презентации выступающих (на электронных и бумажных носителях).

Визуальные формы PR-общения – это [2]:

рекламный фильтр, фильм-пакет, видеоклип, рекламный мультфильм, символ, экслибрис, почтовая марка	слайд-фильм, фотография, коллаж, аппликация, мимика, пластика (жест, осанка, и т. п.), костюм	комикс, рекламная графика, товарный знак, фирменные цвета, фирменный знак, украшения (включая амулет, талисман, элементы фалеристики и т. п.)
---	---	---

Барьеры восприятия [4] обращения в сфере PR связаны с социально-психологическим состоянием аудитории, с действием механизма психологического восприятия рекламного и пиар-текста.

Внимание аудитории начинает действовать с момента появления пиар-обращения. Удержать внимание – это значит преодолеть барьер психологической защиты, барьер безразличия, барьер незнания (невежества). Удержание внимания достигается умелым использованием факторов его привлечения:

ФАКТОРЫ ПРИВЛЕЧЕНИЯ ВНИМАНИЯ

Неожиданность (парадоксальность) слогана основной идеи, аргументации обращения, иллюстрации (с намеками на скандальность ситуации, репутации и т. п.)	Новизна (технические новинки, достижения науки, оригинальное сочетание известных вещей в модернистскую конструкцию и т. п.)	Юмор в виде острот, шуток, анекдотов, карикатур, шаржей, коллажей	Мнение знаменитостей и «звезд» массовой культуры, классического искусства	Подключение аудиовизуальных эффектов (музыки, звучащего слова, шумов, видеоряда) в сочетании нетрадиционных цветов, красок, композициях
---	---	---	---	---

Понимание PR-обращения как следующей стадии после того как привлечено внимание возможно, если аудитория легко воспринимает язык, стиль, образную и логическую систему текстов. Барьер отражения текста в силу непонимания его включается за каждым иностранным словом, аббревиатурой, при неуместном употреблении чуждых данной аудитории национальных символов и стилистических выражений. Образ жизни, стиль жизненных отношений должны быть едиными у коммуникатора и аудитории, чтобы можно было рассчитывать на взаимопонимание. Нарушение этого условия, неумение пиармена приспособиться к образу жизни целевой аудитории ведет к непониманию, к «включению» жесткого фильтра усвоения информации.

Интерес аудитории к предложению, к определенному комплексу социально-политических идей, выраженных в PR-обращении, может преодолеть недоработки предыдущих двух стадий общения коммуникатора и потребителей. Может – если этот интерес (материальный, духовный) точно угадан PR-специалистом. В этом случае PR-обращение достигает своего адресата, чтобы затем потребитель, обдумав предложение, принял решение, которого от него ждет фирма.

После выбранной формы общения и проведения соответствующих мероприятий предстоит анализ проделанной работы, который формирует дальнейшие шаги развития.

Список литературы

1. Журнал «Экономика и жизнь» № 9, март 2007 г. с. 33.
2. Журнал «Экономика и жизнь» № 51, декабрь 2006, с. 35.
3. Маркетинг: словарь / Азоев Г.Л. и др.: – М., 2000.
4. Глоссарий агентства маркетинговых коммуникаций [Электронный ресурс] // <http://www.ad-arti.ru/dictionary.html>

Нематериальное стимулирование работников

Киреева Е.А., Шумарин В.В. (vigasu@rambler.ru),

*Воронежский государственный архитектурно-строительный университет,
г. Воронеж*

Экономический кризис в России длится уже около года. Многие специалисты в экономической и финансовой сфере уверяют, что худшее уже позади, и вскоре экономическая ситуация будет улучшаться и люди опять смогут вздохнуть с облегчением. Но есть и те, кто с этим вовсе не согласен и даже, наоборот, уверяют, что кризис только начинает набирать мощь и не показал всей своей разрушительной силы. Да и мы сами видим всю сложность и серьезность сложившейся проблемы.

Практически каждого из нас, так или иначе, коснулся вопрос работы и заработной платы. Кого-то сократили, у кого-то уменьшили оклады и лишили премий. Минздравсоцразвития повысило официальный прогноз по безработице. По расчетам министерства, к концу года численность зарегистрированных безработных может достигнуть 2,8 млн человек (сегодня таковых насчитывается 1,97 млн). Стоит подчеркнуть, что речь идет именно об официально зарегистрированных безработных, то есть о людях, вставших на учет на бирже труда и получающих пособие по безработице. Реальная же цифра, рассчитанная по методологии Международной организации труда, выше примерно втрое. Между тем, число запросов по ключевому слову «работа» в поисковой сети Яндекс за время кризиса возросло более чем в два раза. Если в августе работу через Яндекс пытались найти 3,3 млн. россиян, то в настоящее время – уже 7,76 [1].

Очень мало фирм отсталость «на плаву», уровень дохода которых не упал. И это все благодаря грамотной, продуманной, спланированной работе управляющих и руководителей этих фирм и, конечно же, сплоченной, дружной квалифицированной команды. Но, к сожалению, таких фирм очень и очень мало. Конечно, в такой ситуации каждая организация пытается как можно быстрее минимизировать свои издержки. Но вот почему-то в первую очередь за счет своих же сотрудников, которые добросовестно трудились на благо своей фирмы, но вклад которых на первый взгляд был не столь очевиден. А оставшиеся сотрудники принимают все лишения как неизбежность, и мало кто решается возражать и идти искать лучшую работу, предпочитая отсидеться на своих местах, при этом выполняя двойной объем работ, но за гораздо меньшую плату. А ведь страх перед неопределенностью, опасения потерять работу является очень сильным демотиватором, способным разрушить даже сплоченный коллектив и существенно ослабить репутацию фирмы.

Так как же быть в условиях неопределенности и финансовой нестабильности?

Для успешности разработки антикризисной программы управления человеческими ресурсами предприятия на начальном этапе всегда необходима объективная диагностика критических явлений.

Для удобства проведения диагностической оценки систему условно подразделяют на стратегический и оперативный уровни [3].

На стратегическом уровне оценивается активность высшего управления предприятием в построении стратегии формирования и использования трудового потенциала, а также соответствие ее текущим ситуационным условиям; оценивается соответствие организационной структуры целям и задачам предприятия, уровень компетентности стратегических руководителей, характер взаимоотношения администрации с персоналом.

На оперативном уровне оценивается эффективность работы с человеческими ресурсами; наличие или отсутствие необходимых составляющих системы управления персоналом, их адекватность целям предприятия, правильность их исполнения. Здесь исследуются такие составляющие, как соответствие кадровой политики, планирование персонала, принципы отбора и найма, адаптация, стимулирование труда, оценка и обучение, ротация, организация труда, планирование карьеры и высвобождение работников.

Но в условиях кризиса, при недостатке материальных, кадровых и временных ресурсов такая детальная оценка организации невозможна. Поэтому необходимо разработать такой подход, который бы давал максимальную информацию о внутренней атмосфере в организации, и на основе этих данных разрабатывать программу стимулирования в условиях «выживания» предприятия и нематериального стимулирования.

С целью изучения представлений работников об организации можно провести метод интервью, причем респондентом должен являться человек собирающийся уволиться с данной организации. Это так называемое «выходное интервью». Разрабатывается также анкета, которая состоит из разделов о выполняемых функциях, подчиненности, рамках ответственности, характере принимаемых решений, уровне и форме информационных потоков и о взаимоотношениях в коллективе, деятельности руководства, отношении к системе вознаграждений и компенсаций.

Исходя из данной информации, можно проводить оценку эффективности, определять основные факторы риска и разрабатывать конкретные мероприятия, способствующие профилактике или устранению проблем. Но большую долю внимания следует уделить удержанию персонала внутри

организации. В условиях кризиса это возможно с помощью программы нематериального стимулирования:

- обучение (тренинги, программы повышения квалификации);
- возможность самореализации и творчества (содержание работы, позволяющее выходить за рамки);
- стабильность и престиж (репутация и известность самой компании);
- привлекательное название должности;
- фиксация достижений (личное внимание и поощрение со стороны начальства, подчеркивание важности его роли);
- поощрение разного рода дипломами и приказами;
- условия труда (рабочее место, организация пространства в офисе);
- участие в принятии решений (чувство причастности самого работника к выработке решений, например опросы, «голосования» и прочее);
- предоставление новых возможностей;
- стиль руководства (атмосфера в кабинете начальника, стиль проведения совещаний, манера общения начальника с подчинёнными) [4].

Но, может быть, сокращение персонала не является отрицательным показателем ее деятельности. Может кризис служит своего рода зачисткой в трудовых рядах? Не секрет, что выпускники подавляющего большинства российских вузов не готовы к реальной работе. В результате недостаток образованных и опытных специалистов остро ощущается даже во время кризиса. Спрос на определенные специальности у работодателей огромный, а вот людей, которые могут занять вакантные места, мало.

Объективно мало профессиональных кадров в промышленности, в фармацевтике, на сельхозпредприятиях, сюда же важно отнести телекоммуникации, IT-технологии. Очень востребованы специалисты по технологиям, которые помогают компаниям выживать за счет упрощения бизнес-процессов, повышения продуктивности и эффективности бизнеса. А более всего, нужны эксперты, способные использовать технологии для повышения прибыльности бизнеса [2].

При всех очевидных минусах нынешнего кризиса эксперты видят в нем источник оздоровления рынка труда. Сойдут на нет неадекватные амбиции и запросы многих работников. Потеряют работу те, кто занимал высокие должности, не обладая достаточным уровнем знаний. То же можно сказать и о неэффективных компаниях, которые так же, как и непрофессиональные сотрудники, первыми покинут рынок. А оставшиеся «на плаву» предприятия и специалисты получают дополнительный стимул к развитию. Тревога за свое будущее вынудит сотрудников повышать квалификацию, проявлять гибкость и совершенствовать навыки.

Список литературы

1. <http://www.minzdravsoc.ru/>
2. <http://consulting.1c.ru>
3. Автор: Ледаев Егор. Источник: www.business.rin.ru
4. Чубенко Л.Б. Нематериальное стимулирование работников // Современный кадровый менеджмент. Вып. 4 / под ред. Т.Ю. Базарова. – М.: ИПК госслужбы, 2005.

УДК 338.124.4

Глобальный финансовый кризис: управление инфраструктурными проектами

Кобякова Н.Г. (saraev@glowers.ru)

*Российский государственный гуманитарный университет, Компания по
исследованию глобальных сетей – GLOWERS, г. Москва*

Аннотация

Рассмотрена гипотеза о существовании рынка времени и способах управления им. В основе операций купли–продажи будущего времени лежит концепция западноевропейского времени, развитие понятия вероятности, изменение восприятия картины мира и веры в это восприятие, доверия к нему. Показано, что переключение режима управления от индивидуальных продаж ускорения изменений будущего вероятностного времени (ценных бумаг, в основе которых лежат деривативы) к режиму управления коллективных продаж будущего времени генеральной совокупности с известным законом распределения (инфраструктурные облигации) приведет к выходу из глобального финансового кризиса.

Ключевые слова: финансовый кризис, рынок времени, инфраструктурные облигации.

Введение

Глобальный финансовый кризис был сгенерирован процессами глобализации за счет либерализации финансового рынка и рынка капиталов, инициаторами и активными участниками которых являлись США и другие страны G7. Резко возросло число участников на виртуальном рынке продаж будущего времени, что послужило проявлением хаоса на рынке капиталов. В результате этих процессов рядом стран были накоплены огромные долларовые резервы, что и привело к глобальным платежным дисбалансам и недостаточному глобальному совокупному спросу. Реальная стоимость долларовых накоплений постоянно снижалась за счет низкой или нулевой прибыли и высокого уровня инфляции. В выигрыше были только США, которые получили накопленные триллионы долларов валютных резервов в виде практически беспроцентных кредитов. Все это привело к тому, что резервная долларовая система достигла точки бифуркации, после которой возможны следующие сценарии: плавный, поэтапный переход, как предлагают Россия и Китай, или катастрофический переход к альтернативной глобальной резервной валюте.

1. Постановка задачи

Для управления глобальной финансовой системой в интересах всех стран, как предлагает лауреат Нобелевской премии Дж. Стиглиц [1], процесс

принятия решений должен перейти от монополии США к демократическому способу – с участием всех заинтересованных сторон. Необходимо установление более четкого управления глобальной финансовой системой, придания ей прозрачности и восстановление доверия. Создать инструменты для реализации принципов глобального суверенитета, осуществлять оперативную исполнительскую деятельность в любой точке мира наднациональных структур, изучать условия инвестирования и долгосрочных вкладов, особенно в нефтеперерабатывающих странах и т.д., как предлагает теоретик «Нового мирового порядка» Жан Аттали. Если этого не будет сделано, то альтернатива, с его точки зрения: «...придется подождать еще более страшной войны, чтобы перспектива таких реформ воспринималась всерьез» [2].

Существующая асимметрия в одновременной информационной доступности стремительно деформирует рынки будущего времени. Среди хозяев финансовых рынков и обладателей информации первые позиции занимают США, Китай (тесно связанный с Федеральной резервной системой финансовыми обязательствами, которые он не может перепродать, не обрушив доллар и не разрушив конкурентоспособность собственного промышленного экспорта) и Европа (благодаря сбережениям, вложенным в собственные банки посредством трансформации и страхования), которых финансирует США, с каждым днем все больше живущие не по средствам [3].

Спусковым крючком кризиса явился стремительный рост виртуального богатства, которое ошибочно было принято за реальное, за счет массивных продаж не только будущего фиксированного времени (кредиты под ссудный процент, сделки на срок), будущего переменного времени (акции и облигации предприятий индустриальной экономики и т.д.), будущего вероятностного времени (деривативы), будущей скорости изменения будущего вероятностного времени (ценных бумаг, в основе которых лежат деривативы, страховые договора и т.д.). Согласно новым нормам подсчета, в своих балансах банк должен оценивать результаты своей деятельности не по рыночной стоимости, а по математической модели, которая задает ему постоянно меняющееся теоретическое значение. Таким образом, все виртуально – и доходы, и расходы [2]. Созданные рынки нового времени стремительно начали десинхронизировать [4], вызывая хаос на рынке реального производства. По сути, как справедливо отмечает А.И. Неклесса, была создана трансфинитная экономика, которая избрала в качестве аксиомы возможность оперировать в сфере практики канторовского понимания бесконечности.

Кризис на рынке времени требует новых способов управления им для сохранения динамики прогресса мировой системы.

2. Рынок времени Средних веков

В основе истории развития финансовых инструментов по продаже будущего времени лежит концепция западноевропейского времени, развитие понятия вероятности, изменение восприятия картины мира и веры в это восприятие, доверия к нему. Концентрированное выражение этих основ дано в «Божественной комедии» Алигьере Данте (1321 г.). При вымышленном путешествии поэта по преддверию и девяти кругам Ада, затем по десяти «этажам» Чистилища и, наконец, десяти «этажам» Небесного Рая вероятностные аспекты были рассмотрены им при подсчете числа возможных исходов при бросании трех костей в комментариях к началу VI части «Чистилища». На дне Ада, в его девятом круге, Данте разместил тех, кто обманывал доверившихся им людей, кто не пощадил «союз доверия, высший и духовный». В X песне «Рая» Данте свидетельствует о существовании в это время механических часов.

И как часы, которых бой знакомый

Христа невеста звать нас в божьи дома,

Часы, где так устроен ход,

Что звук «день-день», как звуки струн на лире.

Концепция западноевропейского времени тесно связана с идеей прогресса [5], которая предлагает, что человечество улучшало свое состояние в прошлом (от некоего первобытного состояния примитивности, варварства или даже ничтожества), продолжает двигаться в этом направлении сейчас, и будет двигаться дальше в обозримой перспективе. По меткому выражению Дж.Б. Бэра, идея прогресса – это синтез прошлого и предсказания будущего. Она неотделима от чувства времени, текущего прямолинейно.

Китайское же восприятие времени нелинейно. Суть китайской логики восприятия картины мира выделил А.П. Девятков – единое раздваивается, но перемены следуют через сочетание не двух, а трех сил. Круг – символ вечности, выступает основой пространственно-временного мира. Систему «пространство–время» образуют элементы и их взаимосвязи. Согласно китайской системе счисления времени, последовательность лет объединяют «круги», числом ровно по 60 лет в каждом. Шестидесятилетний цикл объединяет три поколения по двадцать лет. В 60-ти летних календарных циклах счисление идет не по прямой линии вперед, а по винтовой линии направо (по часовой стрелке) ступенчато вниз. Время же – суть прокручивания пяти фаз космического цикла винтом вниз с двойным шагом в каждой стихии. Два раза потому, что все стихии находятся в двух конечных

состояниях: небесном (четном) и земном (нечетном). Эта нелинейность ощущения времени (меряется не длительность, а порядок следования) – суть одной из граней краеугольного камня специфики хода китайской мысли.

Европейская идея единого линейного течения времени, охватывающего собой все происходившие с человечеством в прошлом и все, что произойдет с ним в будущем, каким бы не было будущее, восходит к св. Августину, который изобрел концепцию единства будущего. В его книге 12 «Града Божьего» [6] в недвусмысленных выражениях говорится, что время есть творение Бога и поэтому оно столь же реально, как и любое божественное творение. «...Он сотворил времена и человека, которого прежде никогда не создавал, и сотворил во времени не по новому и внезапному, а по вечному и неизменному решению». Время, следовательно, является по своей природе реальным, объективным и линейным. Для того, чтобы люди могли пожертвовать настоящим ради будущего, они должны верить в будущее.

Как отмечает Р. Нисбет [5], время вплоть до XII века, как правило, считалось чем-то неотделимым от Бога, так как оно было создано Им. Процесс, который начался в XII веке и достиг своей кульминации в XIII веке, называют реформой времени, затронувшей способы его измерения, его место в жизни, его умопостигаемость природой.

Изменения, преобразующие понятие времени, также свидетельствуют о глубинных переменах в сознании эпохи. Раньше думали что время – дар Божий. Время – достояние Бога, а не человека, и поэтому среди основных аргументов, привлекаемых богословами и проповедниками для осуждения ростовщичества, был и такой: ростовщик получает доход от ссуженных им денег, не трудясь, но полагаясь лишь на течение времени, ведь даже когда он спит, его «волы», то есть деньги, пущенные в рост, продолжают «пахать» – приносить ему несправедную прибыль; следовательно, он посягает на время, принадлежащее Творцу, и подлежит осуждению на адские муки.

Установление контроля над временем и его измерением становится одной из основных причин социальных и идеологических конфликтов внутри общества. Возникло «время церкви» и «время купцов», отмечает Ле Гофф [7]. В борьбе за власть над временем Церковь, отдав часть времени «купцам и башенным часам», изменила представление о загробном существовании. Произошел переход от дуалистической модели потустороннего мира (ад и рай) к трюичной модели (ад – чистилище – рай). Церковь стала распоряжаться этим временем, так как была организатором системы Чистилища, а также сосредоточила в своих руках основную

составную часть этой системы, а именно процедуры заступничества, необходимые для сокращения времени пребывания в Чистилище. Учет времени становится общецерковным делом. Это видно на примере организации Папой Иннокентием IV Первого Лионского собора, решение об открытии которого 24 июня 1245 г. было объявлено 27 декабря 1244 г. Папа настаивает на том, чтобы участники собора пускались в путь точно в установленный срок. Так он хочет внушить всему христианскому миру сознание важности исчисления времени, затрачиваемого на передвижение, убедить в необходимости расчетов применительно к пространству и времени.

Церковь нашла обоснование ссудного процента в понятии риска, связанного с торговлей и предпринимательством. Изменение ценностных ориентиров и ментальности сопровождалось формированием новой техники банковских расчетов. Людьями около 1200 г. овладела прямо таки «мания счета», на которую оказало существенное влияние использование индийской цифровой системы (именуемой арабской), а также введение нуля. В конце XIII века применение «научных» расчетов по измерению времени стало толчком к созданию механических часов, распространение которых, несмотря на техническое несовершенство, было молниеносным. Первые механические часы с анкерным механизмом были изготовлены в Китае в 725 г. н.э. Самые древние сохранившиеся в мире часы без циферблата датируются 1386 г. и продолжают до сих пор идти на соборе в Солсбери (Великобритания). Переход на новое счисление времени совершался постепенно с 1280 г. по 1450 г. В 1283 г. большие часы были установлены на Дэнстейбл Приорат (Великобритания), а в 1292 г. в Кентерберийском соборе установили «большой хронолог». В 1322 г. новые часы были установлены в Норвиче. Час механических часов является четкой единицей, удобной для арифметических операций.

Новое видение времени почти сразу привело к практическим последствиям. «Фактор времени... начал проникать... в ежедневную технику общественной, финансовой и правовой администрации...» [8]. Кроме выдачи кредитов под ссудный процент Веронские статусы в 1318 г. узаконивают сделку на срок. В 1428 г. юрист Бартоломео де Боско протестовал в Генуе против продажи обязательств на срок. Денежные сделки на срок могли существовать только в зонах с «перенапряженной» экономикой. С XIII века такой рынок появляется в Италии, Германии, Нидерландах. Основа – накопление капитала, рано созданные «права» на долю государственного долга (государственные ценные бумаги), инвестиции в кораблестроение или дальние плаванья судов. Облигации государственного

займа служили объектами торговли в Венеции и во Флоренции еще до 1328 г. [9]. В XIII веке Запад заново открыл переводный вексель – средство платежа на дальнее расстояние. Изменилась система налогообложения. Так, если в прошлом налогообложение было привязано не к установленным периодам времени, а скорее к примечательным событиям, разрывающим рутину жизни, то в XIII веке возникли и быстро распространились идеи ежегодного сбора налогов, «зависимого не от событий, но от времени».

В эти же времена произошла смычка теории вероятности с финансами в работе Пачоли, «Сумма знаний по арифметике, геометрии, отношениям пропорциональности» (1494 г.), которая являлась энциклопедией математических знаний своего времени. С другой стороны, Пачоли известен как основатель науки о бухгалтерском учете. Подсчитывая величины ставок при игре в кости – этой квинтэссенцией риска – Д. Кардано (1526 г.) вплотную подошел к определению вероятности через отношение равновероятных событий.

Происходящие изменения привели к появлению крупных иерархических распределенных финансовых структур, например в Венеции, Флоренции и т. д. В банке Дом Барди (Флоренция) работало 336 человек, и он имел в Европе, Северной Африке и на Ближнем Востоке 6 филиалов и 2 постоянных двора (представительства). У финансового банка Перуцци (Флоренция) работало 131 человек, было 16 филиалов и 5 постоянных дворов. Финансовый пузырь раздувался с помощью ссудного процента, который в средневековье выступал в двух основных формах: ссуды мелким производителям – крестьянам; ссуды феодальной знати. В XI веке средняя процентная ставка в Западной Европе была около 43%, при слабом обеспечении 80-120%. Ставка по кредитам в Германии была от 21 до 43%, например в Линдау в 1348 г. достигла 216% годовых. В XIII веке безумные ссудные проценты (например в Англии – 43%, в Германии – 173%) начали законодательно ограничивать. Максимум процента за кредит достигал: в испанской Модене – 29%, в Милане, Генуе – до 15%, в Вероне – до 12.5%, на Сицилии – 10%.

В Средние века существовало три платежные системы: основанная на золоте предназначалась для государей, крупных купцов (дани церкви); основанная на серебре – для обычных операций; основанная на меди – для бедняков и простолюдинов.

При курсе золота к серебру 15:1 Папа Иоанн XXII в 1311 г. рекомендовал английскому королю Эдуарду II крупнейшие банки Флоренции – Дом Барди и Перуцци – и уже к 1327 г. долг Англии составил 1.7 млн флоринов

при годовом доходе 60 тыс. фунтов стерлингов (1 ф.с. = 4 1/3 золотого флоринов). Если Дом Барди преимущественно кредитовал английских королей и собирал церковную десятину, то банк Перруцци – французских. Наряду с кредитным процессом развивался процесс вывоза Венецией серебра из Европы на Восток и обмен его там на золото. Было вывезено 25% всего серебра, что ходило в Европе в 1325–1350 гг. (100 тонн серебра). Во Франции вообще не осталось серебра.

Венеция, контролировавшая финансовый «пузырь», после того как английский король Эдуард III в мае 1339 г. издал декрет о временном прекращении выплат по займам, установила курс золота к серебру как 9:1, но кредиты брались в серебре по курсу 15:1, а проценты по сделкам зарабатывались на рынках, обслуживаемых золотом. Перевод Европы на золотой стандарт наряду с кредитным дефолтом крупнейшего заемщика привел к началу финансового кризиса. Стремясь избежать банкротства, банки Дом Барди и Перруцци в 1340 г. пытаются организовать политический переворот во Флоренции, в 1342 г. – второй, в сентябре 1343 г. – третий. В 1343 г. банк Перруцци обанкротился, выплатив своим кредиторам около 37% финансовых обязательств. В 1346 г. был обанкрочен Дом Барди, который был должен гражданам Флоренции 550 тыс. золотых флоринов. Выплаты кредиторам составили около 45% обязательств. Лавина кризиса охватила банкротством и другие финансовые дома Флоренции, что привело к разорению тысяч мелких и средних вкладчиков и глубокому потрясению всей экономики Италии. Финансовые банкротства привели к существенному сокращению кредитов и изъятию из обращения наличных денег, росту цены на хлеб. Демографический рост в Европе с 27 млн в 700 г., до 42 млн в 1000 г. и до 73 млн человек в 1300 г. начал стремительно сокращаться из-за голода и экономических катаклизмов, а черная смерть в 1347–1351 гг. сократила население Европы до 51 млн человек. В некоторых городах Италии уровень смертности составлял до 50%. Война, начавшаяся между Англией и Францией в 1337 г., длилась 116 лет – до 1453 года.

Финансовый кризис Средневековья полностью укладывается в модель социальной самоорганизации С. Малкова [10]. Моделирование показало, что усиление государства за счет организации общественных работ (развитие транспортной инфраструктуры, строительство плотин и каналов, защита от внешних врагов, поддержание порядка внутри страны) стабилизирует динамику системы, а ослабление после некоторого периода относительно слабых изменений приводит к кризису, который сопровождается резким обнищанием населения и депопуляцией.

3. Темпорализация капитализма

Последующая эволюция представления о времени привела к полному господству статической концепции, в которой время представлено независимой непрерывной переменной с областью значений на вещественной оси. Такое абстрактное представление о времени как о чем-то абсолютном, протекающем с равномерной скоростью, вошло в научное мировоззрение в XVII веке благодаря трудам И. Барроу и И. Ньютона. Картина мироздания была построена на едином фундаменте – законах Ньютона. Мир функционирует с точностью и предопределенностью отлаженного часового механизма. Все причинно-следственные связи – однозначны и выражаются динамическими закономерностями. Практически все современные инструменты, используемые в управлении риском, связаны с развитием понятия вероятности и получены в течение 100 лет с 1654 по 1754 гг. при исследовании природы азартной игры. В 1654 г. Б. Паскалем и П. Ферма было открыто, что по вероятностям одних случайных событий можно находить вероятности других случайных событий. В 1703 г. Г. Лейбниц и Я. Бернулли открыли закон больших чисел. Новая концепция времени, получившая развитие в воззрении Лейбница, трактовавшего время как порядок следования явлений. Причинно-следственные связи задают вполне определенную последовательность всем событиям, всем действиям и их результатам. Лейбниц находился под влиянием Спинозы и его веры в Великий План. Все, что произойдет в будущем – заложено в настоящем. В 1730 г. А. Муавр установил форму нормального распределения и ввел понятие среднего квадратического отклонения. В 1738 г. Д. Бернулли дал определение ожидаемой полезности (удовлетворение от любого малого приращения богатства «будет обратно пропорционально количеству уже имеющегося добра»). В 1754 г. Т. Байес показал, как можно снизить риск, используя сочетание старой и новой информации.

Максима Лейбница «Природа никогда не делает скачков» (1707 г.) лежит в основе естественного отбора как ключевого процесса биологической эволюции у Ч. Дарвина (1859 г.). Согласно теории Дарвина эволюция происходит путем естественного отбора *случайно* возникших мутаций, формирующего комбинации признаков и свойств, которые обеспечивают адаптацию организмов к условиям внешней среды, «... мы не можем быть уверены, что обычная последовательность поколений не была ни разу прервана и что никогда никакие катаклизмы не опустошали всю землю. Отсюда мы можем с доверием рассчитывать на безопасное и продолжительное будущее» [11]. Для случайности классическое определение вероятности было

сформулировано Лапласом в 1812 г., который считал, что нормальный закон распределения для случайной величины столь же универсален, как и закон всемирного тяготения.

Работа Ч. Дарвина «Происхождение видов» произвела глубокое впечатление на К. Маркса («Капитал» 1867 г.), который отмечал, что эта книга дала «естественно-наглядную основу для классовой борьбы в истории» и что он смотрит на эволюцию общества как на «естественноисторический процесс». В основе этого лежало линейное представление о историческом продвижении или прогрессе. В.И. Ленин отмечал, что «Капитал» К. Маркса нельзя полностью понять без изучения «наук логики» Гегеля (и гегелевских принципов развития), в котором дан наиболее систематический и подробный анализ как структуры, так и процесса. Динамика Гегеля, описывающая движение от тезиса к антитезису и синтезу – это механизм, динамическая сущность и принцип модели, по которой устроен процесс в этом мире [5]. Прогресс, по мысли Гегеля, – это единая всеохватывающая сила. «Темпорализация» цели бытия, начатая Лейбницем в XVIII веке, наряду с развитием понятия вероятности Гауссом являлась вплоть до Великой депрессии 1930-х годов катализатором развития капитализма, основой продаж изменяющегося времени (акций и облигаций предприятий индустриальной экономики). Развитие понятия вероятности, что в первую очередь связано с Петербургской математической школой, внесло существенный вклад в этот процесс. В 1864 г. П.Л. Чебышев определил предмет теории вероятности и дал оценки приближений предельных теорем. В 1898 г. А.А. Марков дает строгое доказательство предельной теоремы и начинает изучение зависимых величин, доказывает применимость центральной предельной теоремы к суммам случайных величин, связанных в простую однородную цепь или сложную однородную цепь, а также к другим зависимым величинам. В 1901 г. А.М. Ляпунов доказал центральную предельную теорему для сумм независимых случайных величин.

4. Дериватизация постиндустриальной экономики

Квантовая механика Шредингера и теория относительности Эйнштейна позволили осознать, что человек живет уже не в трехмерном пространстве, а в четырехмерном мире, в котором время, связанное с пространством, играет особую роль. Был осуществлен переход от динамических закономерностей (закономерностей, основанных на жестко детерминированных причинно-следственных связях) к закономерностям статистическим (закономерностям, основанным на вероятностных связях). Все вокруг стало относительным и вероятностным, многие точные понятия начали растворяться, время стало

зависеть от скорости и степени искривленности пространства. Наступила эра производных финансовых инструментов – деривативов, хотя деривативы были известны еще с XVII века, однако с начала 70-х годов XX века начинается период бурного развития этого сегмента финансового рынка, к концу 2007 г. номинальная стоимость базисных активов обращающихся биржевых деривативов составляла \$95 трлн – в 130 раз больше, чем в 1987 г. Номинальная стоимость базисных активов вне биржевых контрактов в 2007 г. равнялась \$516 трлн. Оборот торговли фьючерсами и опционами на биржах (без учета фьючерсов и опционов на товары и акции) в начале 90-х годов составлял \$100–\$200 трлн, к концу десятилетия вырос до \$350–\$390 трлн, к 2004 г. превысил \$1000 трлн, а к 2007 г. приблизился к \$2000 трлн. Примерно третья часть совокупного биржевого и внебиржевого рынка деривативов приходится на контракты типа «своп», из них на процентные свопы – более 90%. Среди новых продуктов, предназначенных для дробления рисков, наиболее быстро развивающимися являются кредитные деривативы (credit derivatives). Мировой объем рынка кредитных деривативов оценивался в середине 1998 г. в \$150–200 млрд, более \$1 трлн в конце 2001 г., почти \$2 трлн в конце 2003 г., около \$5 трлн в конце 2004 г., \$12 трлн в середине 2005 г. и \$26 трлн в середине 2006 г. [12].

Классической наукой – наукой Ньютона, Лапласа – была построена жестко детерминированная картина мира, в которой время линейно. В начале XX века Эйнштейн представил время и силовые взаимодействия через пространство и изменение его свойств. Время было опространствованно. Синергетика показала, что время нелинейно. И. Пригожин отмечал, что «время становится «возникающим свойством». Это не время бытия, а время становления организованных упорядоченных структур в диссипативных средах. Настоящее содержит, свертывает в себе всё: и прошлое, и будущее. Синергетика, считающая, что будущее влияет на настоящее, дает возможность через время представить пространство. Происходит поворот от опространствования времени к овременению пространства. В работах Е.П. Князевой и С.П. Курдюмова [13] показано, что ускорение течения времени происходит в режиме быстрого роста и локализации структуры, а его замедление – в режиме спада активности. Применительно к рынку времени эти результаты можно представить в следующем виде. В процессе эволюции рынка времени прошлое (первоначальный капитал) не исчезает. Оно остается существовать в ином более медленном или менее интенсивном («тонком») темпоре, например в золоте. Золото является прошлым рынка времени, но оно существует в настоящем и будет существовать в будущем. Французский поэт Поль Валерии отмечал: «Самое лучшее в новом то, что отвечает старому желанию». Старое желание новейшего рынка времени – золото.

Экспансия роста сектора будущей скорости изменения будущего вероятностного времени (ценных бумаг, в основе которых лежат деривативы, страховые договора и т. д.) по сравнению с секторами будущего фиксированного времени (кредиты под ссудный процент, сделки на срок), будущего переменного времени (акции и облигации предприятий индустриальной экономики и т.д.), будущего вероятностного времени (деривативы) приводит к возникновению неустойчивых состояний «перемешивающего слоя» Д. Чернавского [14], «русел и джокеров» Г. Малинецкого [15], «рефлексивных состояний» Ф. Ерешко [16]. Существует два типа неустойчивости: неустойчивость в точке бифуркации, ветвления путей развития и неустойчивость вблизи обострения, момента максимального, кульминационного развития сложной структуры. Введение нового сектора – коллективных продаж будущего времени генеральной совокупности с известным законом распределения (инфраструктурные облигации) приведет к замедлению роста сектора будущей скорости изменения будущего вероятностного времени (ценных бумаг, в основе которых лежат деривативы, страховые договора и т. д.) и к переводу всей системы, описывающей рынок времени, из хаотической стадии в динамическую.

5. Трансформация рынка времени: переход от индивидуальных продаж будущего к коллективным

Глобальный кризис на рынке времени вызван экспансией индивидуальных продаж будущего времени, при которых выгодополучателем становится индивидуум, а убытки и риски перекладываются на все общество. В результате возникает кризис доверия. (Цепи Маркова являются эффективным инструментом оценки риска ценных бумаг, в основе которых лежат деривативы [17]). Для выхода из этого кризиса необходимо перейти от индивидуальных продаж будущего времени к коллективным, при которых выгодополучателями являются как индивидуум, так и все общество. Финансовым инструментом таких продаж являются инфраструктурные облигации.

Операции купли–продажи будущего времени обеспечиваются тремя функциями денег: счетной единицей (цена времени заявлена в деньгах); средства обращения (приобретение времени предполагает передачу денег); резервного средства (денежная наличность хранится до будущей транзакции). Деньги – внешний фактор динамики рынка должны быть нейтральными для сохранения гармонии развития. «Это достигается путем введения в логику, исключаящую время, метафизической концепции времени. Деньги нейтральны... в долгосрочной перспективе! Что такое долгосрочная перспектива? Время, по истечении которого деньги становятся

нейтральными» [18]. Теория больших систем показывает, что один и тот же комплекс элементарных воздействий может приводить к множеству возникающих структур. Исследуемая система переходит от одной структурной формы к другой в зависимости от воздействий, затрагивающих её параметры. Т. е. инвариантный комплекс общественных отношений приводит к набору разных денежных форм.

Ценность денег зависит от общего доверия. Если деньги Римской империи представляли собой строго организованную систему, утверждающую власть государства над теми, кто пользуется деньгами, то евро, напротив, определяет общие правила частного торгового пространства. Внушаемое ими доверие – это доверие к деньгам, которые, как всем очевидно, являются долгом. Доверие к тому, что будущее время будет существовать.

В информационных материалах Всемирного банка «Инфраструктура. Удовлетворяя растущие потребности развивающихся стран» (апрель 2009 г.) отмечается, что развитие инфраструктуры является одним из важнейших элементов мер по противодействию нынешнему спаду в мировой экономике, повышению темпов экономического роста, сокращению масштабов бедности, достижению Целей в области развития, провозглашенных в Декларации тысячелетия. В 2008 финансовом году объем кредитования Всемирным банком программ и проектов, связанных с развитием инфраструктуры, составил \$11,7 млрд. Летом 2008 года Советом директоров Всемирного банка был одобрен План мер Группы организаций Всемирного банка по обеспечению устойчивого развития инфраструктуры (SIAP), в рамках которого Группа организаций Всемирного банка реорганизовала свою деятельность по развитию инфраструктуры в целях:

- а) обеспечения устойчивого роста финансовой помощи в условиях сохраняющегося высокого уровня спроса;
- б) усиления интеграции экономической, социальной и экологической составляющих деятельности по развитию инфраструктуры, а также:
- с) обеспечения более эффективного сочетания собственных ресурсов с ресурсами частного сектора, доноров и национальных правительств.

Канадский экономист Л. Макдональд считает, что существует семь причин для инвестирования в инфраструктуру.

1. Во время экономических кризисов правительства увеличивают инвестиции в инфраструктуру для создания условий развития экономики. (Китай принял решение инвестировать в инфраструктуру в ближайшие годы более \$500 млрд).

2. Развивающиеся страны имеют высокий потенциал роста, и фактически им нужно построить новую инфраструктуру для поддержки этого роста в долгосрочной перспективе (например, к 2025 году 350 млн

человек в Китае переедут жить в города, для этого будет необходимо построить примерно двадцать таких городов, как Нью-Йорк, с «нуля»).

3. В развитых странах будет продолжаться старение инфраструктуры и её будет необходимо ремонтировать и модернизировать.

4. Пенсионные фонды и другие институциональные инвесторы все больше инвестиций направляют в инфраструктурные активы.

5. Инвестирование в инфраструктуру является эффективным средством хеджирования от инфляции.

6. Снижение цен на сырьевые товары делает эти инвестиции более прибыльными.

7. Инфраструктурные активы в результате кризиса имеют низкую стоимость и высокий потенциал роста.

Эти семь причин в большей степени относятся к инфраструктуре систем жизнеобеспечения и индустриальной экономики. В постиндустриальной экономике появляется новая инфраструктура, например информационно-финансовая, высоких технологий, включая *NBIC*-конвергенции (по первым буквам областей: *N* – нано; *B* – био; *I* – инфо; *C* – когно), *KIF*-конвергенции (*K* – знание, *I* – информация, *F* – финансы) и т. д. Учет этой тенденции и вышеприведенный анализ показывает, что инфраструктура в первую очередь является важным фактором в конкуренции за глобальную прибыль. На установление оптимальных пропорций в структуре капитала инфраструктуры, устремленного на увеличение темпов роста национального общественного капитала, направлены антикризисные программы США, Китая, Евросоюза и России. Развитие национальной инфраструктуры решает две задачи: с одной стороны – увеличение темпов роста капитала за счет внутренних источников, а с другой стороны – динамика и темпы этого роста являются главным условием, с точки зрения национального капитала, влияния на установление оптимальных пропорций глобальной инфраструктуры. Пропорции в структуре капитала глобальной инфраструктуры явились предметом переговоров лидеров стран G20 на саммите 2 апреля 2009 г. в Лондоне.

Результаты Лондонского саммита G20 определили этапы формирования ядра антикризисной программы.

1. Выявление видов инфраструктуры.

2. Определение оптимальных пропорций структуры капитала для каждого вида инфраструктуры.

3. Ранжирование инфраструктуры с оптимальными пропорциями по их вкладу в динамику и темпы роста национального капитала в конкуренции за глобальную прибыль.

Заключение

Ядро российской антикризисной программы выглядит следующим образом:

1. Информационно-финансовая инфраструктура. Первые этапы создания: увеличение золотого запаса РФ, разработка системы глобальной финансовой разведки, проведение олимпиады в 2014 г. в Сочи и саммита стран АСЕАН в 2012 г. во Владивостоке.

2. Инфраструктура для NBIC и KIF-конвергенций. Первые этапы: создание узлового центра для стран АСЕАН на острове Русский, разработка системы управления сетью и роетом нано-био структур.

3. Трубопроводная инфраструктура. Первые этапы: развитие Южного потока, Северного потока и трубопровода в Китай.

4. Воднотранспортная инфраструктура.

Построенная на основе предлагаемого подхода российская антикризисная программа, с одной стороны, будет являться действенным механизмом управления кризисом, а с другой – стратегией интеграции России в глобальную инфраструктуру на основе развития национального капитала и за счет формирования нового сектора рынка времени коллективных продаж будущего времени генеральной совокупности с известным законом распределения (инфраструктурные облигации).

Список литературы

1. *Стиглиц Дж.* Лидерство ООН // Ведомости, 6 июля 2009, стр. А04.
2. *Аттали Ж.* Мировой экономический кризис ...А что дальше? – СПб.: Питер, 2009. – 176 с.
3. Мировой финансово-экономический кризис и его последствия для развития. Доклад Генерального секретаря ООН // Конференция по вопросу о мировом финансово-экономическом кризисе и его последствиях для развития. – Нью-Йорк, 24–26 июня 2009. – 29 с.
4. *Зайденварг В.Е., Подоляк В.И., Сараев В.Н.* Основы управления кризисами на рынках угля, газа и электроэнергии. – М.: Институт экономических стратегий РАН, 2003. – 192 с.
5. *Нисбет Р.* Прогресс: история идеи. – М.: ИРИСЭН, 2007. – 557 с.
6. *Августин Блаженный.* О граде Божьем. – Минск: Харвест; М.: АСТ, 2000. – 1296 с.
7. *Ле Гофф Ж.* Другое средневековье. – Издательство Уральского университета, 2000. – 328 с.

8. *Канторович Э.* Два тела короля. Очерк политической теологии Средневековья // История ментальностей, историческая антропология. – М., 1996. – 624 с.

9. *Бродель Ф.* Материальная цивилизация, экономика и капитализм, XV-XVIII вв. В 3 томах. Том 1. Структуры повседневности. Возможное и невозможное. – М.: Весь мир, 2007. – 592 с.

10. *Малков С.Ю.* Социальная самоорганизация и исторический процесс: Возможности математического моделирования. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009. – 240 с.

11. *Дарвин Ч.* Происхождение видов путем естественного отбора или сохранение благоприятствуемых пород в борьбе за жизнь. – СПб.: В.И. Губинский, 1909. – 402 с.

12. *Рубцов Б.Б.* Мировой фондовый рынок: объемы и динамика // Портфельный инвестор. – М.: РАГС, 2008. – №2. – С. 114–116.

13. *Князева Е.Н., Курдюмов С.П.* Синергетика. Нелинейность времени и ландшафты коэволюции. – М.: КомКнига, 2007. – 272 с.

14. *Чернавский Д.С.* Синергетика и информация: Динамическая теория информации. – М.: Едиториал УРСС, 2004. – 287 с.

15. *Малинецкий Г.Г., Курдюмов С.П.* Нелинейная динамика и проблемы прогноза // Вестник Российской академии наук, 2001. Том 71. – № 3. – С. 210–232.

16. *Ерешко Ф.И.* Моделирование рефлексивных стратегий в управляемых системах. – М.: ВЦ РАН, 2001. – 47 с.

17. *Crépey S., Jeanblanc M., Zargari B.* CDS with Counterparty Risk in a Markov Chain Copula Model with Joint Defaults. – France, Département de Mathématiques Université d'Évry, Preliminary Version, March 16, 2009. – 30 p.

18. *Аглетта М., Орлеан А.* Деньги между насилием и доверием. – М.: Издательский дом ГУ ВШЭ, 2006. – 365 с.

Анализ альтернативных оптимальных базисных решений в задачах линейного программирования

*Ковалева С.В., Малаева А.С., Латыпов И.М.
(latypov.ilshat@gmail.com), Мартынов А.П.,*

*Уфимский государственный авиационный технический университет,
г. Уфа*

Аннотация

В статье рассматривается формирование множества оптимальных альтернативных решений. Определяются всевозможные базисные оптимальные решения. Предложен метод поиска базисных оптимальных решений на основе использования нулевых оценок небазисных переменных.

Ключевые слова: Инвестиционное управление, альтернативные оптимальные решения.

Содержание статьи

В докладе рассматривается метод поиска альтернативных оптимальных базисных решений и формирования множества базисных решений на примере инвестиционного управления в регионе (в городе, на предприятии и т.д.). В работах [1]—[3] нами рассмотрены некоторые подходы к решению таких задач. В работе [4] также отмечается, что вопросы поиска альтернативных оптимальных базисных решений являются на практике важными.

Пусть задачи управления инвестициями в регионе приведены к задаче линейного программирования (например к задаче транспортного типа). Тогда вычислительный алгоритм рассматриваемого метода состоит из следующих пунктов.

1. Решаем задачу линейного программирования размерности $(m \times n)$, используя симплексный метод, и получим первое оптимальное решение. Если при этом некоторые небазисные переменные-столбцы имеют нулевые двойственные оценки, то, как известно, могут быть альтернативные базисные оптимальные решения. Пусть количество таких переменных равно k .

2. Из системы ограничений с учетом дополнительных переменных выделяем подсистему, содержащую базисные столбцы и небазисные столбцы с нулевой оценкой. В результате получим новую систему ограничений размерности $(m \times (m+k))$. Далее из этой новой системы выделяем невозможные подсистемы порядка $(m \times m)$ с соответствующими переменными.

Количество таких подсистем равно C_{m+k}^k .

3. Количество альтернативных оптимальных решений равно количеству таких подсистем, имеющих неотрицательное решение. При этом могут быть и вырожденные решения, что приводит к уменьшению этого количества. Пусть количество альтернативных базисных оптимальных решений равно l .

4. Множество оптимальных решений формируется с использованием известной теоремы о линейной комбинации различных решений с параметрами:

$$x_{opt.} = \lambda_1 x_{opt.1} + \lambda_2 x_{opt.2} + \dots + \lambda_l x_{opt.l},$$

где $\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_l = 1, \lambda_i \geq 0, i = 1, \dots, l$.

5. Анализ оптимальных решений производится на основе варьирования параметров. Выбор нужного решения зависит от дополнительных критериев.

Список литературы

[1] Мартынов А.П., Салимоненко Е.А. *Линейные модели с взаимозависимыми параметрами и их применение*. — Уфа: Реактив, 1998. — 204 с.

[2] Мартынов А.П., Федорова Н.И. *О методах формирования множества оптимальных решений задач инвестиционного управления региона // Математическое программирование и приложения: XII Всероссийская конференция*. — Екатеринбург: Уро РАН. — № 10, 2003. — С. 184.

[3] Мартынов А.П., Ковалева С.В., Гадилова Ф.Г. *Математическое описание множества оптимальных решений в задачах инвестиционного управления* — Сб. «Принятия решений в условиях неопределенности». — Уфа, УГАТУ, 2009. — С. 189–194.

[4] Таха Х.А. *Введение в исследование операций*. — М: Вильямс, 2005. — 912 с.

Fluidics in control of flight vehicles

Pavel V. Kovrygin (pavel-kovrigin@ya.ru),

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, г. Москва

Abstract

Evolution of variation characteristic of fluidic elements was analyzed. There was given technical information of reliability control fluidic devices based on long field experience:

- in control system of parameters aviation powerplant (gas turbine engine) in such environment as high and low temperatures, pressures and vibrations;
- in flight control system in such environment as perturbation action electromagnetic or nuclear radiation.

New organization method of combined flight control system created on automatic elements of different physical nature is proposed. In this control system the redundant one was realized wholly on fluidics.

Аннотация

В данной статье анализируется развитие различных характеристик струйных элементов. Дана техническая информация о надежности струйных элементов управления, основанная на долгом практическом опыте применения:

- в системах управления параметрами авиационного двигателя (газовой турбины) при высоких и низких значениях температуры, давления и вибрации;
- в системах управления самолетом в условиях электромагнитной или ядерной радиации.

Предложен новый метод построения комбинированной системы управления полетом, созданной на элементах автоматики различной физической природы. В данной системе управления отказоустойчивая часть реализована полностью на струйной технике.

Keywords: fluidics, sensor of angular velocity, backup control channel, flight vehicle, pressure of workspace, air, reliability, hostile environment.

1. Introduction

The control systems (CS) of flight vehicles (FV) have to maintain operability in the real conditions including electromagnetic fields and radiation, lightning discharges, and so on. Reliability of the FV CS is increased if the control hardware is based on diverse sets of elements.

A special place among the automation facilities is occupied by the fluidics. Being a natural continuation of the traditional pneumatics, fluidics improved its

speed by the order of two, reduced the outer dimensions of the control facilities, and expanded the area of their application mostly owing to higher reliability of operation in the extreme conditions. These qualities are due to the execution of the functional tasks of control on the flows of fluid media such as gases or liquids without using the moving mechanical parts and to the possibility of using the printed-circuit board technology to produce the components such as the primary functional elements, communication channels, resistances, capacitors, and so on.

Virtually all electronic elements performing combinational (logic) or multi-step (flip-flops, shift registers, and so on) operations have fluidic counterparts.

Fluidics was very popular in the early 1960's. It was believed that one of its main tasks is the design of slow but reliable computers. This enthusiasm (or delusion from the today standpoint) was characteristic of many experts. A computer replicating the structure of a large electronic computer was constructed in the USA [1]. Similar studies were also carried out in the USSR [2, 3]. Later on the designers and users for various reasons experience disappointment caused by a reduction of the application areas of fluidics. In our opinion, this was due to the, regard for the general laws of operation of systems with many primary fluidic elements and developed interaction chains where faults occurred sometimes.

Leaving aside the "romanticism" of the designers of these days who believed in the possibility of replacing electronics to a large extent, it is possible to specify the following points:

- fluidics can operate in severe environments characterized by high and low temperatures and pressures, vibration, shocks, electromagnetic noise, external radiation, and directed radiations of energy of diverse electrical nature;
- the functional fluidic elements can be manufactured by printing, the devices can be integrated;
- fluidics restores operability after possible overloads in supply and environmental pressures;
- the fluidic systems can be manufactured as a rule from uniform materials such as plastics, glass, metals, and so on, which makes them available for a long time owing to the lack of chemical corrosion, ageing, and deterioration of the physical properties of the components.

The practice of designing the fluidic systems is oriented to their realization in the form of programmable chains, which rules out the software errors.

The fluidic elements and systems feature a number of advantages making them extremely recommendable for use in the FV CS's. The list of already mentioned advantages of fluidics may be augmented by such properties as the lack

of electromechanical and mechanical noise for other on-board equipment and the possibility of using the compressed air from the FV power installations such as the compressor of the gas-turbine engines (GTE) acquiring the information about the control parameters in the form of air pressures and flows. At the same time, it deserves noting that the fluidic elements have a much lower speed as compared with their electronic counterparts. Therefore, the need arises, on the one hand, to explore ways to increase speeds of the fluidic devices up to some feasible limit and, on the other hand, to study the possibility of designing devices executing the tasks of control in the rigid real-time scale.

2. Fluidic elements, modules and aggregates

2.1 The functional characteristics of the primary fluidic elements

The functional characteristics of the primary fluidic elements are most important for high performance of the fluidic control devices. An intensive experimental study of various fluidic elements enables us to select the basic printed primary fluidic elements (profiles) for construction of more sophisticated fluidic devices. The following requirements were satisfied at that. For the active (powered) fluidic elements performing logical operations, the boundaries between the discrete states “0” and “1” were moved more apart by increasing the static stability of “0” and “1” with the use of additional internal (aerodynamic) and external (channel) negative feedbacks with the passage to the positive feedback at the instants of switching from “0” to “1” and *vice versa* [4]. As for the passive fluidic elements (without pressure supply), only the internal aerodynamic feedbacks were used. At that, the aerodynamic noise to the other fluidic elements was reduced, and for the continuous-action fluidic elements the output noise components were reduced [5].

2.2 Modules with standard OR, NOR, AND, NAND, FLIP-FLOP

Modules executing the standard OR, NOR, AND, NAND, FLIP-FLOP and other operations were constructed of the primary fluidic elements [6]. On the standard board, the logic functions are realized, at that, with pressure-normalized and flow-normalized inputs and outputs. Combination of active and passive elements within a module improves their mutual modes of operation and in fact minimizes the aerodynamic input and output noise, which enables one to interconnect the modules into more complicated circuits without mutual updating of their adjustments. As applied to the FV control, such molded-plastic modules are intended for the standby aircraft CS's.

2.3 The aggregate-integral fluidics (AIF)

AIF [7] was developed for control of the aviation GTE's. In it, the fluidic elements were cut out from the stainless metallic plates in the form of the through profiles on the programmed electro-erosion machines and then assembled into aggregates which executed the desired algorithms of control of the engine individual parameters. The AIF was intended for designing high-reliability CS's powered by the on-board air from the GTE compressor at the temperature of 600° C. This was made possible owing to the wide functional nomenclature of the fluidic elements including the discrete and continuous elements and the complex of constructive and technological techniques enabling the integrated execution of the aggregated units and devices. At that, each detail included different inseparable elements integrated into a strong monolithic unit of a particular functional purpose which is stable to shocks, vibration, and oscillations of temperature and pressure. Another distinction of the AIF is its modularity, that is, the possibility of using the same blocks to design other control devices.

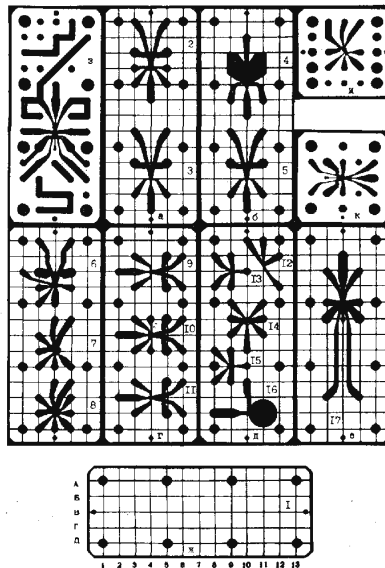


Fig. 1

Standard 96 x 40 or 40 x 40 mm plates (Fig. 1) of thickness 0.6, 0.8, or 1.0 were used to manufacture the fluidic and communication boards, whereas the

spacers were made of 0.5 mm-thick plates. Breadboarding of the individual circuits makes use of the boards with the required set of different elements that are assembled into a packet with spacers clamped between them. The width of the supply channels of the active fluidic elements varied from 0.4 to 0.8 mm depending on their purpose. The modular coordinate grid with 3.5 x 3.5 mm cells simplifies the interlayer conjugations of the element boards and allows one to assemble promptly any circuit by means of the breadboarding connecting boards or plastic tubes and carry out the necessary testing. In the course of circuit refinement, individual functional units consisting of several plates connected into packet are designed and used in turn as blocks for breadboarding and refinement of more complicated systems.

The designed and refined units are individual aggregates having their installation places on the engine.

The fluidic aggregates operate under unstable supply pressure (of 0.5 kPa and higher) and variable environmental pressure.

The AIF has a library of programs developed for automatic cutting of more than twenty primary discrete and analog fluidic elements, as well as various configurations of channels with branchings and turns. Wide selection of the fluidic elements enables one to construct control devices with a minimal number of elements, which is advantageous in terms of flow of the working medium (air), mass, and size of the aggregated devices. Manufacture of the designed element board carrying the fluidic elements and communication channels comes to interfacing the corresponding programs from the library of programs of elements. At integral design of the fluidic devices, one must check the calculations of assemblies because the characteristics of communications cut out on the plate need not coincide with the characteristics of pipes that were used for communication at breadboarding. This is especially true for the aggregates with pulse and frequency signals.

Devices for acquisition of information about the control parameters such as the angular velocity fluidic sensors (AVFS), sensors of pressure ratio, revolutions per minute, flows, temperature, and so on are essential for the fluidic CS's.

2.4 Fluidic sensor of angular velocity

The purpose of AVFS is to generate the feedback signal for control of the FV spatial position. The AVFS was designed for the backup flight control system [8].

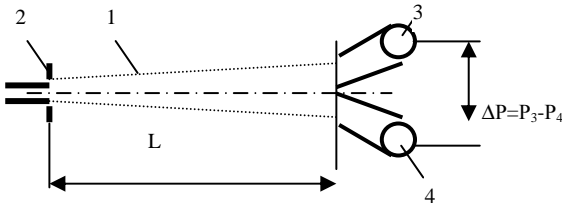


Fig. 2

Figure 2 depicts the diagram of the sensitive elements. Upon leaving the supply nozzle 2, the laminar air jet 1 propagates in the inertial space and comes to two differential reception channels 3 and 4. In the case of no angular velocity, jet 1 is not shifted about the reception channels 3 and 4, and the difference of static pressures Δp in channels 3 and 4 is zero. In the presence of the angular velocity, the free jet is shifted about the axis of pressure receivers. The shift is proportional to the angular velocity and is measured by the difference of pressures Δp in channels 3 and 4.

Figure 3 shows the static characteristic, and Fig. 4, the amplitude-phase-frequency characteristic (APFC) with jet flight length $L = 12$ mm and supply nozzle 2 width 0.8 mm. The angular velocity is measured within the range of $0 \dots 80^\circ/\text{sec}$. Linearity of the static characteristic of the AVFS with ten-stage fluidic amplifier with gain 10^5 on the whole is at least 1%, the phase shift is 10° at the frequency 4 Hz and load in the form of a flowless chamber. At connection of a load in the form of a long pipeline ($d = 2$ mm, $l = 15$ m), the phase characteristics worsen appreciably. The time constant in angular velocity of the entire fluidic channel at that exceeds 100 ms.

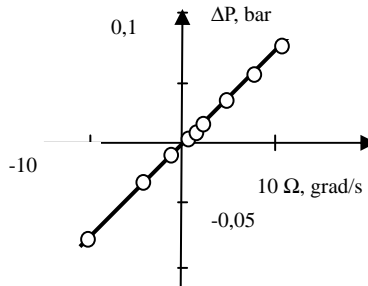


Fig. 3

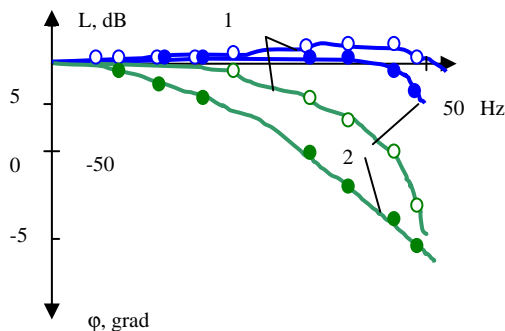


Fig. 4

2.5 Fluidic generator of reference frequency

Any control system needs a storage or generator of the reference parameter such as either the level of signal intensity (pressure, for instance) or the relative distribution of the levels in space (digital code) or time (frequency, period, phase, pulse shape). For the FV operating under different supply and environment pressures, it is difficult to have a constant reference pressure. In this case, the constant (reference) frequency proves to be the most useful parameter. The AIF system includes a reference frequency generator (RFG) with fluidic excitation system retaining its operability under variations of the supply pressure, temperature, and environment pressure and under dynamic overloads. Examination of different schemes and designs of the fluidic RFG's demonstrated that the fluidic mechanical oscillation generator with the pulse scheme of excitation of the balance resonator is the best choice [9].

The pulse scheme of excitation enables one to limit the supply of excessive power to the mechanical generator and thereby reduce the impact of pressure variations on the balance oscillation swing and, consequently, on the frequency of its natural oscillations. The coordinating communications lineup the exciting pulse and the peak of the balance oscillatory velocity. The balance wheel has the form of a planar disk connected to the stationary axis by flexible spokes. At its periphery there are shutters with openings whose edges at oscillations of the balance modulate a flow coming to the input of the excitation circuit. The force pulses from its output are directed by the nozzles to the planar flexible spokes to push the balance at the passage of the neutral position. The RFG is excited by the supply pressure of 20 KPa. Figure 5 shows the frequency f vs. the supply pressure. The error in frequency is 0.12% within the dynamic range of supply pressure variation 1:10.

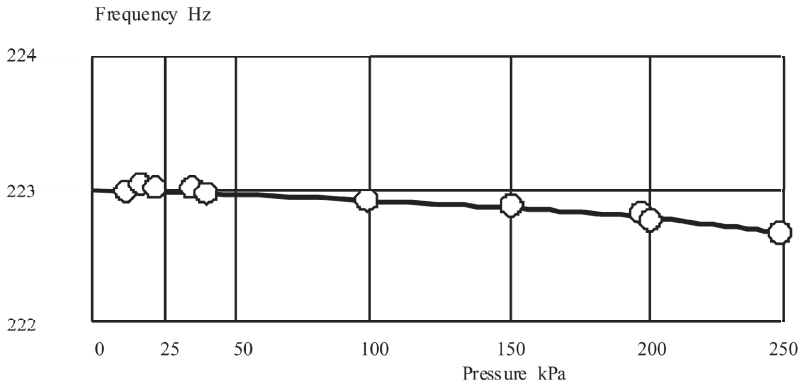


Fig. 5

3. Fluidic FV CS

3.1. Fluidic backup flight control system

The existing maneuverable aircraft use configurations with aerodynamic (static) instability at the subsonic flight modes, which increases the requirements on the reliability of the CS maintaining the given characteristics of aircraft stability and controllability. Reliability of the electrical remote control system (ERCS) is based on the multiple redundantization of the control channels, but even in this case it is not protected against transient failures of the on-board electrical power supply.

It was required to estimate the possibility of designing a fluidic backup for the emergency control of the aircraft longitudinal motion as a solid body using the hydro-mechanical part of the electrohydraulic control actuator (CA) of the ERCS [10].

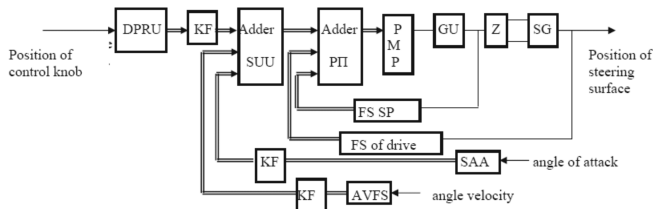


Fig. 6

Figure 6 depicts a block diagram of the working model of the fluidic backup control channel. The system has an input circuit from the control stick to the CA input summing amplifier and a feedback circuit from the attack angle sensors (AAS) and the angular velocity sensors (AVS) of the aircraft with correcting filters (CF), as well as the loop by the position of drive rod and the sliding valve [10].

The pneumatic “nozzle–shutter” transducer having actually no dynamic errors within the control frequency band was selected as the sensor of the linear displacements for measuring the position of the pilot’s control stick, CA rod, and hydraulic control valve.

Air was chosen as the working medium despite its essential disadvantages such as the high compressibility and relatively low sound speed which limit the length of the pipeline connections owing to the requirements on the dynamic characteristics of the fluidic system paths. As compared with the liquid medium, the advantages of the gas medium lie in the availability of the working medium (air), possibility to work at low pressure, small size, mass, and power supply, fire-resistance, virtual insensitivity to overloads, and simplicity of operation.

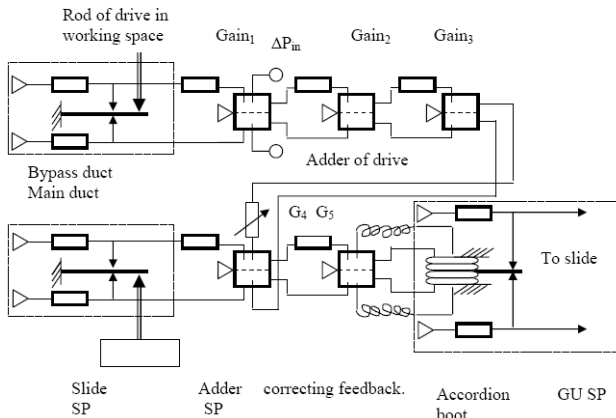


Fig. 7

Figure 7 depicts the block diagram of the fluidic CACS. The issues of conjugation of the fluidic channel with the electric backup channels are not discussed here. The differential signal of the sum of signals from AAS and AVS arrives to the inputs 3 and 7 of the amplifier A_1 .

The routes of the fluidic chain of the control signals from all feedbacks are diagrammed in Fig. 8. The pipelines of 3 and 12 m that are defined by the location of the pilot's control stick and the weathercock AAS are the weak points of the chain. The AVS is located closer to the CA drive because its characteristic is independent of the place of installation.

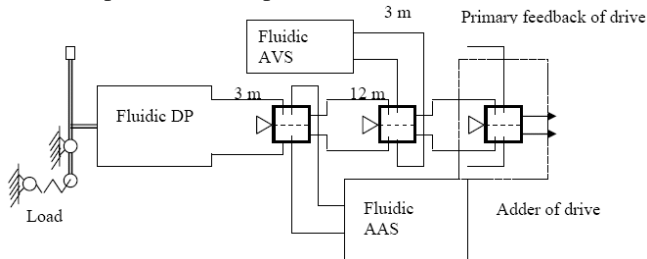


Fig. 8

The CA with fluidic control based on the hydro-mechanical part of the redundant electro-hydraulic CA has a two-chamber power hydraulic cylinder (PHC), throttling hydraulic control valve, and the multichannel autopilot servo controlling the position of the hydraulic control valve slide. The fluidic actuator CS was constructed by substituting in one of the redundant channels the fluidic elements for the electrical ones with retention of its structure. System operability was verified by including the aircraft mathematical model into the closed loop with the physical CS breadboard. The heaviest flight modes were modeled in both the statically stable and statically unstable variants of the aircraft configuration. The basic aim of modeling was to estimate the possibilities of providing stability of the closed-loop system. The system proved to have sufficient stability margins for the channel gains defined for these modes. The experimental system APFC's of the attack angle and the angular velocity were in satisfactory agreement with the calculated data.

For the aircraft with statically unstable configuration, the system stability margins at the lower stability boundary did not differ from the similar characteristics of the ERCS. At the upper stability boundary, we succeeded to improve the system stability margins from 3 to 6 dB in amplitude and from 15° до 50° in phase at the minimal gains in the channels of the attack angle and the angular velocity for the flight modes under consideration by using the integro-differentiating fluidic CF included in the control loop.

The results obtained corroborated the operability of the fluidic control system in some difficult flight modes and supported advisability of working on this basis on the design of a backup channel stable to the environmental action.

3.2. Fluidics in the control of propulsion system

The popular microprocessor technology is usually very sensitive to the extreme conditions, primarily, to high temperatures and vibration, and needs a highly reliable backup. This fact stimulated the quest for new principles of CS design. It seemed difficult to satisfy the entire set of the complicated and contradictory requirements on the FV CS's while remaining at the level of the traditional approaches.

The problem was solved on another physical platform, that of the fluidics. In this case, the system was insensitive to variations of the temperature of the working medium and environment and to high levels of electromagnetic fields and radiation and at the same time ensured fire safety and reduction in mass owing to the lack of power transformers.

The aforementioned AIF system underlies the designs of more than twenty fluidic controllers of various GTE parameters using the air from the GTE compressor at temperature up to 600°C.

The pneumatic CS's enable one to provide the optimal characteristics of the power unit by using nontraditional control parameters characterizing the air flow through the engine such as the ratios of air pressure in different sections of the engine, changes in the relative local velocity, values of the local Mach number, changes in the position of compression shocks, striking angles of air flow on the compressor blades, and so on. In the designs of the fluidic GTE CS's, consideration was given to the problems of control of its individual elements such as the air intake, compressor, reactive nozzle, and fuel flow.

3.3. Controller of turbine rotation frequency

Due to the FV operational conditions, it is difficult to obtain the signal of pressure on the basis of which the desired GTE parameters are generated. The task of maintaining the rotation frequency of the GTE axle belongs to this class.

Figure 9 shows the block diagram of the controller of rotation frequency of the air-turbine [7] supplying power to the on-board users. The controller maintains the given frequency of the turbine (T) by controlling the air supply through the vortex valve (VV). The signals from the RFG and the rotation frequency sensor (RFS) are fed into the inputs of the phase discriminator (PHD), they have identical pulse amplitudes and durations. In this case, there will be no signal at the PHD output. At changes in the turbine load manifesting themselves in the changes of its rotation, the PHD will identify the phase difference between the frequencies of turbine and RFG and send command to modify appropriately the air flow through the BK, that is, to increase/decrease the flow and thereby offset the deviation of the turbine frequency from the reference.

3.4. Air inlet control system

The flight tests of the fluidic CS of the air inlet wedge bar panels were successfully carried out in 1975 [11]. Tests under different weather conditions corroborated its reliability. At that, the optimal characteristics of the power unit were maintained. The relay program-closed schemes of air inlet control were checked in full. Two schemes used the ratio of the static pressure P_{st} on the internal wall of the air inlet channel to the full pressure $\varepsilon = P_{st}/p^*$. In one of these schemes, the pressure ratio signal was generated by means of two flow reduction gears and one static pressure taken off the channel wall with support of the mode $P_{st}/P_{red1} > \varepsilon > P_{st}/P_{red2}$. In the second scheme, the reduced full pressure was compared using the Laval nozzle with two static pressures supporting the mode $P_{st}/p^* < \varepsilon < P_{st2}$. The system was supplied either by the engine compressor or the approach ram air. In the third scheme, control was based on the local Mach velocity in the channel within the dead zone. To retain the anti-surge margins, correction by means of the pneumatic weathercock sensors of the attack angle (AAS) and sideslip, as well as by the signal of air pressure drop after the compressor was used in the system. In all schemes, as soon as the work signals leave the dead zone the logic unit generates a signal to pull the wedge panels in or out subject to the mismatch sign. The flight tests of the fluidic CS were carried out at the Mach velocities from 1.1 to 2.1 within the height range $H = 12 \dots 20$ km in the course of horizontal rectilinear speedup and deceleration, at climb, turns, and sliding with the extreme deviation of pedals, as well as at engine throttling and pickup, in the modes of surge and autorotation. In the course of flight tests, the CS worked faultlessly in all of these modes. Good characteristics demonstrated by the air inlet CS made for further successful use of fluidics in the GTE automation. The passage of the psychological barrier of distrust to such control systems was of no less importance.

3.5. Compressor control system

Controllers of the compressor bypass valve and the input directing apparatus (IDA) were designed for the GTE family to prevent the surge in the engine D-36 of the YAK-42 aircraft [11]. The controller relies on the fluidic sensor of the pressure ratio, gas-dynamic divider, flow reduction gears, fluidic comparison element, fluidic amplifier, and an actuator generating commands to the mechanisms of air bypass from the compressor. The controller has a relay characteristic with hysteresis within $0.1 \dots 0.25$. Its mass is equal to 2.5 Kg.

Such modular fluidic controllers were designed and found wise use for the GTE's of passenger aircraft such as YAK-42, AN-24, AN-74, IL-96, Tu-204, and others. There was not a single claim for replacement during the entire time of their use.

3.6. Control system of the hypersonic athodyd

The problems arising at the design of the CS's of the hypersonic athodyd were caused by the extremely high temperature of the working medium and environment in the slowed down gas (air) flow, jump structure of the gas flow, and strongly varying boundary layer in the combustion chamber (CC). This defined complexity of the task of selecting the control parameters and method of engine control. An experimental small two-mode athodyd was designed [11] for which an astatic fluidic control system of hydrogen flow in the CC and cooling system was selected. This engine was for the first time tested in flight by the hypersonic flying laboratory [12]. The engine gas-dynamic parameters in the form of pressure ratios in the sections of engine channels were used for control of the hydrogen flow. On the whole, the implemented fluidic CS of fuel flow that worked for a short time at a temperature of more than 900° C performed all the necessary functions at four flight starts in all modes along the flight trajectory, including limitation of the CC wall temperature and prevention of surge at thermal CC blocking with repeated engine startup.

4. Promising flight vehicle control system

Tests and practice of using fluidics in FV control, suggest promising principles of designing the backup CS's not only for the FV's. In connection with the advent of sophisticated technological plants, complexity of their CS's grows dramatically, and higher requirements are presented on their survivability under the action of the destabilizing factors (DF). Indeed, any fault of the FV CS's, nuclear power stations, oceanic liners, passenger coaches and trains can lead to unpredictable consequences and catastrophes entailing huge human and economic losses. That is why survivability of the CS's of such plants is so topical. The DF's which can be both natural and artificial (developed intentionally) represent one of the main causes affecting CS stability. In particular, by the external DF's we mean both the natural factors such as lightning discharges, radiation flows from the outer space, electromagnetic fields, and so on, and the artificial factors such as the ionizing, ultrahigh-frequency, and laser radiations, as well as the neutral beams.

4.1. Combined backup FV CS

The redundant electronic high-performance FV CS's support acceptable operability in rigid real time upon occurrence of physical malfunctions (faults and failures) in their individual elements [13]. Since the methods of detecting the design errors in the applied and system software also are well developed for these systems [14], they find wide use as the main FV CS's. However, even the most sophisticated redundant electronic structures [15] cannot protect them against the external DF's that can entirely disable them for some time, which in rigid real time implies inadmissible interrupt of the control and loss of the FV. An additional nonelectric CS channel which is not subjected to DF's must be used to maintain control continuity under external actions.

As was already noted, from this standpoint the fluidic elements are much more preferable to the electronic ones in terms of intensity of their physical malfunctions, which is due to the uniformity of the materials used (metal, plastic, ceramics) and simpler manufacturing technology. The fact that no applied system software is used also is important.

Yet the speed of fluidic elements is much lower as compared with their electronic counterparts. Therefore, they cannot be used to design computing devices rivaling the general-purpose digital computers.

In this connection, on the one hand, it is required to find ways to increase the speed of fluidic elements to some attainable limit, and on the other hand, a possibility appears to design devices other than the general-purpose computers which can perform the tasks of control in real time.

Studies demonstrated that the required speed of the CS elements is about 100 KHz and that the differential analyzer with integrators having programmed arithmetic and speed of 10,000 iterations per second must be used as the dedicated computer.

Qualitative analysis of the specificity of fluidic elements was carried out. It can underlie a sufficiently complicated backup FV CS to execute with an acceptable accuracy during several seconds the programs of control instead of the temporarily failed main electronic channel of the system.

Let us consider an FV CS protected against both its inherent and external DF's [16]. It operates in two modes. In the working mode, the main, electronic CS operates in the control loop, whereas the backup, fluidic one idles, although calculates in parallel the same algorithms as the main system. Expectedly, the backup CS channel has lower accuracy. Therefore, after each basic cycle the main CS channel corrects its backup counterpart.

Consequently, the CS backup channel over small intervals must approach accuracy of the main channel. Upon occurrence of an external DF, the system

switches to the emergency mode and activates the backup channel. Upon cessation of the external DF, computations are resumed in the main channel using the information from the backup one.

The above structure providing the virtually absolute survivability can be realized only upon attaining the desired speed of the fluidic elements and digital integrators of the indicated type.

4.2. Paths to higher speed of the fluidic elements

As was shown in [17], the speed of fluidic elements grows with reduction of their linear dimensions and increase in the velocity of gas flow in the supply channels. Therefore, the main methods for increasing the speed of the fluidic element-based backup CS are as follows:

- miniaturization of the fluidic elements primarily by narrowing the supply channels of the fluidic elements to 0.1 mm and less;
- use along with air of less dense gases such as helium, hydrogen, and helium-hydrogen mix;
- use of the working gases having higher sound wave speeds (the same helium and hydrogen);
- improvement of the manufacturing technology and transition to devices with the degree of integration of up to 15...20 and more elements in the cubic centimeter. Obviously, by using the aforementioned method, one can reach the maximum speed.

4.3. Geometrical dimensions and speed of the fluidic elements

The planar technology is most popular in the manufacture of the fluidic devices. The fluidic elements and functional modules in the form of printed boards with communication channels are assembled into multilayer modules performing the desired control laws.

In these constructions, it is the linear dimension that plays the speed-defining role because the passage of signal through the device circuit depends only on it. Therefore, in what follow we consider only its impact on the speed of fluidic elements.

For the transient motions, the dynamic similarity criterion is expressed by the dimensionless Strouhal number

$$St = VT/L,$$

where V is the gas flow speed; T is the characteristic time (period for the transient periodic processes); and L is the characteristic linear dimension. If the variab-

les V , T , and L take different values denoted below by the subscripts 1, 2, ... n , then for these aerodynamic processes

$$V_1 T_1 / L_1 = \dots = V_n T_n / L_n.$$

If the mean flow speed does not vary (for the fluidic elements this will take place for constant supply pressure), then

$$T_1 / L_1 = \dots = T_n / L_n,$$

$$L_1 / L_2 = \dots = L_n - 1 / L_n.$$

Therefore, the process time is directly proportional to the element's linear size. Hence, reduction in the linear dimensions of the supply channel (flow area) of the fluidic element reduces the flow of working medium proportionally to the square of dimension. The power of the supply flow is reduced by the same factor. This characteristic is extremely important for the FV because it defines the CS size–mass characteristics (SMC).

4.4. Physical properties of the working gas and speed of the fluidic element

The physical characteristics and parameters of the working gas define the gas-dynamic processes in the fluidic elements: the gas supply pressure, pressure in the environment to which the gas is discharged upon passing the fluidic devices, the gas itself with its density and speed of sound wave propagation in it.

Let us consider the impact of these parameters of the working medium on the speed of fluidic elements. We assume for simplicity that the coefficient of working medium flow from the nozzle retains constant value at variations of the supply pressure, working medium density, and absolute environmental pressure.

$$G = \varepsilon f g \sqrt{2 \rho_0 p_0 \frac{k}{k-1} \left[\left(\frac{p_1}{p_0} \right)^{\frac{2}{k}} - \left(\frac{p_1}{p_0} \right)^{\frac{k+1}{k}} \right]}, \quad (1)$$

For the subcritical flow speeds, the air mass obeys the formula:

where s is the flow coefficient, f is the fluidic element nozzle cross-section area, g is the gravitational acceleration, p_0 and p_1 are the absolute gas pressures before and after the supply nozzle, κ is the isentropic index, and ρ_0 is the density of gas before the supply nozzle.

Since the gas density after the supply nozzle follows $\rho_0 = = p_0/gRT$, where R is the gas constant and T is the Kelvin absolute temperature, expression (1) is representable as

$$G = \varepsilon f g \sqrt{\frac{2g}{RT} \frac{k}{k-1} \left[\left(\frac{p_1}{p_0}\right)^{\frac{2}{k}} - \left(\frac{p_1}{p_0}\right)^{\frac{k+1}{k}} \right]}, \quad p = p_0 / 6RT \quad (2)$$

according to which the weight flow of gas through the supply nozzle is for a given absolute gas temperature a function of the absolute pressure at the nozzle input and the ratio of this pressure to the absolute gas pressure after the nozzle (environment). Formula (2) is calculated using the tables of gas-dynamic functions. However, comparative analysis can do without accurate determination of flow; it suffices to determine the qualitative nature of the dependence of speed on the aforementioned parameters within the range of observation of the self-similarity principle of gas-dynamic processes. Therefore, it is possible to use formula (3) which provides results that are close to those obtained through (2) for the entire range of the subcritical flow modes if the gas density is calculated from the pressure p_1

$$G = \varepsilon f g \sqrt{2\rho(p_0 - p_1)} \quad \text{или} \quad G = \varepsilon f g \sqrt{2\rho\Delta p}, \quad (3)$$

where Δp is the difference of pressures before and after the nozzle. Correspondingly, for the volume flow,

$$Q = \varepsilon f g \sqrt{2\Delta p / \rho}. \quad (4)$$

For the same nozzle cross-section and different flow conditions, the relations of the weight flows are representable as

$$G_1/G_2 = \sqrt{\rho_1/\rho_2} \sqrt{\Delta p_1/\Delta p_2}, \quad (5)$$

and those of the volume flows as

$$Q_1/Q_2 = \sqrt{\rho_2/\rho_1} \sqrt{\Delta p_1/\Delta p_2}. \quad (6)$$

For the FV CS's, the most important characteristics of the fluidic elements are speed, weight flow of the working medium, and power consumption. In fact, they define the FV CS SMC.

Let us also consider the dependences of these characteristics on the supply pressure, choice of the working medium, and pressure of the environment into which it is discharged.

For convenience of specifying the nature of these dependences in the fluidic elements, we introduce relative coefficients and compare them with certain coefficients used as the initial ones. The certain values for the active fluidic element having supply channel width 0.4 mm, operating on air with excessive supply pressure 1 kPa at absolute environmental pressure of 100 kPa are used

as the initial values. Under these conditions, the volume flow $Q = 40$ nl/h. At that, the specific weight of air is 1.29 kg/m^3 , and the weight flow is $G = 0.05 \text{ kg/h}$. The power of the element supply is assumed to be approximately 10 mW .

We introduce the following relative coefficients.

The relative speed coefficient Λ_V corresponding to the ratio of the gas flow through the supply nozzle at operation with the chosen working gas and supply pressures of the working medium and environment to the speed of flow through the nozzle under the aforementioned conditions. In the calculations of Λ_V , the ratio of speeds can be replaced by that of the volume flows under the same conditions. The relative coefficients Λ_G and Λ_N define the corresponding ratios of the weight flows and powers to the same initial values, the aforementioned coefficients for these conditions being equal to unity.

The coefficients for the fluidic elements operating with different working media such as air, helium, and hydrogen at different excessive environmental pressures (0.1; 1.0; 10, and 100 kPa) and absolute environmental pressures (100; 10, and 1 kPa) were calculated from (3)—(6) and compiled into a table. In all cases, the flow of working medium was assumed to be subcritical. The calculations assumed that the flow is isothermic and the working media densities are proportional to the absolute environmental pressure.

Table 1. Coefficients of fluidic elements with different working media

Work-space	Overpressure of power supply kPa	Absolute pressure of environment								
		100 kPa			10 kPa			1 kPa		
		λ_V	λ_G	λ_N	λ_V	λ_G	λ_N	λ_V	λ_G	λ_N
Air	0,1	0,32	0,32	0,03	1,0	0,1	0,1	3,2	0,032	0,32
	1,0	1	1	1	3,2	0,32	3,2	10	0,1	10
	10	3,2	3,2	32	10	1	100	-	-	-
	100	10	10	1000	-	-	-	-	-	-
Helium	0,1	0,84	0,12	0,08	2,65	0,038	0,265	8,4	0,012	0,84
	1,0	2,65	0,376	2,65	8,4	0,12	8,4	26,5	0,038	26,5
	10	8,4	1,2	84	26,5	0,38	26,5	-	-	-
Hydrogen	0,1	1,2	0,084	0,12	3,8	0,026	0,38	12,0	0,008	1,2
	1,0	3,76	0,265	3,76	12	0,084	12	37,6	0,026	37,6
	10	12	0,84	120	38	0,265	380	-	-	-

Analysis of the tabulated data suggests the following conclusions.

- Independently of the gas used by the fluidic elements, the density of the working medium is the main factor defining the coefficients Λ_V , Λ_G , and Λ_N for the given excessive supply pressure.

- The speed of the fluidic elements grows dramatically with reduction in the working gas density and absolute environmental pressure. At that, there is an appreciable power gain as compared with that reached only by the increase in the supply pressure.

For example, in order to increase by the factor of three the speed of elements working with air at supply pressure under normal condition, a ten-fold increase in the supply pressure (up to 10 kPa) is required. At that, power consumption is increased by the factor of 30. With helium and the same supply pressure, the speed increases by the factor of 8.4 and power increases by the factor of 30.

With hydrogen, this gain is even more pronounced: the power increases by the factor of 30, the speed, by the factor of 12. Yet, if the absolute environmental pressure is reduced from 100 kPa to 10 kPa, then we get the same increase in speed without any increase in the supply pressure. At that, the power increases only three times, and the weight flow decreases three times. At simultaneous reduction in the absolute pressure with the use of light gases, the speed of fluidic elements may be more than 30 kHz.

The above discussion concerns the fluidic elements with the supply channel width of 0.4 mm. The up-to-date technology allows one to make channels of width 0.1 mm, which increases speed by the factor of four and enables the speed of 100 kHz. Further increase in speed up to 200 kHz is possible by making the supply channels of widths smaller than 0.1 mm and increasing the flow speeds up to 800 and over 1.000 m/sec, respectively, for helium and hydrogen, the speeds of sound being, respectively, 965 and 1284 m/sec.

Importantly, the coefficient Λ_G drops with the passage to the light gases and reduced absolute pressure. The weight flow of gas is reduced as many times as the speed (coefficient Λ_V) increases. This factor is most important for the space FV's because at supply from the gas cylinders the weight charge is reduced at the same volume equivalent.

It also deserves noting that with a great ratio of nozzle pressures (in the case at hand, about 0.5) and a low absolute environmental pressure, the time of signal transmission through the communication channels in the fluidic devices may increase, thus, leading to lower speed. Special studies are required to optimize transmission of the information signals under such conditions.

5. Conclusions

- The backup FV CS's may be implemented with the fluidic elements as special-purpose computers.
- High-speed fluidic-electrical and electrical-fluidic converters with switching frequency of at least 5 kHz are required for fast real-time information exchange between the main and backup CS's.
- Substantial increase in the speed of fluidic devices is concerned primarily with reduction in the linear dimensions of the primary functional fluidic elements and in the absolute environmental pressure (in the cavity of working medium discharge) and with the use of light gases.
- The present level of science and technology enables speed of fluidic element of the order of 200 kHz.

References

1. Glaskin R.S., Jacoby M., Reader T.D. (1965). Joint Automatic Control In: Transactions of Conference Rensselaer Politech. Inst., p. 569—577. Rensselaer
2. Kasimov A.M., Popov A.I. (2002). Redundant system of controlling moving craft, p. 115—126. Knowledge, Anapa.
3. Kasimov A.M., Mamedli E.M., Melnikov L.I., Chernyavskiy L.T. (2000). Questions of realization reserve control system. In: Automation and telemechanics, № 2, p. 172—182. Institute of control sciences, Moscow.
4. Kasimov A.M. (1965). Influence physical properties of operating environment on the transient phenomenon passing. In: Automatic control fluidics, p. 437—454. Science, Moscow.
5. Korotkov F.A., Vanskiy Y.V., Zazulov Y.I., Peisahovich A.I. (1976). System of devices of aggregate-integrated fluidics. In: Transactions of VI international conference “Yablonna”, p. 40—54. Science, Moscow.
6. Mamedli E.M., Samedov R.Y., Sobolev N.A. (1998). Recovering methods of computing process in real-time digital control systems, p. 175. Institute of control sciences, Moscow.
7. Popov A.I. (1988). Fluidic sensor of angular velocity. In: *Devices and control system*, № 5, p. 45—49. Institute of control sciences, Moscow.
8. Stepanov G.P., Kasimov A.M., Belukov A.A., Vologodskiy N.V. (1999). *Fluidics of air-feed jet engine in aeronautical experience*, p. 220—232. Institute of control sciences, Moscow.
9. Stepanov G.P. Shihman Y.M. (1992). Parameters and control system of hypersonic jet engine. In: *Transactions of conference of rocket-space technology*, p. 223—303. Science, Moscow.

10. Vanskiy Y.V., Kasimov A.M. (1976). Fluidic generator stable oscillation. In: *Transactions of V international conference "Yablonna"*, p. 417—503. Science, Moscow.

11. Viktorov V.V. (1976). Noise sources in continuous fluidic elements. In: *Transactions of VI international conference "Yablonna"*, p. 519—523. Science, Moscow.

12. Vaiser I.V., Kasimov A.M. (1975). *Some methods for improving the characteristics of fluidic elements*. p. 324. Science, Moscow.

13. Vaiser I.V., Kasimov A.M. (1975). *System of fluidics modules*. p. 334. Science, Moscow.

14. Zalmanzon L.A. (1965). *Experience in Introducing Pneumonic*. p. 203. Science, Moscow.

15. Zalmanzon L.A. (1965). *Fluidics in automatic control*. p. 526. Science, Moscow.

Перспективы построения виртуальной организации для управления системой АПК на основе применения агентно-ориентированного подхода

Ковтун Н.И. (kovtun-n-i@yandex.ru),

Старооскольский технологический институт (филиал) Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Государственный технологический университет «Московский институт стали и сплавов», г. Старый Оскол

Аннотация

Обозначена одна из основных проблем функционирования агропромышленного комплекса — диспропорция развития различных сфер и отраслей системы АПК. Предлагается межотраслевую интеграцию предприятий сферы АПК проводить на основе построения виртуальной организации с применением мультиагентной технологии взаимодействия интеллектуальных агентов. Описывается концептуальная модель взаимодействия агентов в сфере АПК на основе процессного подхода к управлению.

Ключевые слова: интегративный процесс, мультиагентная система, виртуальное предприятие, сетевая организация, процессный подход.

Abstract

One of the basic problems of functioning of agriculture - a disproportion of development of various spheres and branches of system of agrarian and industrial complex is designated. It is offered to spend interbranch inte-grace of the enterprises of sphere of agrarian and industrial complex on the basis of construction of the virtual organisation with primene-niem мультиагентной technologies of interaction of intellectual agents. It is described kontseptu-alnaja model of interaction of agents in sphere of agrarian and industrial complex on the basis of the process approach to management.

Введение

С начала реформ в аграрном секторе экономики России, осуществившихся в годы рыночных перемен, ситуация в агропромышленном комплексе (АПК) характеризуется кризисными факторами. Отказ от государственной поддержки и регулирования сельского хозяйства, концентрация внимания на вопросах формирования федерального и региональных продовольственных фондов, разрушение регулируемой госу-

дарством системы формирования и использования ресурсного потенциала аграрных формирований привели практически к полной потере управляемости процессами функционирования АПК и резкому падению уровня ресурсообеспеченности сельскохозяйственных предприятий.

Низкая инвестиционная привлекательность сельского хозяйства способствовала перераспределению средств в топливно-энергетический комплекс, машиностроение и сферу услуг, объекты которых приватизировались более быстрыми темпами, чем сельскохозяйственные предприятия, что привело к усилению диспропорций развития сфер и отраслей агропромышленного комплекса.

На сегодняшний день основная проблема АПК Центрально-Чернозёмного региона — несоответствие мощностей отраслей, занимающихся переработкой сельскохозяйственной продукции и доведением её до потребителя, объемам производства сельскохозяйственного сырья, что ведет к большим потерям продукции и в итоге к недополучению прибыли.

Одним из решений данной проблемы выступает экономическая интеграция предприятий сферы АПК — это форма объединения хозяйственной деятельности, которая предполагает органичное соединение и взаимодействие сельского хозяйства с промышленностью, перерабатывающей сельскохозяйственное сырьё, и другими смежными отраслями материального производства с целью повышения эффективности производства и переработки сельскохозяйственной продукции.

Интеграционные процессы в АПК

Применительно к практике агропромышленного производства интеграция сводится к установлению связей и делового сотрудничества между хозяйствующими субъектами различных отраслей АПК, взаимосвязанных технологически, организационно и экономически.

Технологическая составляющая интеграции предполагает объединение всего цикла воспроизводственного процесса — производство, доработку, хранение, переработку и реализацию продукции. Межотраслевые производственные связи проявляются в потоках продукции или отходов производства из одних отраслей в другие и отражают основные моменты процесса воспроизводства.

Для системы АПК характерно отсутствие единого управляющего органа и множественность центров управления, что приводит к децентрализации в системе управления. Управление системой организуется

путем формирования таких локальных условий и правил локального взаимодействия, при которых удовлетворение локальных интересов отдельных объектов (предприятий), составляющих систему, приводило бы к удовлетворению общесистемных целей.

При этом возникает новая функция управления — достижение согласованных действий при управлении объектом при наличии многих управляющих систем (предприятий, входящих в состав АПК) со своими личными локальными интересами.

АПК как сетевая организационная структура объединяет поставщиков, производителей и реализаторов продукции, между которыми устанавливаются долгосрочные стабильные или временные отношения.

В отличие от традиционных предприятий, сетевая организация по своему устройству является открытой, поскольку входящие в ее состав предприятия могут напрямую взаимодействовать с другими организациями, которые также могут интегрироваться в ее структуру или, наоборот, выходить из нее в зависимости от ситуации на рынке [5].

Предприятия, входящие в состав АПК, для эффективного функционирования всей сети должны базироваться на согласованном хозяйственном процессе. Когда в сеть объединяется большое число предприятий, разнесенных географически, им трудно согласовать свои действия без оперативной информации и коммуникаций. Следовательно, для решения информационных проблем сеть должна иметь единую информационную систему, что требует виртуализации системы АПК.

Виртуализация АПК

Создание гибкой структуры управления системой АПК требует нового стиля и методов управления с применением интеллектуальных технологий, основанных на построении мультиагентных систем (МАС). При таком подходе к управлению происходит интеграция ресурсов (материальных, технологических, информационных и организационных) агентов сети (предприятий, входящих в состав АПК) для производства, переработки и реализации сельскохозяйственной продукции в оптимальные сроки и с меньшими затратами; обеспечивается координация территориально-распределенных агентов через сотрудничество, кооперацию предприятий сферы АПК.

Выделяют три основных вида виртуальных предприятий [6]:

— с централизованным типом управления, при котором «агенты» действуют по поручению своих организаций, причем один из «агентов»

управляет процессом: уясняет задачу, выдает задания другим «агентам», обобщает результаты и принимает решение;

— с распределенным типом управления, где знания и ресурсы распределяются между «агентами», но сохраняется общий орган командного управления, принимающий решения в конфликтных ситуациях;

— с децентрализованным типом управления, при котором все управленческие процессы осуществляются только за счет локальных взаимодействий между «агентами».

Задачу управления АПК можно отнести к классу кооперативного распределенного решения задач (КРРЗ) [1, 2]. Речь идет о сети слабо связанных между собой решателей, которые совместно работают в целях решения задач, которые выходят за рамки индивидуальных возможностей каждого предприятия. Различные узлы (агенты) подобной сети, как правило, имеют неодинаковый опыт (знания, точки зрения) и разные ресурсы. Каждый агент (предприятие, входящее в состав АПК) должен быть способен модифицировать свое поведение в зависимости от обстоятельств, а также планировать свои стратегии коммуникации и кооперации с другими агентами.

Актуальность применения МАС в управлении АПК обусловлена сложностью изучаемой системы, которая достигает такого уровня, что централизованное управление становится неэффективным из-за наличия огромных потоков информации, когда слишком много времени тратится на ее передачу в центр и принятие им решений [7], неоднородностью и распределенностью в пространстве и в функциональном плане.

Формирование виртуального предприятия (ВП) из предприятий малого и среднего бизнеса агропромышленной сферы дает синергический эффект, так как каждое из них по отдельности может быть не в состоянии произвести конечный продукт (из-за отсутствия необходимых функциональных возможностей или вследствие дефицита мощностей), но в совокупности на основе координации ресурсов это возможно.

Эффективное управление экономико-социальной системой — это прежде всего комплексное управление, включающее взаимосогласованное управление материальными, финансовыми, людскими и информационными ресурсами. Эту задачу успешно решает процессный подход к управлению, основанный на формализации основных и вспомогательных бизнес-процессов, декомпозиции процессов до операций и позволяющий четко описать взаимодействующие потоки ресурсов и ин-

формации, разграничить функциональные обязанности персонала, разработать оптимальные способы принятия управленческих решений, распределить уровни управления. Управление процессами в ВП АПК связано с рядом особенностей: нестабильная структура системы и связанные с этим требования гибкости управления, многократно повышающаяся степень сложности процессов за счет кооперации различных предприятий, расширение пространства поиска решений вследствие повышающейся степени комплексности процессов, наличие нескольких распределенных источников информации, которые должны быть скоординированы в режиме реального времени.

Концептуальная модель взаимодействия агентов

Наиболее целесообразный способ построения ВП АПК — мультиагентная архитектура, на основе интеллектуальных агентов. Интеллектуальный агент — программная система, обладающая рядом знаний о себе и окружающем мире, поведение которой определяется этими знаниями; имеет возможность принимать воздействия из внешнего мира, определять свою реакцию на это воздействие и осуществлять эту реакцию [4].

Различные классы агентов и методы их взаимодействия рассматривались в работах Т. Джонса, Дж. Форрестера, Т. Гавриловой, В. Хорошевского, В. Городецкого, В. Тарасова и ряда других авторов. Вместе с тем, в этих работах методом взаимодействия агентов в открытых системах уделялось недостаточное внимание, а существующие применения охватывали сферы электронной коммерции, информационного поиска и некоторые другие.

Агенты функционируют в виртуальном мире, представляющем проблему, и взаимодействуют между собой путем посылки сообщений. Как результат переговоров агентов, формируется текущее решение проблемы, которое гибко меняется в соответствии с динамикой среды. Агенты различных типов умеют воспринимать те или иные виды сообщений и генерировать, в соответствии с поставленными перед ними целями и заложенными в них правилами поведения, ответные сообщения.

Агенты должны располагать моделью системы в целом или ее определенной части. Данная модель должна быть коллективной. Каждый агент должен представлять из себя миниатюрную систему с базой знаний, включающей в себя n правил и некоторый набор фактов. Набор небольших баз знаний взамен одной большой значительно упрощает

процесс работы, уменьшает последствия случайных ошибок, сделанных агентами, так как их базы знаний можно по мере необходимости пополнять.

Взаимодействие агентов означает установление двусторонних динамических отношений между агентами. При этом оно является одновременно источником и продуктом некоторой организации. Для определения базовых типов взаимодействия агентов в МАС примем следующие критерии группообразования [3]: а) совместимость целей агентов; б) потребность в чужом опыте (знаниях); в) совместное использование ресурсов.

Минимальный набор базовых характеристик произвольного агента должен включать такие свойства как: а) активность, способность к организации и реализации действий; б) автономность (полуавтономность), относительная независимость от окружающей среды или наличие некоторой «свободы воли», связанное с хорошим ресурсным обеспечением его поведения; в) общительность, вытекающая из необходимости решать свои задачи совместно с другими агентами и обеспечиваемая развитыми протоколами коммуникации; г) целенаправленность, предполагающая наличие собственных источников мотивации.

Наличие у агента механизма целеобразования обеспечивает принципиально новый уровень автономии. Это значит, что он необязательно выполняет распоряжения какого-либо другого агента или пользователя, а просто зависит от условий среды, включая цели и намерения других агентов. В отличие от объекта агент может принять на себя определенные обязательства или, наоборот, отказаться от выполнения некоторой работы, мотивируя это отсутствием компетентности, занятостью другой задачей и т.п. [7]. В то же время агент может выполнять такие действия, как порождение, подавление и замена других агентов, активизация функций (как своих, так и у других агентов), активизация сценария деятельности, запоминание текущего состояния других агентов и пр.

Наиболее эффективным для АПК представляется координируемое сотрудничество, которое означает, что агенты должны согласовать свои действия с помощью специального агента-координатора (управляющего центра), чтобы продуктивно использовать имеющиеся ресурсы. При этом к проблеме распределения задач добавляется проблема координации действий, обусловленная ограниченностью ресурсов.

Многоотраслевой характер производства, присущий большинству сельскохозяйственных предприятий, предполагает, что система АПК может использовать несколько технологических комбинаций, каждая из которых характеризуется фиксированными коэффициентами расхода

ресурсов, а производство может осуществляться при параллельном использовании двух или более технологических процессов, результаты которых, в конечном счете, суммируются. Тогда распределенное решение задачи управления системой АПК несколькими агентами разбивается на следующие этапы:

1) агент-менеджер (центральный орган) проводит декомпозицию исходной проблемы на отдельные задачи; 2) эти задачи распределяются между агентами-исполнителями; 3) каждый агент-исполнитель решает свою задачу, при необходимости также разделяя ее на подзадачи; 4) для получения общего результата производится интеграция частных результатов, соответствующих выделенным задачам.

Заключение

Применение мультиагентных технологий очень перспективно в задачах распределенного управления, планирования, проектирования сложных экономических систем, а также в задачах распределения ресурсов между агентами.

МАС, разработанные и предлагаемые к внедрению в настоящее время, преимущественно ориентированы на применение только в области e-коммерции и поиска в Интернет, не имеют возможностей представления и использования корпоративных знаний, сложны в разработке, не имеют необходимых инструментальных систем, не обеспечивают нужное количество агентов и высокую скорость работы.

Таким образом, построение виртуальной организации из неоднородных и разноресурсных агентов-предприятий системы АПК может обеспечить взаимную компенсацию их недостатков и усиление преимуществ и повысить эффективность управления агропромышленной сферы.

Список литературы

1. Davidow W., Malone M. *The virtual corporation: structuring and revitalizing the corporation for the 21st century*. — N.Y.: Harper Nollins, 1992.

2. Goldman S.L., Nagel R.N., Preiss K. *Agile competitors and virtual organizations: strategies for enriching the customer*. — N.Y.: Van Nostrand Reinhold, 1995.

3. Варшавский В.А., Поспелов Д.А. *Оркестр играет без дирижера. Размышления об эволюции некоторых технических систем и управлении ими.* — М.: Наука, 1984.

4. Гаврилова Т.А., Хорошевский В.Ф. *Базы знаний интеллектуальных систем.* — СПб.: Питер, 2001 — 384 с.: ил.

5. Гольдштейн Г.Я. *Стратегический инновационный менеджмент: тенденции, технологии, практика.* — Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2002

6. Катаев А.В. *Виртуальные предприятия – новая ступень в организации НИОКР // Стратегические аспекты управления НИОКР в условиях глобальной конкуренции: Отчет по НИР № 01.2.00100692.* Таганрог: ТРТУ, 2001.

7. Тарасов В.Б. *От многоагентных систем к интеллектуальным организациям.* — М.: Эдиториал УРСС, 2002.

Эволюция систем управления организацией в связи с изменениями бизнес-среды

*Кондрашова А.А (akondrashova_83@mail.ru), Кузнецов А.И.,
Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, г. Москва*

Аннотация

В работе предложен механизм эволюции систем управления организацией, рассмотрена последовательность смены преобладающих концепций управления, намечен новый подход к построению системы управления производственно-бытовой системы.

Ключевые слова: система управления организацией, экономические системы.

Abstract

Mechanism of development for organisational system of management is proposed, change of management concepts is reviewed and a new approach for organisational system of management is set.

Глобализация рынков, изменчивость покупательских предпочтений, ускорение НТП и сокращение жизненного цикла продукции являются реалиями современного бизнеса. Совместно с усложнением самих компаний (увеличением в размерах, удлинением цепочки поставок) бизнес-среда предъявляет соответствующие требования к структуре и системе управления организациями, заставляя их изменяться и адаптироваться. Это явило к жизни новые теории, методы и приемы организационного развития и построения организаций.

Диалектически верно для определения требований к системе управления предприятием, под которой будем понимать совокупность концепций, целей, методов и средств их достижения, необходимо проследить историю развития (эволюции) систем управления. По мере изменений во внешней среде вырабатывались новые системы управления деятельностью организации в условиях растущей непредсказуемости и сложности окружения, каждая последующая система управления предлагала новые концепции построения, дополняющие предыдущую. Изучая динамику развития систем управления организацией, в определённой степени можно дать ответ на вопрос: что будет завтра. Отсюда следует, что, зная, как развивается бизнес и как меняется его внешняя среда, можно разрабатывать систему управления для будущих условий.

Рассмотрим механизм эволюции систем управления организацией (рис. 1). Изменения во внешней среде предъявляют новые требования к построению бизнеса, для чего теоретиками и практиками разрабатываются новые подходы, концепции построения организационных систем. Некоторые из них успешно приживаются, некоторые обречены на недолгую жизнь — происходит проверка практикой предложенных концепций в конкретных условиях среды. Рост количества эффективных организаций с идентичными концепциями построения ведет к качественному изменению проблемы — изменяются условия внешней или внутренней среды. Тем самым предъявляются новые требования к экономическим системам и процесс продолжается снова — круг замкнулся. Обращаем внимание, что разные организации находятся на разных стадиях эволюции — в современной бизнес-среде можно встретить компании любых чистых и смешанных типов систем управления.

На основании исследований [1, 2] предлагается классификация систем управления организациями (рис. 1). Первое основание классификации — характер «разумности» системы (неразумная система — механистическая модель, система с одним разумом — биологическая модель, мультиразумная — социальная модель), второе — метод научного познания (аналитический подход, системный подход). Таким образом, можно выделить шесть подходов к системам управления, отвечающих различным условиям непредсказуемости, новизны и сложности окружения организации. Последовательное возникновение новых систем управления связано с возникновением новых условий внешней среды (рис. 3), соответственно каждая имеет свои особенности и трудности.

Концепция 1.1. «**Стандартизация рабочих процессов**» является наиболее старой, она соответствует организационным структурам, которые стали формироваться с началом промышленной революции во второй половине 19 века. Наиболее яркими ее создателями и продолжателями являются Тейлор, Форд. Ключевой элемент стратегии заключался в освоении промышленной технологии массового производства продукции. Основой концепции построения организации является механистическое представление структуры: организация представляет собой неразумную систему, так как у нее нет собственной цели. Цель определяет хозяин, она состоит в получении прибыли. Принцип жесткого следования заданному курсу лежит в основе надежности и управляемости системы. Система может работать эффективно в случае, когда окружающая среда остается стабильной или не оказывает на систему значительного воздействия. Повсеместный рост промышленного производства ставит перед организацией

задачу уменьшения себестоимости продукции, которая решается посредством еще большей стандартизации процессов, система управления остается механистической.

Освоение массового производства привело к тому, что внешняя среда стала предъявлять новые задачи: вопрос заключался не в том, как производить, а в том, как продавать. Следующий этап развития привел к началу сегментации отраслевых рынков по признакам потребительских предпочтений — возникла необходимость учета вкусов различных групп потребителей. Одновременно с этим увеличение организации сопровождается снижением продуктивности и эффективности ее системы управления. Настает время концепции 1.2. **«Разнообразие и рост»**. Основным идеологом и первым практиком новой системы считается Альфред Слоун. Данная модель построена на двух концепциях: дивизиональной структуры и метода планирования на основе прогнозирования и подготовки. Принципиально организация разделена на две части — головной офис, определяющий процедуру для создания желаемого результата и контролирующей его достижение, и операционную единицу, реагирующую на команду, поступившую от головного офиса или событий внешней среды. Операционные единицы, не обладающие возможностью выбора, создаются по мере необходимости для производства определенного товара. Дивизиональный подход и прогнозное планирование обеспечили беспрецедентный успех организациям, однако они столкнулись с двумя проблемами: сокращение жизненного цикла товаров и возникновение конфликтов между участниками организации. Сокращение жизненного цикла товаров приводит к необходимости модернизации продукции и пересмотра рынков сбыта, что противоречит системе управления, построенной для предотвращения изменений.

На смену концепции разнообразия и роста были предложены две: 1.3. «Социальная организация» и 2.1. «Оптимизация».

Рост накоплений и материальных благ привел к богатству выбора, а это существенно повлияло на природу социальных условий. Участники организации стали активно участвовать в деятельности компании. Таким образом, появилась новая концепция 1.3. **«Социальная организация»**, воплощением идей которой стали партисипативные структуры, например известнейшая компания Semco Риккардо Семлера. Партисипативные организации или организации, построенные на участии работников в управлении, предоставляют своим членам возможность участвовать в решении вопросов, касающихся их работы. Участие работника в процессе выработ-

ки, принятия тактических решений и их реализации на своем участке работы диктует необходимость отделения технических вопросов, где необходимы знания специалистов, от общеуправленческих. Предполагается, что частичная возможность управлять организацией максимально мотивирует сотрудника, что приводит к заинтересованности в результатах труда. Таким образом обеспечивается постоянное улучшение качества продукции, показателей организации. На практике высокий уровень конфликтности в партисипативных организациях не позволяет им определить задачи и заниматься их воплощением, что приводит к реорганизации или банкротству.

На смену стратегии диверсификации в 60-х годах пришла концепция управления, базирующаяся на получении математически обоснованных результатов, полученных методами исследования операций и поиска оптимальных решений. Разработчиками и идеологами системы управления 2.1. «**Оптимизация**» являются Аккоф, Черчман, Дж. Форресстер, наиболее коммерчески успешными практиками — Роберт Макнамара и его единомышленники в компании «Форд». Представление об организации остается механистическим, подход к рассмотрению организации становится системным. Решения в организации принимаются на основании результатов математического моделирования, например системной динамики Дж. Форрестера. Подобное моделирование предполагает пассивное поведение членов организации и не принимает во внимание последствия их активного выбора. Также зачастую при моделировании проводится локальная оптимизация вместо глобальной.

Непредсказуемость, вызванная быстрыми темпами перемен, подорвала представление о пользе прогнозирования и подготовки, заложенной в концепции оптимизации. Ускорение НТП и быстрое устаревание знаний поставило задачу быстрого внедрения инноваций, что изменило правила конкуренции. В Японии появилась концепция 2.2. «**Бережливость**», главным девизом которой стали гибкость и контроль. Главный инженер компании Toyota Таичи Оно создал модель бережливого производства, применив системное мышление в рамках биологического подхода. Бережливое производство — это логистическая концепция менеджмента. Основной упор при построении системы делается на достижение все больших результатов при все менее затрачиваемых ресурсах, что приводит к требуемым результатам: сокращению затрат времени на внедрение нового продукта, большей дифференциации товаров/рынков, улучшению соотношения цена/качество. В глобальном мире усложнение цепочки поставок за счет специализации (рост количества звеньев) и географической распределенности (рост расстояний между звеньями) бросает бережливому про-

изводству вызов — все чаще и чаще случаются сбои, которые в связи с малыми запасами приводят к сбоям во всей цепочке. Хотя вероятность того или иного события невелика, совокупная вероятность для одного из звеньев цепочки столкнуться с одним из видов воздействия достаточно высока. Происходят не только имеющие незначительные последствия события, но и слабопредсказуемые разрушительные. Таким образом, уязвимость «бережливых» компаний повышена.

Рассмотренные в статье концепции управления организацией являлись эффективными при различных требованиях к экономическим структурам. При смене внутренней и внешней бизнес-среды, правил конкуренции недостатки той или иной структуры превышали достоинства, ранее обеспечивающие эффективность, и разрабатывались новые подходы к системам управления организации. В настоящее время недостатки концепций партисипативного менеджмента и бережливого производства, ускорение изменений во внешней среде, инноваций, приход «информационной» эры (знаний) предъявляет новые требования к экономическим структурам. Встает вопрос не только достижения эффективности, но устойчивости во времени, обеспечивающем достижение поставленных целей при изменениях во внешней среде. Таким образом, необходимо разработать новую концепцию построения системы управления организацией. Результатом станет появление мультиразумной системы, которая объединяет целеустремленные элементы, самостоятельно определяющие, к чему стремиться и какие средства выбрать для осуществления намеченного, а также способна создавать будущее путем интерактивного воздействия на внешнюю среду.

Список литературы

1. Акофф Р.Л. Планирование в больших экономических системах. — М.: Советское радио, 1972. — 224 с.
2. Коротков Э.М. Исследование систем управления: Уч. пособие. — М.: Дека, 2003. — 333 с.

Параметрическая идентификация моделей с использованием распределённых вычислений

Королев А.С. (a.s.korolyov@gmail.com)

Международный институт компьютерных технологий, г. Липецк

Аннотация

Исследование реального объекта может быть невозможно или нецелесообразно. Но возможно создать его математическую модель по серии замеров входных воздействий и реакций объекта на эти воздействия. Построение модели состоит из двух этапов: структурная идентификация (нахождение функции (класса моделей, структуры), определяющей зависимость входных и выходных воздействий; этап полностью зависит от опыта и интуиции исследователя) и параметрическая идентификация (определение параметров выбранной модели). Для нахождения оптимальных значений параметров использован интервальный метод (вещественные числа и операции над ними заменяются интервальными эквивалентами). В статье показан способ распределения алгоритма глобальной оптимизации функционала качества, использующего интервалы, на несколько компьютеров. Проведена серия экспериментов, описаны результаты.

Ключевые слова: Моделирование, параметрическая идентификация, интервальный анализ, распределенные вычисления.

Abstract

Investigation of a real object may be impossible or impractical. But it is possible to create a mathematical model using a series of measurements of input signals and responses of object to them. Construction of the model consists of two steps: structural identification (finding the function (class models, structure), which determines the dependence of input and output impacts; stage depends entirely on experience and intuition of the researcher) and the parametric identification (determination of the parameters of the model). To find the optimal values of the parameters used interval method (real numbers and operations on them are replaced by interval equivalents). The article shows the way to the distribution of global optimization algorithm for the quality functional using intervals on multiple computers. Experiments were made. Results are described.

Введение

Интервалом мы называем замкнутый отрезок вещественной оси, а интервальная неопределенность – это состояние неполного (частичного) знания об интересующей нас величине, когда нам известна лишь ее принадлежность некоторому интервалу, т. е. когда мы можем указать лишь границы возможных значений этой величины (либо пределы ее изменения). Соответственно, интервальный анализ – это отрасль математического знания, исследующая задачи с интервальными неопределенностями и методы

их решения. Основная идея интервального анализа состоит в замене арифметических операций и вещественных функций над вещественными числами интервальными операциями и функциями, преобразующими интервалы, содержащие эти числа [2].

Интервальный анализ и его специфичные методы имеют наивысшую ценность в задачах, где неопределенности и неоднозначности возникают с самого начала и являются неотъемлемой частью постановки задачи. Интервальная идея по своей сути алгоритмична и требует реализации на компьютере. Алгоритм глобальной оптимизации функционала качества, использующий интервальные методы, есть возможность распределить на несколько компьютеров.

1. Интервальная арифметика

Под интервальным числом (интервалом) $[a]$ мы будем понимать вещественный отрезок $[\underline{a}, \bar{a}]$, где $\underline{a} \leq \bar{a}$. При где $\underline{a} = \bar{a} = [a]$ интервальное число будем отождествлять с вещественным числом a . Ширина $[a]$ – это величина:

$$wid([a]) = \bar{a} - \underline{a}$$

середина – полусумма:

$$med([a]) = (\underline{a} + \bar{a}) / 2.$$

Арифметические операции над интервальными числами введем следующим образом [1, 2, 3, 4]:

$$[a] * [b] = \{x * y \mid x \in [a], y \in [b]\},$$

где знак (*) – одна из операций $\{+, -, \cdot, /\}$. Приведем примеры:

$$[a] + [b] = [\underline{a}, \bar{a}] + [\underline{b}, \bar{b}] = [\underline{a} + \underline{b}, \bar{a} + \bar{b}],$$

$$[a] \cdot [b] = [\underline{a}, \bar{a}] \cdot [\underline{b}, \bar{b}] = [\min(\underline{a}\underline{b}, \underline{a}\bar{b}, \bar{a}\underline{b}, \bar{a}\bar{b}), \max(\underline{a}\underline{b}, \underline{a}\bar{b}, \bar{a}\underline{b}, \bar{a}\bar{b})],$$

$$\sqrt{[a]} = [\sqrt{\underline{a}}, \sqrt{\bar{a}}], [a] > 0.$$

Для других операций тоже существуют интервальные эквиваленты.

Важным свойством интервалов является то, что при уменьшении ширины входных интервалов ширина результирующего тоже уменьшится.

2. Алгоритм глобальной оптимизации функционала качества

Методы интервального анализа могут быть эффективно применены к решению задач оптимизации, лежащих в основе параметрической идентификации моделей. Предположим, что выбран некоторый класс

моделей $y = f(x)$; $[a]$, где $[a]$ – вектор параметров, x – входной вектор, y – отклик (выход). Векторы x и y получаются серией замеров в реальном объекте, а вектор $[a]$ нужно найти. Для определения значений параметров необходимо задать функционал качества $Q([a])$ – это величина, отражающая величину ошибки работы модели на вход-выходной таблице данных. Квадратичный функционал качества считается по формуле:

$$Q([a]) = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^k (\tilde{y}_i - y_i)^2$$

где k – количество строк во вход-выходной таблице, \tilde{y}_i – реальное значение y , взятое из вход-выходной таблицы, $y_i = f(x_i; [a])$ – значение выхода y , посчитанное с помощью модели.

Из этой формулы видно, что нас интересует как можно меньшая величина $Q([a])$. Цель идентификации – нахождение значений вектора $[a]$, минимизирующих функционал качества. Если $f(x; [a])$ – нелинейная по параметрам модель, то функционал $Q([a])$ является многоэкстремальным. Для гарантированного нахождения глобального минимума целесообразно применение алгоритмов оптимизации, основанных на методах интервального анализа. Алгоритм глобальной оптимизации [5] выглядит следующим образом:

Вход: вектор интервалов (брус) $[a]$, функция $Q([a])$, точность модели $\varepsilon > 0$.

Выход: глобальный минимум функции Q на брус $[a]$.

Алгоритм

вычисляем $Q([a])$ и присваиваем $y = Q([a])$;

инициализируем список $L = \{([a], y)\}$;

WHILE ($wid(Q([a])) \geq \varepsilon$) DO

 выбираем компоненту k , по которой брус $[a]$ имеет наибольшую длину, т.е. $wid([a_k]) = \max_i wid([a_i])$;

 рассекаем брус $[a]$ по k -той координате пополам на брусы $[a']$ и $[a'']$;

 вычисляем $Q([a'])$, $Q([a''])$ и присваиваем $v' = Q([a'])$, $v'' = Q([a''])$;

 удаляем запись $([a], y)$ из списка L ;

 помещаем записи $([a'], v')$ и $([a''], v'')$ в список L в порядке возрастания второго поля;

 обозначаем первую запись списка через $([a], y)$;

 Тест на среднюю точку:

 удаляем из рабочего списка элементы, удовлетворяющие условию:
(второе поле элемента рабочего списка) $> Q(\text{mid}([a]))$

END DO

y – глобальный минимум функции f на брус $[a]$

При разработке системы на контрольных данных ($f(a_1, a_2, a_3, x) = a_1 + a_2x + a_3 \exp^{-0.3x}$, количество параметров $aCount = 3$, начальный интервал $initInterval = [0, 20]$, точность $\varepsilon = 0.01$) размер рабочего списка достигал 1000 элементов, а после добавления теста на среднюю точку – около 300. Максимальное количество брусков для анализа:

$$\left(\frac{wid(initInterval)}{\varepsilon} \right) aCount.$$

Подставим данные:

$$\left(\frac{wid([0, 20])}{0.01} \right)^3 = \left(\frac{20}{0.01} \right)^3 = 2000^3 = 8 \cdot 10^9.$$

Видно, что приведенный выше алгоритм более выгоден, чем простой перебор.

3. Распределение алгоритма

Клиентские и серверные части связаны посредством Java RMI. Эта технология предоставляет интерфейс для взаимодействия программ Java, находящийся на разных узлах, причем каждый экземпляр программы использует вычислительные мощности своего узла. Система состоит из следующих подсистем:

- парсер формулы – предназначен для разбора формулы, заданной в виде строки;
- распределительная подсистема – формирует основной рабочий список для подсчета и настроечные параметры для вычислительной подсистемы;
- подсистема оптимизации функционала качества – запрашивает часть основного рабочего списка (клиентский рабочий список), данные парсера для подсчета и настройки, выполняет наиболее ресурсоемкие операции.

Центральный узел выдает параметры для вычислений, а также собирает результаты. Алгоритм оптимизации функционала качества осуществляется на всех узлах. С центрального узла убрано большинство ресурсоемких операций.

Приведем алгоритм распределенных вычислений. Работа системы начинается с получения центральной (серверной) частью входных данных. Она выполняет две функции: раздает настройки (функция для вычисления, вход-выходная таблица, рабочий список, максимальная ширина интервала функционала качества) и получает результаты вычислений

(рабочий список). Серверная часть также содержит текущий уникальный идентификатор (ID).

Формирование клиентского рабочего списка заключается в выборе ограниченного количества элементов из основного рабочего списка, не взятых другими клиентами. Элементы основного рабочего списка, отобранные в клиентский список, и весь клиентский рабочий список получают текущее значение ID. После этого ID инкрементируется на единицу. Далее клиент начинает выполнять вычисления по приведенному выше алгоритму, а сервер становится свободным для новых обращений. По окончании вычислений клиент возвращает рабочий список, сервер по клиентскому ID удаляет элементы из основного рабочего списка и затем объединяет эти два рабочих списка с такой же сортировкой, как и для нераспределенной системы. Новые элементы помечаются для исключения повторного использования. Таким образом, происходит синхронизация рабочих списков. После всех вычислений первый элемент основного рабочего списка содержит оптимальное решения.

Суммарное время работы алгоритма идентификации в распределенной среде будет существенно ниже времени работы алгоритма на одном узле.

4. Результаты исследования.

Было проведено 60 экспериментов с изменением количества участвующих в вычислениях компьютеров (1..10), инициализационного интервала $[-10,10]$; $[-20,20]$; $[-30,30]$, количества строк во вход-выходной таблице (50, 100). Функция, используемая при вычислениях: $f(a_1, a_2, a_3, x_1) = a_1 a_3 + a_2 x_1$. Точность вычислений: 0,01. Приведем графики, построенные по результатам экспериментов (рисунки 1 и 2).

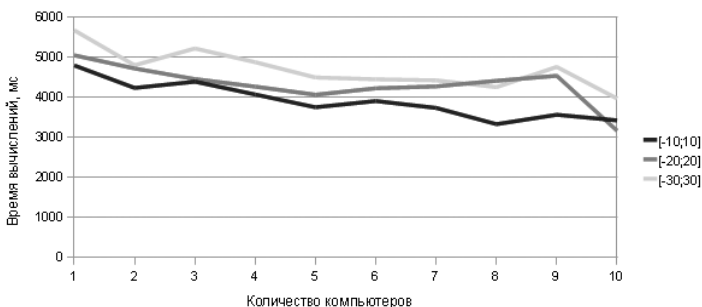


Рис. 1. Результаты экспериментов при размере вход-выходной

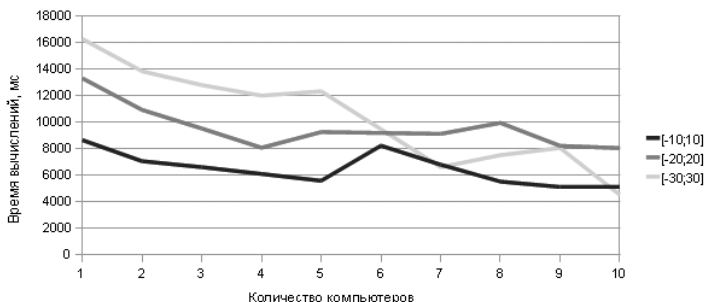


Рис. 2. Результаты экспериментов при размере вход-выходной таблицы 100 строк

На всех графиках просматривается тенденция уменьшения времени вычислений с увеличением компьютеров. Не монотонность графиков может быть связана со следующими причинами:

- на всех компьютерах кроме разработанной системы запущены и другие процессы;
- при проведении экспериментов в локальной сети находились и другие компьютеры, не участвующие в вычислениях;
- невозможно запустить все клиентские части одновременно (человеческий фактор);
- взята простая модель: малое время вычислений и частое использование локальной сети;

Последний пункт я считаю наиболее существенным, т. к. выбор более сложной модели увеличит длительность вычислений, сделает взаимодействие частей системы через локальную сеть более редким.

Заключение

Созданная система представляет особенный интерес при параметрической идентификации сложных математических моделей, т.к. работает в распределённой среде, что повышает эффективность используемого интервального метода оптимизации (что видно по результатам экспериментов). Этот метод позволяет гарантировать нахождение глобального оптимума. Кроме того, система написана на языке Java, известного способностью работы на различных программных и аппаратных платформах. А это сильно повышает универсальность системы.

Благодарности

Работа выполнена при поддержке РФФИ, грант N 09-07-97531.

Список литературы

1. *Алефельд Г., Херибергер Ю.* Введение в интервальные вычисления. – Москва: Мир, 1987.
2. *Добронец Б.С.* Интервальная математика. – Красноярск: Издательство КГУ, 2004. – 216 с.
3. *Жолен Л., Кифер М., Дидри О., Вальтер Э.* Прикладной интервальный анализ. – М.–Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2005. – 468 с.
4. *Шокин Ю.И.* Интервальный анализ. – Новосибирск: Сибирское отделение изд-ва «Наука», 1981.
5. *Moore R.E.* Methods and applications of interval analysis. – Philadelphia: SIAM, 1979.

Теоретическое обоснование содержания и структуры учебного плана третьего поколения образовательных стандартов

*Крафт Л.Н., Шайкин А.С. (vigasu@rambler.ru),
Воронежский государственный архитектурно-строительный университет,
г. Воронеж, Старооскольский технологический институт (филиал)
Федерального государственного образовательного учреждения высшего
профессионального образования «Государственный технологический уни-
верситет «Московский институт стали и сплавов», г. Старый Оскол*

Процесс обучения состоит в переработке и присвоении учебной информации, в ходе которого формируется опыт, социальные и профессиональные знания, тезаурус учащегося, он готовится к плодотворной жизни, становлению членом общества, несущего ответственность и развивающего это общество [1].

Особенности переработки информации в процессе обучения

В процессе обучения источник организации обучения готовит и сообщает учебную информацию, а учащийся (объект обучения) — информацию воспринимает и перерабатывает. Процесс обучения связан с движением информации, ее восприятием, пониманием и присвоением.

Под информацией в широком смысле понимают сведения, которые передаются от одного объекта к другому. Объектами могут быть либо физические устройства, либо люди. Информация в узком смысле — это сведения, которые ранее были неизвестны, но становятся известными субъекту в процессе познания, то есть приняты им, поняты и оценены как полезные, которые стоит понимать, усваивать и хранить для последующего использования.

Одно и то же сообщение по-разному воспринимается разными учащимися (приемниками информации). Это зависит от тезауруса приемника, от состояния которого зависит возможность воспринимать фрагмент информации и дать ему интерпретацию в рамках тезауруса приемника. Семантическая информация возникает в процессе взаимодействия сообщения с тезаурусом приемника. Тезаурус создает систему семантических связей понятий. Каждое понятие тезауруса объясняется через набор других понятий [2].

Тезаурус учащегося — это совокупность сведений, система понятий, семантических единиц, которыми владеет учащийся и которые составляют базу его развития. Точно также можно говорить о тезаурусе сообщения как системы составляющих его понятий, семантических единиц, и тезаурусе учебной дисциплины.

Тезаурус учащегося можно изобразить в виде информационной области на плоскости, в пределах которой располагаются отдельные информационные элементы, которыми владеет учащийся. Точно так же в виде информационной области можно изобразить и тезаурус учебной дисциплины, и тезаурус сообщения (рис. 1, а).

Для восприятия и усвоения информации необходимо, чтобы тезаурусы учащегося и сообщения всегда перекрывались. При этом для успешности обучения (усвоения информации) важна степень перекрытия тезаурусов сообщения и учащегося (рис. 1, б).



Рис. 1. Соотношение тезаурусов сообщения и обучаемого

Если в сообщении (учебной задаче) все известно (область тезауруса сообщения вся лежит в пределах области тезауруса учащегося), то это сообщение для учащегося не содержит никакой полезной или новой информации и не способно улучшить его состояние. Аналогично, если в новой задаче все неизвестно (области тезаурусов сообщения и обучаемого не перекрываются, рис. 1, б), информация, которая может быть извлечена из него учащимся, также окажется равной нулю, хотя сообщение имеет максимальную энтропию. Такое сообщение, хотя и ново и содержит информационные элементы, неизвестные учащемуся и потенциально способные увеличить его тезаурус, но не понимается им, не воспринимается и не может изменить его состояния: информация новой задачи не имеет точек или областей пересечения с ранее сформированной системой знания обучаемого, что не позволяет составить «цепочку переходов от известного к неизвестному» [3].

Реально не воспринимается даже более знакомая информация, имеющая достаточно малую область перекрытия с тезаурусом обучаемого: информация знакома недостаточно для организации процесса ее

осмысливания, так как входящие в нее понятия не могут быть расшифрованы в системе прошлого опыта объекта обучения.

Процесс обучения состоит в предъявлении и выполнении последовательности учебных задач, каждая из которых является управляющим воздействием на объект обучения. Обучение будет эффективно лишь в том случае, если каждая учебная задача вносит изменение в вектор состояния S учащегося, которое может быть оценено как положительное для реализации поставленных целей обучения.

Состояние учащегося в общем случае оценивается множеством параметров, описывающих его физическое, психофизиологическое или эмоциональное состояние, способности к освоению учебной информации и т.д. Нас будут в первую очередь интересовать параметры состояния, оценивающие успешность освоения учебной информации, сформированность профессиональных качеств.

Психофизиологические особенности объекта обучения — это способность воспринимать и понимать информацию, понимать ее смысл и значение, оперировать ею в пределах собственной понятийной системы, включать в нее новые понятия, делать логические посылки, обосновывать и получать выводы из них, оценивать степень их достоверности, планировать и проводить констатирующие эксперименты.

Вектор состояния учащегося, оценивающий его как специалиста, можно сформировать из трех векторов: знаний, умений и навыков:

$$S = \{U, Z, N\}.$$

На изменение вектора состояния оказывает влияние не любое воздействие (учебная задача), а лишь воздействие, превосходящее порог чувствительности, который зависит от большого количества индивидуально значимых факторов. В первую очередь, это общий уровень развития, психофизиологическая система, определяющая степень восприятия эмоциональных раздражителей.

Во-вторых, от общего уровня развития, имеющихся знаний, своего прошлого опыта (тезауруса). Чем больше общий уровень развития, большими знаниями владеет учащийся, тем больше требуется раздражитель, тем выше пороговое значение обучающего воздействия (требуется большая по значению и объему информация, способная оставить след в памяти).

В-третьих, величина порогового раздражителя зависит от степени известности (знакомства) со вновь поступающей информацией. Если вводимая учебная задача (воздействие) в значительной степени известна,

понятна, то на ней внимание не останавливается и она не вызывает значимых изменений состояния. Чем меньше знакома (известна) информация учебной задачи, тем меньшая ее доза привлекает к себе внимание, тем ниже оказывается порог учебного воздействия. Таким образом, нижний порог учебного воздействия связан с энтропией сообщения, количеством информации в нем.

Однако существует и такая величина обучающего воздействия, применение которой не воспринимается (не понимается, не осмысливается и не усваивается) объектом обучения вследствие своей величины: большая доза как бы не помещается в поле внимания обучаемого, не охватывается им. Таким образом, можно говорить о полосе (интервале) эффективного учебного воздействия. Если его минимальное (пороговое) значение определяется его величиной, способной выделиться из окружающей действительности, привлечь внимание, заставить задуматься, то предельное обучающее воздействие определяется способностью памяти поместить его в поле внимания, охватить взглядом и суметь удержать так, чтобы вся информация либо постоянно содержалась в памяти, виделась как непрерывное, единое целое, либо дробилась на такие отрезки (блоки, порции), которые позволяли бы вниманию последовательно, в любом сочетании и с необходимой скоростью перемещаться по ним.

Вначале обучения неизвестна значительная часть информационных элементов каждого нового учебного предмета. Предмет разбивается на учебные задачи, формируемые и располагаемые таким образом, чтобы готовить обучаемого к последовательному восприятию отдельных элементов, понижая тем самым коэффициент новизны и поддерживая энтропию отдельных сообщений на уровне, обеспечивающем возможность и достаточную скорость восприятия информации. Точно так же идет работа с отдельными учебными задачами: предлагаемая задача должна иметь энтропию, достаточную для овладения ею, и при этом не должна быть излишне легка, что может вести к медленному росту тезауруса. Это требует построения плана предъявления учебных задач с учетом информативности элементов, как содержащихся в задаче, так и непосредственно связанных с нею.

Тематическое содержание учебного плана, учебных предметов и тем

Цели обучения определяются потребностями той сферы деятельности, в интересах которой организуется обучение, и ролью (местом) обучаемых в этой сфере. Организация обучения на любом уровне подготовки требует тщательного отбора его содержания для формирования учебного плана и наполнения отдельных учебных дисциплин.

Социальный заказ общества учебному заведению формулируется в виде перечня параметров, которыми должен обладать его выпускник. Так как выпускник предназначен для выполнения определенных должностных обязанностей, то должностная инструкция и является основой для формирования требований, составляющих его квалификационную характеристику. На основании квалификационной характеристики определяется перечень знаний, умений и навыков (профессиональных качеств), которые должны быть сформированы в ходе обучения, их распределение по учебным дисциплинам и наполнение учебных предметов [2].

Отбор учебного материала, формирование учебных заданий, критериев качества их выполнения должно преследовать вполне конкретную цель — выполнение требований социального запроса. Нельзя готовить просто специалиста, необходимо прилагать усилия, затрачивать время для формирования определенных профессиональных качеств (знаний, умений и навыков). Каждое профессиональное качество определяется перечнем определенных действий, выраженных перечнем понятий и степенью владения этими понятиями. В этом смысле квалификационную характеристику можно рассматривать в виде исходной (начальной, черновой) модели обучения специалиста, которая может и должна быть использована для определения содержания обучения.

Преобразование системы профессиональных качеств в систему понятий, расположение отдельных понятий в определенной последовательности, в которой новые понятия органично выводятся и определяются через систему уже освоенных понятий, позволяет формировать тематические блоки, объединять их в предметы (дисциплины).

Это определяет не только перечень специальностей, по которым следует готовить специалистов (а их не должно быть излишне много, что обуславливает и необходимость готовить специалиста не по каждой должностной инструкции (виду деятельности), а объединять их, группируя по родственным признакам, вводя специализации), но и уровень подготовленности в пределах специальности. И если предусмотренные функциональные обязанности может выполнить специалист с меньшим уровнем подготовленности, то и следует предусмотреть требуемую глубину обучения. Однако следует одновременно предусматривать и возможность наиболее простого, экономически оправданного доучивания специалиста нижнего уровня до более высокого уровня исходя из потребностей сферы деятельности и интересов личности.

При формировании учебного плана и содержания учебных курсов требуется отбирать учебную информацию, которая позволит сформиро-

вать удовлетворяющие требованиям квалификационной характеристики профессиональные качества (знания и умения — так называемые специальные знания), и вспомогательные знания, назначение которых — создать необходимый уровень общеобразовательной подготовки, без которой специальные знания не могут быть усвоены. И если специальные знания, их состав и требуемая степень владения ими непосредственно следуют из должностных обязанностей (квалификационной характеристики выпускника), то для определения содержания общеобразовательной подготовки необходимо определить не только то, что требуется знать и уметь для выполнения требований должностных обязанностей, но и объем вспомогательных знаний, без которых не будут поняты и усвоены профессиональные знания и сформированы профессиональные качества.

Изменение функциональных обязанностей специалиста ведет и к изменению его обязанностей, поэтому требуется готовить специалиста более широкого профиля, удовлетворяющего целой группе должностных инструкций в определенной сфере деятельности, или вводить специализацию в пределах базовой специальности. По существующим требованиям, предметы специализации не должны занимать по времени больше 20% ресурса времени базовой специальности.

Содержание обучения зависит также от особенностей контингента учащихся (их начальной подготовки, жизненного опыта и опыта работы). Эффективность обучения в значительной степени определяется тем, как программа обучения отражает интересы обучаемых. В идеале каждый учащийся на каждом занятии должен получать новые знания, в целесообразности которых он чувствует настоятельную потребность.

Таким образом, формирование учебного плана и содержания отдельных дисциплин распадается на два процесса: отбор областей знания (учебных дисциплин) и их содержания как потребность сферы деятельности обучаемых и уточнение содержания учебных дисциплин, выносимых на период обучения, исходя из подготовленности обучаемых и их заинтересованности в результатах обучения.

Первая процедура состоит в предварительном определении из всего возможного перечня предметов тех k из них, которые имеют связь с исследуемой деятельностью, и вклада отдельных дисциплин из этого перечня в профессионализм обучаемых исследуемой категории (определении весовых коэффициентов отдельных дисциплин D_i при условии, что в сумме весовые коэффициенты должны дать единицу):

$$\bigcup_i^k D_i, \quad \sum_i^k D_i = 1.$$

Полученная предметная диаграмма специальности позволяет наглядно представить не только многообразие возможных учебных дисциплин, но и оценить их влияние на формирование профессиональных качеств специалиста. При этом окажется, что отдельные дисциплины имеют весьма важное влияние и им требуется уделять значительное внимание при организации обучения (уделять много учебного времени), другие — имеют менее важное значение, но хотя бы часть предметных сведений этой дисциплины должна быть рассмотрена и освоена учащимся. Эти дисциплины образуют блок предметов специальной подготовки.

Понимание информации, содержащейся в блоке дисциплин специальной подготовки, недоступно для исходного тезауруса учащегося. Это требует включения в учебный план m дисциплин общеобразовательной подготовки, формирующих развитие тезауруса учащихся в направлении будущей профессиональной деятельности, и определение их важности в учебном процессе, что расширяет предметную диаграмму:

$$\bigcup_{k+1}^{k+m} D_i, \quad \sum_{k+1}^{k+m} D_i = 1.$$

Кроме того, в предметную диаграмму необходимо включать и предметы, формирующие гражданскую позицию учащегося, его социальный и общественный статус, и присваивать им определенный индекс важности.

$$\bigcup_{k+m+1}^{k+m+n} D_i, \quad \sum_{k+m+1}^{k+m+n} D_i = 1$$

В результате получается предметная диаграмма, состоящая из трех блоков дисциплин (рис. 2). Скорее всего, этот перечень окажется весьма велик, что потребует его сокращения. Так как все дисциплины, включенные в предметную диаграмму, важны для специалиста, то их сокращение возможно только за счет объединения отдельных дисциплин, индексы которых оказались небольшими. Для этого можно либо формировать новые дисциплины из близкородственных дисциплин, либо включать дисциплины с низким индексом в дисциплины с более высоким индексом как их отдельные разделы.

После определения всех учебных дисциплин, необходимых для формирования специалиста, их объединения необходимо вновь пересчитать индексы важности всех, включенных в предметную диаграмму дисциплин, пронормировав индексы отдельных дисциплин так, чтобы в сумме они давали единицу. Нормирование можно провести либо среди дисциплин каждого блока, либо определить индекс дисциплины среди всех учебных предметов учебного плана.

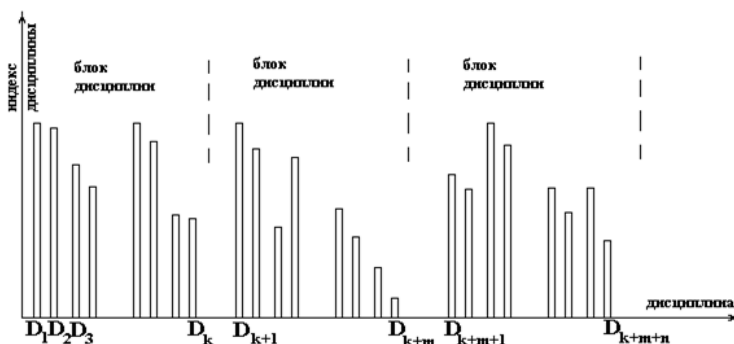


Рис. 2. Предметная диаграмма специальности

Полученные индексы важности отдельных дисциплин позволяют обосновать выделение для их изучения учебное время в рамках бюджета времени на организацию всего цикла обучения. Время на изучение отдельной дисциплины определится пропорционально бюджету времени, выделенному либо на блок дисциплин, либо на весь период обучения.

После определения перечня учебных дисциплин необходимо определить содержание каждой дисциплины. Для этого необходимо определить их тематическое наполнение (как правило, перечень отдельных тем дисциплин уже исторически сложился ранее при их становлении). Однако требуется изучать не саму дисциплину вообще, а ее предметное содержание в части формирования специалиста в определенной сфере деятельности. Это требует разработки тематической диаграммы каждой отдельной дисциплины как перечня тем и их важности для конкретной специальности. Присвоенные каждой отдельной теме весовые коэффициенты позволят обоснованно определить объем времени на изучение отдельной темы и учесть его при определении ее наполнения (определении системы, входящей в состав темы понятий). Количество понятий,

которые можно эффективно рассмотреть (вынести, предложить, изучить) на отдельном учебном занятии, должно совпадать с возможностями учащегося их освоить.

Точно так же можно построить и понятийную диаграмму каждого отдельно занятия. Совокупность понятийных диаграмм отдельных тем составляет понятийную диаграмму предмета, а совокупность понятийных диаграмм отдельных предметов – понятийную диаграмму специальности.

Скорее всего окажется, что совокупность понятийных диаграмм отдельных дисциплин будет содержать повторяющиеся понятия. Более того, можно ожидать, что повторения отдельных понятий будут и в пределах понятийной диаграммы отдельных учебных предметов. Это не должно вызывать ни недоумения, ни недовольства. Учебный текст всегда избыточен, избыточность текста соответствует требованиям и лучшего понимания информации, уяснения ее с разных сторон, особенностей применения, и необходимости повторения информации, что также способствует ее лучшему пониманию и закреплению [4].

Отдельные понятия, входящие в состав нескольких учебных дисциплин, составляют их предметную область. Но в одной дисциплины понятия входят как основополагающие, базовые, исходные, на основе которых строится содержание дисциплины. В другие дисциплины они входят как предмет изучения, имеющий важное значение для формируемого специалиста, на изучение которых требуется затратить достаточно большое время, для чего требуется определить им соответствующее место в системе учебного плана. В третьи дисциплины они должны входить как поясняющие основное содержание дисциплины и носят прикладной характер.

Однако необходимо следить за подчиненностью включения отдельных понятий в содержание и дисциплины, и темы, и отдельного занятия. Каждое последующее обращение к понятию должно иметь меньшую степень ее важности, меньшее внимание, уделяемое ему, меньшее затрачиваемое время. При последующем использовании понятий его индекс должен постепенно уменьшаться.

Системы понятий в пределах отдельной учебной дисциплины группируются в виде последовательности отдельных тем. Так как отдельные понятия входят в разные учебные дисциплины и темы внутри дисциплин, то важно так распределить дисциплины и темы, чтобы новые понятия в процессе обучения последовательно и органично входили в систему уже сформированного знания. Следует напомнить, что при изучении каждого нового понятия необходимо использовать несколько понятий,

ранее освоенных, известных, которые, хотя и включаются в понятийную диаграмму темы, но имеют низкий индекс, что не требует фиксировать на них внимание, а лишь использовать их, опираться на их знание.

Выделение понятий и их группировка в пределах отдельного занятия должно предусматривать необходимую степень перекрытия тезаурусов сообщения и учащегося, что требует добавлять к выделенным понятиям связанные с ними освоенные ранее понятия, через которые могут быть введены в предметный тезаурус учащегося новые, специальные, понятия. Таким образом, система понятий отдельных тем и предметов расширяется за счет рассмотрения вспомогательных понятий, необходимых для объяснения вводимых специальных понятий. Развитие тезауруса обучаемого должно происходить таким образом, чтобы при формировании и предъявлении каждой последующей учебной задачи соблюдалось оптимальное или близкое к оптимальному соотношение между тезаурусом учебной задачи (сообщения) и тезаурусом учащегося (поддерживалась необходимая степень перекрытия тезаурусов).

Параметры измерения содержания учебной информации

Каждая учебная задача образуется некоторым количеством информационных элементов, отражающих отдельные стороны задачи, а в целом определяющих ее содержание. В зависимости от целей задачи и ее понимания, в ней может быть выделено разное количество элементов. Как бы ни выражалась задача, какие бы цели при этом не ставились, можно говорить о действительном количестве элементов, количестве абстрагированных, заложенных в нее элементов, и количестве элементов, выделяемых в процессе изучения, а также о количестве усвоенных элементов. Можно также выделять существенные и несущественные элементы в зависимости от уровня обученности учащихся, целей обучения в целом и учебной задачи в частности [3].

Обычно количество действительных элементов всегда больше количества абстрагированных, выделенных для работы элементов.

При восприятии количество воспринятых элементов не может превышать количества содержащихся в задаче существенных элементов и тем более оно не может превысить действительного количества элементов задачи.

В процессе работы над сообщением отдельные элементы не только понимаются, но и усваиваются, для выполнения задачи может быть привлечена дополнительная информация учебных задач этого же или других источников, что увеличивает количество используемых и усваиваемых элементов.

Каждая отдельная учебная задача, запуская механизм преобразования ее информационного содержания в соответствующие ему отображения, обеспечивает фиксирование или закрепление в памяти отдельных информационных элементов: понятий, знаний, умений.

Перечень или набор таких понятий, знаний, умений Π , формирование которых предусматривается процессом обучения, расположенный в определенной последовательности, образует диапазон (или интервал) обучения. Этот диапазон можно соотносить с разными по длительности временными параметрами процесса обучения: рассматривать его в пределах всего процесса обучения, в пределах обучения отдельной учебной дисциплины, в пределах нескольких занятий или одного занятия или даже в пределах фрагмента одного занятия (одной учебной задачи). Иными словами, диапазон обучения — это совокупность информационных элементов $\{\Pi_i\}$, которые должны быть сформированы и усвоены в пределах рассматриваемого промежутка, связанного с работой над некоторым учебным материалом, некоторого временного интервала обучения.

Степень владения объектом обучения отдельными понятиями можно характеризовать обученностью. Обученность можно выразить набором пар чисел ρ_i , относящихся к отдельным понятиям задачи Π_i , каждое из которых является относительным коэффициентом, который ставится в соответствие понятию:

$$Z = \{\Pi_i / \rho_i\}, \quad 0 < \rho_i < 1.$$

Чем больше ρ_i , тем легче и лучше усваивается понятие Π_i . Наибольшее значение величины $\rho_i = 1$ определяет полное владение понятием. В начале обучения новой дисциплине, когда учащийся с нею еще не знаком, обученность большинству вводимых понятий равна нулю. Однако обязательно должно быть некоторое количество знакомых понятий, что связывает изучаемое с прошлым опытом учащегося. После первичного ознакомления с новой информацией, первичного понимания информации, как правило, обученность возрастает и составляет некоторое исходное значение ($\rho_i = 0,1—0,2$). Эту величину можно в дальнейшем принимать за минимальное значение обученности, с которого начинается более детальное освоение понятия.

Обученность как степень знания отдельных понятий определяется исходным уровнем развития и проведенной работой по овладению учебной информацией. Обученность можно применять либо к отдельным понятиям, либо к группам родственных понятий (понятий отдельной темы).

Характеристикой учебного материала, учебной задачи может служить важность правильного понимания и применения отдельных учебных элементов V . Некоторые учебные элементы требуется понимать и применять однозначно, строго, без искажений, требуется воспроизводить их или определять особенности их применения в определенных условиях достаточно быстро, а что-то можно понимать в контексте с отдельной используемой информацией, иметь о нем более-менее точное понятие, которое может конкретизироваться и уточняться в процессе применения. Какие-то понятия будут окончательно сформированы на последующих занятиях или при практическом применении или даже в практической деятельности, а пока же требуется сформировать о них лишь общее представление. Параметры важности также представляют собой набор поставленных в соответствие пар значений, из которых одно — v_i — характеризует численно значение важности параметра, а другое — Π_i — сам параметр, понятие:

$$V = \{\Pi_i / v_i\}, \quad 0 < v_i < 1.$$

Учебный материал трансформируется в последовательность учебных задач, которые должны содержать рассматриваемые в учебном материале понятия, оформленные с учетом потребностей (целей) обучения, обучаемости объектов обучения и важности рассматриваемых понятий. Это означает, что если объект обучения легко усваивает понятие, то это понятие достаточно обозначить и дать небольшое пояснение. Если же понятие важно и сложно для усвоения, то его необходимо тщательно разъяснять, давать достаточное количество примеров на его понимание, то есть уделять ему большее внимание.

Поэтому диапазоны обучения отдельных учебных задач, учебных занятий и даже отдельных тем и учебных курсов должны перекрываться, использовать одинаковые информационные элементы. Разница же состоит в том, что в одних учебных задачах информационные элементы только вводятся, а в последующих задачах уточняется или расширяется их значение, формируются навыки их использования, производится их сопоставление друг с другом, анализируются их связи и зависимости. Частота (интенсивность) применения отдельных элементов учебных задач должна быть обратно пропорциональна способности учащегося их усваивать и зависит от важности этих понятий для формирования целостного системного знания.

Таким образом, характеристикой учебной задачи может служить степень внимания, которое следует уделять отдельным учебным элементам в ходе работы над ними $W_i = \{a_i\}$. Она может быть определена

как частное от деления важности и обученности по отдельным элементам $\frac{v_i}{\rho_i}$:

$$W = \left\{ \Pi_i / \frac{v_i}{\rho_i} \right\}.$$

Показатель степени внимания может быть как больше единицы, когда важность понятия велика, а его понимаемость мала, так и меньше единицы при невысокой важности понятия и хорошей его понимаемости.

Каждый из рассмотренных показателей можно представить понятийной диаграммой, которые можно назвать соответственно диаграммами учащегося, важности и внимания относительно учебной темы (учебной задачи).

Рассматриваемые параметры можно определить экспертным путем, что даст более точный и надежный результат. Практически же эти параметры сможет достаточно точно указать и преподаватель, организующий обучение, особенно если это касается возможностей учащегося (обучаемости) и результатов его продвижения при овладении учебным материалом. Реально же, формируя последовательность учебных задач, преподаватель неявно учитывает эти параметры как при подготовке к занятию, так и в процессе его проведения, корректируя очередную предлагаемую задачу.

Так как учебное занятие формируется из отдельных учебных задач, то понятийные диаграммы, характеризующие учащегося, учебный материал по всему занятию и занятие в целом получают объединением соответствующих диаграмм по отдельным учебным задачам (темам), составляющим занятие.

Список литературы

1. Беспалько В.П. Основы теории педагогических систем. — Воронеж: ВГУ, 1977.
2. Миллер Дж.А. Магическое число семь плюс или минус два // Инженерная психология. — М.: Прогресс, 1964. — С. 192–225.
3. Молибог А.Г. Программированное обучение. — М.: Высшая школа, 1967.
4. Сохор А.М. Логическая структура учебного материала. — М.: Педагогика, 1974.

Система морфологического анализа

*Кузнецов Л.А., Тищенко А.Д. (dantis@lipetsk.ru),
Липецкий государственный технический университет, г. Липецк*

Аннотация

Задача семантического анализа текста требует предварительного проведения морфологического анализа слов. В данной работе представлены алгоритмы четкой и нечеткой морфологии как часть разрабатываемой системы семантического анализа текстов.

Ключевые слова: четкий морфологический анализ, нечеткий морфологический анализ, гипотеза о характеристиках слова.

Abstract

The semantic analysis text problem needs prior morphology words analysis. In this work clear and fuzzy morphology algorithms as part of a semantic text analysis are presented.

Введение

Задача сравнения двух текстов является актуальной в настоящее время. Даже частичное ее решение позволит серьезно улучшить многие виды информационных систем (педагогические, аналитические, поисковые) и создать принципиально новые виды интерфейсов.

Разрабатываемый на кафедре алгоритм семантического анализа в рамках автоматизированной обучающей системы включает в себя следующие этапы [3].

1. Морфологический (определение грамматических характеристик слов).
2. Синтаксический (определение структуры предложений).
3. Семантический (анализ схожести 2-х текстов).

Подходы к морфологическому анализу

Целью и результатом морфологического анализа является определение морфологических характеристик слова и его основная словоформа.

Существует три принципиальных подхода к морфологическому анализу [1]:

1. Нечеткая морфология — анализ характеристик слов — происходит за счет выделения в слове префиксов и постфиксов.

2. Четкая морфология — при таком подходе данные о словах хранятся в словаре. Вместе с каждой возможной словоформой хранится ее морфологическая характеристика.

3. Статистическая морфология — анализ характеристик слова — основан на употреблении слов с одинаковыми характеристиками на схожих позициях в предложении.

На сегодняшний день существует довольно много систем, реализующих морфологический анализ. Но для разрабатываемой системы они не подходят, так как:

- 1) исходные коды данных разработок закрыты;
- 2) схема работы алгоритмов исходит из анализа одного слова;
- 3) алгоритмы рассматривают неизменный набор морфологических характеристик слов;

Алгоритмы работы морфологического анализатора

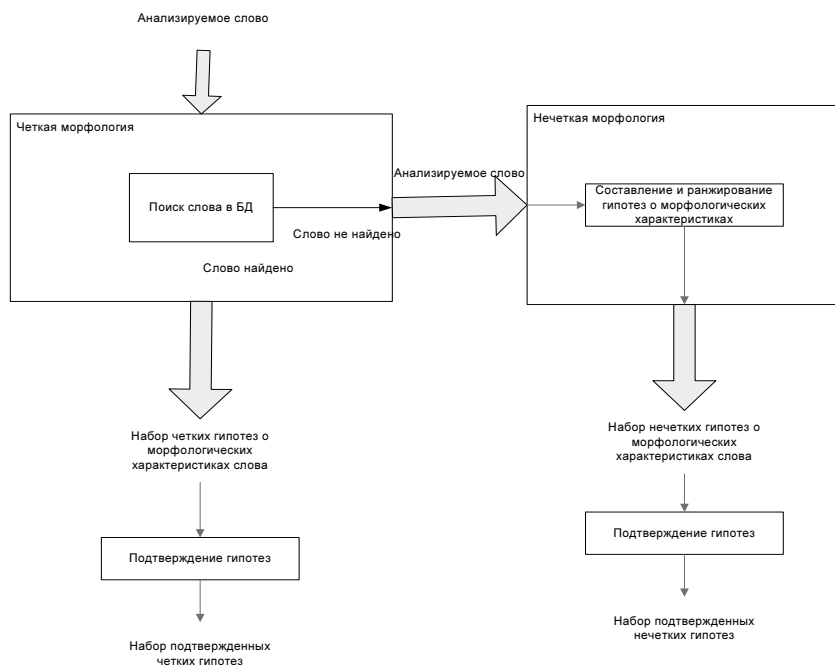


Рис. 1. Общая схема системы морфологического анализа

Морфологический анализатор должен обладать следующими необходимыми элементами:

- 1) возможностью внесения изменений в наборы характеристик слов;
- 2) возможностью прогнозирования возможных характеристик неизвестного слова и выделения наиболее вероятных среди них;

Для создания морфологического анализатора, удовлетворяющего этим требованиям, был выбран подход, при котором реализуются четкий и нечеткий морфоанализ.

Четкий морфологический анализ

Для четкого морфоанализа необходима заполненная база слов с их характеристиками.

Структура разработанной базы:

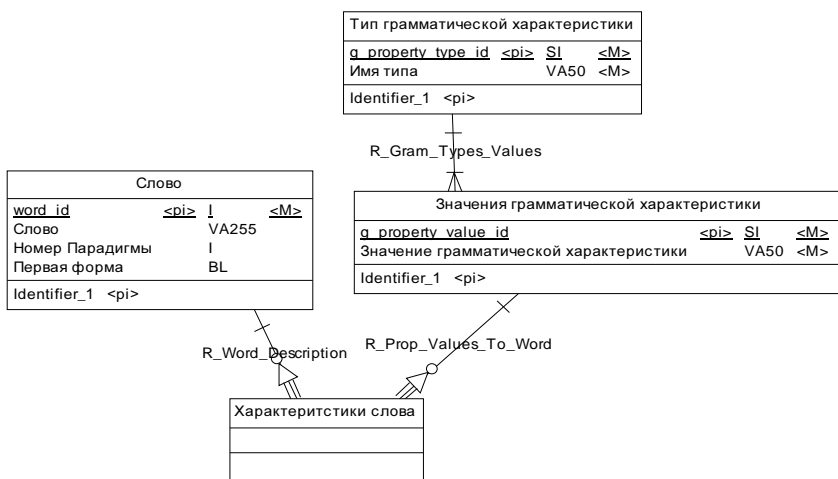


Рис. 2. Концептуальная схема базы данных для четкой морфологии

Эта схема подходит для разрабатываемой системы семантического анализа, так как она позволяет извлекать требуемые морфологические характеристики и позволяет добавить новые типы характеристик.

База была наполнена на основе словаря Зализняка [2] и содержит 2 613 145 слов и их характеристик.

Нечеткий морфологический анализ

Наличие тех или иных префиксов и постфиксов может определять морфологические характеристики слова. Более того, в русском языке морфологические характеристики слова в основном определяются постфиксами. Имея заполненную базу для четкого морфологического анализа, можно выделить слова с постфиксами, совпадающими с окончанием анализируемого слова и, исходя из их характеристик, сделать предположения о характеристиках искомого слова [4].

Такой подход приведет к построению нескольких гипотез о характеристиках слова, с которыми уже сможет работать система синтаксического анализа.

Алгоритм нечеткого морфологического анализа

Алгоритм построения гипотез о морфологических характеристиках слова.

Данный алгоритм можно описать следующими шагами.

1. Получить слово для морфоанализа.
2. Выбрать из БД слова, оканчивающиеся на 2 такие же буквы, что и анализируемое слово.
3. Разделить слова на группы по количеству совпавших букв, на которые оканчиваются слова, с последними буквами анализируемого слова (номером группы является число совпавших букв).
4. Для каждой группы определить возможные наборы морфологических характеристик слов, входящих в них, и частоту встречаемости этих характеристик.
5. Собрать полученные наборы морфологических характеристик в один список, сопоставив каждому набору номер группы и частоту встречаемости.
6. Отсортировать по номеру группы (первичный ключ) и по частоте встречаемости в группе (вторичный ключ). Чем больше номер группы и чем больше частота, тем меньший порядковый номер набора характеристик в списке.

Заключение

В ходе работы над системой морфологического анализа в настоящее время был реализован четкий и нечеткий морфологический анализ, по алгоритмам, описанным выше, и отработана методика проверки гипотез.

Список Литературы

1. Сокирко А.В. Семантические словари в автоматической обработке текста (по материалам системы ДИАЛИНГ) // Диссертация, ФТИПЛ, РГГУ, 2006. — 185 с.

2. Зализняк А.А. Грамматический словарь русского языка: словоизменение. — 3-е изд. — М.: Рус. яз., 1987. — 398 с.

3. Капнин А.В., Тищенко А.Д., Фарафонов А.С., Кузнецов Л.А. Автоматизированная обучающая система кафедры АСУ. Сборник тезисов докладов научной конференции студентов и аспирантов Липецкого государственного технического университета. — Липецк: ЛГТУ, 2008. — 292 с.

4. Ножов И.М. Прикладной морфологический анализ без словаря // КИИ-2000. Труды конференции — М.: Физматлит, 2000. Т.1. — С. 424–429.

Подход к смысловому сравнению ответов обучаемых

*Кузнецов Л.А., Фарафонов А.С. (shade_fai@lipetsk.ru),
Липецкий государственный технический университет, г. Липецк*

Аннотация

В работе предложен возможный подход к смысловому сравнению ответов студентов в рамках Автоматизированной обучающей системы кафедры АСУ ГОУ ВПО «ЛГТУ».

Введение

Традиционной формой получения образования является обучение с преподавателем. С появлением вычислительной техники начал развиваться такой вид программного обеспечения, как системы машинного обучения или автоматизированные обучающие системы (АОС)

На кафедре АСУ ГОУ ВПО «ЛГТУ» ведется разработка собственной АОС, основные аспекты которой освещены в [1-2]. Одной из ключевых особенностей системы является функция проверки и самопроверки знаний студентов на основании смыслового оценивания ответа обучаемого с эталоном.

Задача смыслового оценивания является частью задачи общего анализа текста. Существующие разработки направлены в основном на перевод текстов [3]. В связи с этим разработан собственный подход к решению задачи смыслового оценивания.

Основная часть

Предполагается выделить следующие этапы общего анализа (рис. 1)

- Графематический анализ. Выделение слов, цифровых комплексов, формул и т.д.
- Морфологический анализ. Построение морфологической интерпретации слов входного текста.
- Синтаксический анализ. Построение дерева зависимостей всего предложения.
- Семантический анализ. Построение семантического графа текста.

Цветом выделены те этапы, которые уже реализованы.



Рис. 1. Общая схема анализа текста

Графематический анализ

Графематический анализ — это начальный анализ естественного текста, предоставляющий информацию, необходимую для дальнейшей обработки морфологическим и синтаксическим анализами. В задачу графематического анализа входят:

- 1) разделение входного текста на слова, разделители и т.д.;

- 2) выделение устойчивых оборотов, не имеющих словоизменительных вариантов;
- 3) выделение ФИО (фамилия, имя, отчество), когда имя и отчество написаны инициалами;
- 4) выделение электронных адресов и имен файлов;
- 5) выделение предложений из входного текста;

Морфологический анализ

Морфологический анализ обеспечивает получение всех словоформ слова, постановку слова в заданную форму (например словарную) и получение грамматических характеристик словоформы (рода, числа, падежа и других).

Большая часть слов текста представляет почти неизменный фундамент языка и охватывается, например, словарем Зализняка А.А. Другая, более редкая, но не менее важная составляющая лексикона, постоянно пополняется и в принципе не имеет четко очерченных границ, прежде всего в части имен собственных и словообразовательных вариантов известных слов [4].

При лемматизации для каждого слова входного текста выдается множество морфологических интерпретаций следующего вида:

- лемма (нормализованная, основная форма слова);
- морфологическая часть речи;
- набор общих граммем (которые относятся ко всем словоформам парадигмы слова);
- множество наборов граммем.

Граммема - это элементарный морфологический описатель, относящий словоформу к какому-то морфологическому классу.

Синтаксический анализ

На стадии синтаксического анализа строятся синтаксические связи между словами. После этого на основе синтаксических связей строится дерево синтаксического разбора.

Таким образом, в результате синтаксического разбора получаются:

- список слов, каждому слову сопоставлен текст нормальной формы и набор атрибутов;
- список синтаксических связей между словами предложения;
- дерево синтаксического разбора.

Используемое синтаксическое описание основано на отношениях зависимости между словами (Dependency Theory). Зависимости обозначаются при помощи имен связей, каждое из которых состоит из двух

тегов — один относится к синтаксической роли зависимого слова, а другой — к синтаксической категории главного слова.

Предложено разделить этап синтаксического анализа на этапы анализа синтаксических и лексических трансформаций.

- Синтаксические трансформации:
 - разбиение текста на простые предложения;
 - построение достаточной структуры простого предложения;
 - проверка критериев предложения.
- Лексические трансформации:
 - выделение объектов и действий простых предложений;
 - преобразование простых предложений к нормальной форме.

Подробнее синтаксические и лексические трансформации рассмотрены в [5].

После синтаксического анализа текст представляется в виде следующего графа (рис. 2).

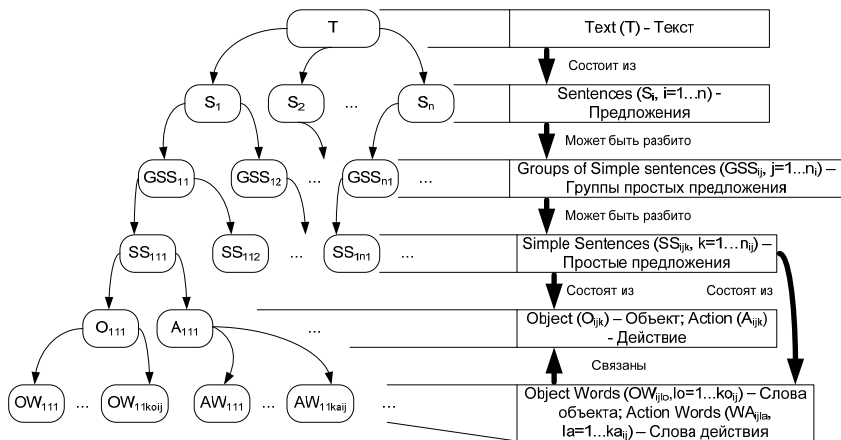


Рис. 2. Представление текста после синтаксического анализа

Семантический анализ

Целью семантического анализа является определение смысла (семантической значимости) текста.

В основе различных способов решения подобных задач лежат методы:

- основанные на построении и использовании семантических сетей;

- основанные на построении и использовании словарей-тезаурусов.

Здесь предлагается использовать словарь-тезаурус WordNet. Под словарем WordNet понимают лексическую базу данных, представляющую собой крупное хранилище лексических единиц с сопоставленным им семантическим значением.

Пример работы алгоритма смыслового сравнения двух предложений.

1. Сравним два предложения:
 - а. «Диапазон можно разбить на несколько более узких частей».
 - б. «Интервал разделим на подынтервалы».
2. После морфологического и синтаксического анализа получим два дерева разбора предложений (рис. 3):

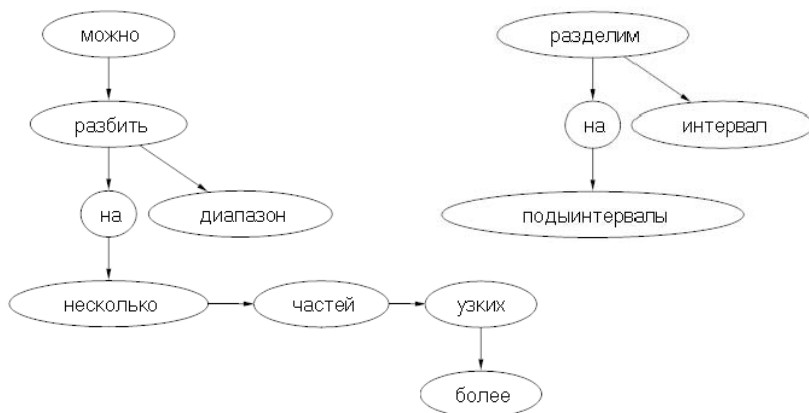


Рис. 3. Деревья синтаксического разбора

3. Зная подлежащее, сказуемое и второстепенные члены, попытаемся их сопоставить:

Член предложения	1-е предложение	2-е предложение
Сказуемое	разбить	разделим
Подлежащее	диапазон	интервал
Второстепенные члены	несколько, частей, более узких,	подынтервал

4. Сравнивая сопоставленные члены предложения с использованием тезауруса русского языка (WordNet), получаем общую оценку схожести предложений.

Заключение

В настоящее время ведется работа над применением данного подхода к анализу ответов студентов. Разработаны процедуры разбиения простого предложения на простые и построения синтаксической структуры простого предложения.

Список литературы

1. Капнин А.В., Тищенко А.Д., Фарафонов А.С., Кузнецов Л.А. Автоматизированная обучающая система кафедры АСУ. Сборник тезисов докладов научной конференции студентов и аспирантов Липецкого государственного технического университета. — Липецк: ЛГТУ, 2008 — 292 с.

2. Кузнецов Л.А, Капнин А.В., Тищенко А.Д., Фарафонов А.С. Проект автоматизированной обучающей системы кафедры АСУ. V Всероссийская школа-семинар молодых ученых «Управление большими системами». Сборник трудов.—Т. 2.— Липецк: ЛГТУ, 2008. — 326 с.

3. Сокирко А.В. Семантические словари в автоматической обработке текста (по материалам системы ДИАЛИНГ) // Диссертация, ФТИПЛ, РГГУ, 2006. — 185 с.

4. Кузнецов Л.А, Тищенко А.Д. Система морфологического анализа. // Сборник тезисов докладов научной конференции студентов и аспирантов Липецкого государственного технического университета. — Липецк: ЛГТУ, 2009 .

5. Кузнецов Л.А., Капнин А.В. Синтаксический анализ — разбиение русского текста на простые предложения. // Сборник тезисов докладов научной конференции студентов и аспирантов Липецкого государственного технического университета. — Липецк: ЛГТУ, 2009.

Моделирование динамики макроэкономического кругооборота с учетом неравновесных условий рынка благ

Макарова Е. А. (ea-makarova@mail.ru),

Павлова А. Н. (pavlova.ugatu@gmail.com),

*Уфимский государственный авиационный технический университет,
г. Уфа*

Аннотация

В статье рассмотрены принципы формирования финансовых потоков секторов макроэкономической системы с учетом механизма ценового регулирования рынка благ. Разработаны динамические модели функционирования рынка благ. Проведены экспериментальные исследования динамики совокупного спроса, совокупного предложения и формирования уровня цен в модели макроэкономического кругооборота финансовых потоков.

Abstract

The article considers principles of financial flows formation by sectors of the macroeconomic system regarding price control mechanism of goods market. Dynamic models of goods market performance were developed. Experimental research of dynamics of aggregate demand, aggregate supply and price level formation in the system of macroeconomic circulation of financial flows were held.

Ключевые слова: макроэкономическая система, уровень цен, совокупный спрос, совокупное предложение.

Введение

В настоящее время в связи с протекающими мировыми кризисными явлениями особенно актуальными становятся исследования динамики воспроизводственных процессов и макроэкономических пропорций [1, 2, 3]. В рамках работ по созданию динамической модели функционирования макроэкономической системы (МЭС) ведется разработка динамической модели рынка благ с целью интеграции ее в существующую модель воспроизводственного процесса МЭС [3, 4]. Важность изучения рынка благ в рамках исследования воспроизводственных процессов МЭС обуславливается формированием уровня цен под воздействием базовых макроэкономических величин совокупного спроса и совокупного предложения. Модель формирования равновесного уровня цен, действующая на рынке благ, является базовой моделью для анализа макроэкономического равновесия. Исследования рынка благ позволяют изучить проблемы общего объема производства, экономической стабильности и роста, а так-

же выявить воздействие экономической политики на ситуацию в национальной экономике.

В работе рассматриваются вопросы разработки динамической модели функционирования МЭС с учетом неравновесных условий рынка благ.

1. Функциональная схема динамической модели функционирования МЭС в неравновесных условиях рынка благ

Функциональная схема (рис. 1) отражает взаимодействие пяти моделей, каждая из которых характеризует деятельность секторов экономики и макроэкономического рынка благ. Взаимосвязь моделей обусловлена наличием потоковых (сплошные линии) и информационных (пунктирные линии) связей.

Модель А1 описывает функционирование реального сектора, который получает ресурсы \dot{R}_Σ в виде выручки от реализации товаров на рынке благ. При этом в качестве товаров рассматриваются как товары конечного потребления, так и инвестиционные товары. Кроме того, дополнительным притоком для реального сектора является темп формирования инвестиций, получаемых от сектора финансовых учреждений. Результатом деятельности реального сектора является выпуск валового внутреннего продукта (ВВП), который и составляет совокупное предложение $\dot{As}(t)$.

Распределение произведенного ВВП осуществляется по формуле $\dot{Y}(t) = \dot{P}g(t) + \dot{R}l(t) + \dot{T}p_1(t)$, где $\dot{P}g(t)$, $\dot{R}l(t)$, $\dot{T}p_1(t)$ — темпы формирования валовой прибыли, оплаты труда и налогов на производство и импорт соответственно, которые вычисляются с помощью коэффициентов k_{pg} , k_{rl} , k_{tp} составляющих в сумме 1. Валовая прибыль $\dot{P}g(t)$ распределяется следующим образом: $\dot{P}g(t) = \dot{P}g_1(t) + \dot{P}g_2(t)$, где $\dot{P}g_1(t)$ и — темпы формирования валовой прибыли, передаваемой домохозяйствами, и нераспределенной валовой прибыли соответственно. Их вычисление ведется с помощью коэффициентов k_{pg1} , k_{pg2} , сумма которых также должна равняться единице.

Модель А2 отражает функционирование сектора домашних хозяйств, которые, учитывая поступающие доходы в виде заработной платы $\dot{R}l(t)$ и части валовой прибыли $\dot{P}g_1(t)$, определяют темпы потребления $\dot{C}(t)$,

сбережений $\dot{S}(t)$ и выплаты налогов $\dot{T}p_2(t)$. При этом функционирование каждого сектора управляется на основе информации о запасах St_i , $i=1,4$. Планирование формирования расходов осуществляется согласно кейнсианской концепции на основе плановых темпов автономного потребления $\dot{C}_a(t)$, автономных сбережений $\dot{S}_a(t)$ и автономных инвестиций $\dot{I}_a(t)$, а также на основе информации о совокупном доходе $\dot{Y}(t)$.

Модель А3 характеризует функционирование сектора финансовых учреждений. Доходы сектора определяются как сбережения $\dot{S}(t)$ домашних хозяйств, на основе имеющихся доходов формируются расходы в виде инвестиций $\dot{I}(t)$, передаваемых реальному сектору.

Модель А4 описывает функционирование сектора государственных учреждений, доходы которого определяются как темпы уплаты налогов реальным сектором $\dot{T}p_1(t)$ и домашними хозяйствами $\dot{T}p_2(t)$. Полученные доходы сектор преобразует в расходы в виде темпов формирования госзакупок $\dot{G}(t)$.

Модель А5 функционирования рынка благ представлена блоками А51 и А52. Модель А51 отражает формирование динамического уровня цен на основе информации о совокупном спросе $\dot{A}d(t)$ и совокупном предложении $\dot{A}s(t)$. Совокупный спрос определяется при этом равенством $\dot{A}d(t) = \dot{C}(t) + \dot{I}(t) + \dot{G}(t) + P\dot{g}_2(t)$, где $\dot{C}(t)$ и $\dot{G}(t)$ — темпы формирования потребления благ населением и государственных закупок соответственно, $\dot{I}(t)$ — темп формирования инвестиций сектором финансовых учреждений, а $\dot{P}g_2(t)$ — темп формирования нераспределенной валовой прибыли. Совокупное предложение формируется реальным сектором.

Модель А52 обеспечивает корректировку расходов секторов, участвующих в формировании компонентов спроса и предложения. Необходимость такой корректировки возникает в результате взаимодействия совокупного спроса $\dot{A}d(t)$ и совокупного предложения $\dot{A}s(t)$ на неравновесных режимах. Подробное описание моделей А51 и А52 представлено далее.

2. Динамическая модель формирования уровня цен

При разработке моделей учитываются следующие положения.

1. Совокупный спрос $\dot{A}d(t)$ и совокупное предложение $\dot{A}s(t)$ по своему содержанию являются потоками денег и благ соответственно и измеряются темпами, что обусловлено принятой концепцией моделирования кругооборота финансовых потоков. При этом вычисляемая в результате взаимодействия спроса и предложения цена является по своей природе информационным регулятором финансовых потоков МЭС. Кроме того, моделируется движение только финансовых потоков, а движение потоков благ, равных по значению и противоположных по направлению движения, не рассматривается.

2. В основу модели формирования уровня цен положена динамическая модель формирования цен П. Самуэльсона. Согласно данной концепции предполагается наличие взаимообусловленного изменения во времени спроса, совокупного предложения и уровня цен.

3. Совокупное предложение $\dot{A}s(t)$ обеспечивается за счет производства продукции реальным сектором. Процесс производства характеризуется темпом формирования ВВП и является выходной координатой модели А1 функционирования реального сектора.

Зависимость совокупного предложения $\dot{A}s(t)$ от уровня цен выражена на следующим образом:

$$(1) \dot{A}s(t) = \dot{A}s^0(t) + k_{asp} P(t) + \Delta \dot{A}s_{np}(t),$$

где k_{asp} — коэффициент, характеризующий зависимость темпа формирования совокупного предложения от изменения цены и определяющий, на сколько процентов увеличится совокупное предложение при увеличении цены на единицу. Отметим, что этот коэффициент характеризует эластичность совокупного предложения относительно уровня цен.

Приведенная зависимость совокупного предложения $\dot{A}s(t)$ от уровня цен $P(t)$ учитывает базовое равновесное значение темпа формирования совокупного предложения $\dot{A}s^0(t)$, а также характер изменения совокупного предложения от уровня цен. Кроме того, выражение (1) отражает влияние неценовых факторов совокупного предложения в виде отклонения своего значения на величину $\Delta \dot{A}s_{np}(t)$. Базовое равновесное значение $\dot{A}s^0(t)$ совокупного предложения вычисляется на основании статического расчета для динамической модели функционирования МЭС в состоянии равнове-

сия. Характер зависимости предложения от уровня цен обусловлен кейнсианской концепцией достаточной жесткости номинальной заработной платы и относительной гибкости цен. Таким образом, кривая $\dot{A}s(t)$ имеет положительный наклон и соответствует промежуточному отрезку между краткосрочным и долгосрочным участками кривой предложения. В качестве неценовых факторов $\Delta\dot{A}s_{np}(t)$, вызывающих отклонения совокупного предложения, выделяют факторы, влияющие в краткосрочном периоде в виде издержек производства, изменения уровня цен на ресурсы, изменения производительности, налогов, субсидий; а также факторы, влияющие в долгосрочном периоде в виде изменения численности населения, рабочей силы, изменения технического перевооружения, институциональных условий (экономического потенциала общества).

4. Совокупный спрос $\dot{A}d(t)$ соответствует совокупным расходам и определяется как сумма темпов потребления населением благ $\dot{C}(t)$, формирования инвестиций $\dot{I}(t)$, формирования государственных расходов $\dot{G}(t)$.

Зависимость совокупного спроса $\dot{A}d(t)$ определяется как:

$$(2) \dot{A}d(t) = \dot{A}d^0(t) - k_{adpc} \dot{C}(t) - k_{adpi} \dot{I}(t) + \Delta\dot{A}d_{np}(t),$$

где $\Delta\dot{A}d_{np}(t) = \Delta\dot{C}_a(t) + \Delta\dot{I}_a(t) + \Delta\dot{G}(t)$; k_{adpc} , k_{adpi} — коэффициенты, характеризующие зависимость темпов формирования потребления и инвестиций соответственно от изменения цены и определяющие, на сколько процентов увеличится компонента совокупного спроса при увеличении цены на единицу. Отметим, что эти коэффициенты характеризуют эластичности этих компонент совокупного спроса относительно уровня цен.

Выражение (2), отражающее зависимость совокупного спроса от уровня цен $P(t)$, учитывает базовое равновесное значение темпа формирования совокупного спроса $\dot{A}d^0(t)$, характер изменения совокупного спроса от уровня цен, а также неценовые факторы в виде отклонения $\Delta\dot{A}d_{np}(t)$.

Базовое равновесное значение $\dot{A}d^0(t)$ совокупного предложения вычисляется также на основе статического расчета для динамической модели функционирования МЭС. Зависимость совокупного спроса от уровня цен является обратно пропорциональной, причем реакция различных компонент спроса отличается друг от друга. Потребительский спрос при изменении уровня цен изменяется достаточно медленно, инвестиционные же расходы фирм являются более динамичными. Следовательно, перечис-

ленные компоненты совокупного спроса характеризуются различными эластичностями по цене, что требует введения в модели для каждого из них своего коэффициента эластичности. Кроме того, корректировка государственных расходов $\dot{G}(t)$, входящих в состав совокупного спроса, реализуется в автоматизированном режиме при принятии решений по реализации фискальной политики. В качестве неценовых факторов спроса выделяют факторы, определяющие изменения потребительского спроса $\Delta\dot{C}_a(t)$, изменения инвестиционного спроса $\Delta\dot{I}_a(t)$, изменения спроса со стороны государства $\Delta\dot{G}(t)$. К факторам, влияющим на потребительский спрос, относят благосостояние потребителей, налогообложение, задолженность по потребительскому кредиту, потребительские ожидания. Среди факторов, определяющих изменения инвестиционного спроса выделяют колебания процентной ставки, налогообложение, ожидания. Изменения спроса со стороны государства связаны с внешней и внутренней политикой.

5. Динамика изменения уровня цен зависит от соотношения совокупного спроса и совокупного предложения на рынке благ и выражена с помощью функции П. Самуэльсона: $\frac{dP}{dt} = k_p (\dot{A}d(t) - \dot{A}s(t))$, где k_p — коэффициент, определяющий динамические свойства уровня цен [1].

Механизм встраивания модели формирования уровня цен в модель функционирования МЭС можно представить следующим образом. Во-первых, работа модели формирования уровня цен требует корректировки предложения. Корректировка совокупного предложения реализуется аддитивным способом и представляется в динамической модели А1 функционирования реального сектора в виде сумматора. На основании формулы (1) осуществляется корректировка базового равновесного значения предложения $\dot{A}s^0(t)$ на основе информации как о ценовых, так и неценовых факторах совокупного предложения. Ценовая корректировка предложения осуществляется в автоматическом режиме, а корректировка, связанная с учетом неценовых детерминант, — в автоматизированном режиме путем задания пользователем внешних воздействий.

Во-вторых, обеспечивается корректировка спроса. Корректировка совокупного спроса также реализуется аддитивным способом и представляется в динамических моделях А1 функционирования реального сектора, А2 функционирования сектора домохозяйств и А4 функционирования сектора государственных учреждений в виде сумматоров.

При этом отклонение $\Delta \dot{A}d_{np}(t)$ по неценовым детерминантам выражения (2) учитывается при формировании всех компонентов совокупного спроса в виде внешнего воздействия. Ценовая корректировка спроса осуществляется в автоматическом режиме и реализована для темпов формирования потребления населения $\dot{C}(t)$ и инвестиций $\dot{I}(t)$. Корректировка государственных расходов $\dot{G}(t)$, входящих в состав совокупного спроса, реализуется в автоматизированном режиме при принятии решений по реализации фискальной политики.

3. Динамическая модель корректировки расходов секторов

Разработка этой модели обусловлена влиянием неравновесных режимов функционирования МЭС в условиях рынка на изменение запасов секторов. Модель обеспечивает корректность расчета изменяющихся во времени запасов в ситуациях неравенства совокупного спроса и совокупного предложения.

В ситуациях, когда текущее значение совокупного спроса ниже совокупного предложения, то есть $\dot{A}d(t) < \dot{A}s(t)$, то реализуется только часть предложенной продукции, равная спросу. Оставшаяся часть приобретает форму товарно-материальных запасов и не должна быть вычтена из запасов реального сектора; вычитается только реализованная часть совокупного предложения. В ситуациях, когда совокупный спрос превышает совокупное предложение $\dot{A}d(t) > \dot{A}s(t)$, удовлетворяется только часть предъявленного спроса. Именно эта часть финансовых средств и должна вычитаться из запасов секторов — предъявителей спроса; часть, соответствующая неудовлетворенному спросу, не должна расходоваться, то есть не должна вычитаться из запасов.

Реализация рассмотренных условий корректировки расходов секторов осуществляется на основе алгоритма расчета коэффициентов k_{as} корректировки совокупного предложения и k_{ad} корректировки совокупного спроса. Расчет коэффициентов корректировки предусматривает определение минимального темпа потока, соответствующего величине темпа изменения либо совокупного спроса, либо совокупного предложения. Коэффициент корректировки совокупного спроса вычисляется как разни-

ца между минимальным значением, соответствующим значению совокупного предложения, и темпом формирования госзакупок, деленная на разницу между темпом совокупного спроса и темпом формирования госзакупок. Коэффициент корректировки совокупного предложения вычисляется как минимальное значение, соответствующее значению совокупного спроса, деленное на темп формирования совокупного предложения.

Корректировка темпов потоков расходов секторов, участвующих в формировании совокупного спроса и совокупного предложения, реализуется в моделях функционирования соответствующих секторов. Корректировка осуществляется мультипликативным способом; подвергаются корректировке фактические темпы формирования расходов секторов.

4. Экспериментальные исследования динамики формирования уровня цен в МЭС

На основе предложенных моделей функционирования МЭС в неравновесных условиях рынка благ проведены экспериментальные исследования динамики процессов функционирования МЭС в неравновесных условиях рынка благ.

На рисунках 2 и 3 приведены результаты экспериментальных исследований по трем сценариям. Сценарий 1 является неуправляемым и предполагает подачу возмущений в момент времени $t = 35$ в виде снижения темпов формирования автономного потребления $\Delta \dot{C}_a(t) = -1$ и повышения темпов формирования автономного сбережения $\Delta \dot{S}_a(t) = 0,5$. Эти возмущения создают неравновесную ситуацию с положительным салдо потоков $\dot{F}l_2(t) > 0$ для сектора домохозяйств. Отметим, что за единицу времени моделирования принят месяц. Период моделирования принимается равным 90 месяцам. Установлены следующие начальные значения плановых темпов расхода ресурсов, для формирования предложения $\dot{A}S^0(t) = 10$; формирования автономного потребления $\dot{C}_a^0(t) = 2$; для автономного сбережения $\dot{S}_a(t) = 1,5$; для автономных инвестиций $\dot{I}_a^0(t) = 0,5$; для формирования госзакупок $\dot{G}^0(t) = 3$. При распределении ВВП приняты следующие значения коэффициентов формирования: оплаты труда $k_{rl} = 0,4$, валовой прибыли $k_{pg} = 0,4$; налогов $k_t = 0,2$.

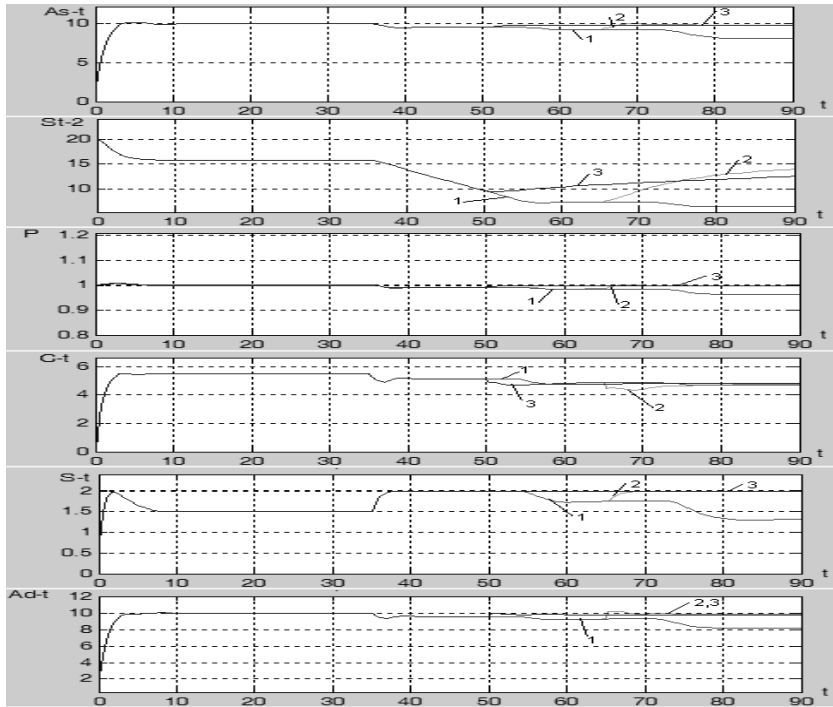


Рис. 2. Графики переходных процессов функционирования реального сектора и сектора домохозяйств

Внешние возмущения в момент $t = 35$ вызывают нарушение равновесия сразу во всех секторах. Вследствие снижения потребления снизился спрос домохозяйств на рынке, что вызвало снижение цен на блага, а это, в свою очередь, спровоцировало снижение предложения. В результате взаимосвязанного изменения спроса, предложения и цен к моменту времени $t = 40$ рынок пришел к состоянию равновесия, но на более низком уровне. Регулирующее воздействие цен проявляется в незначительной компенсации падения спроса. Однако снижение выпуска ВВП не проходит бесследно: население продолжает беднеть, государственные фонды уменьшаются, только сектор финансовых учреждений богатеет по причине увеличения домохозяйствами сбережений, вкладываемых в финансовые учреждения. Критическим по запасам является положение домохо-

зятий, которые вследствие достижения «черты бедности» в момент времени $t = 55$ резко снижают все расходы: на потребление $\dot{C}(t)$ и сбережения $\dot{S}(t)$. Следствием является вторая, «индуцированная» волна снижения совокупного спроса $\dot{A}d(t)$, которая неизбежно приводит к падению совокупного предложения $\dot{A}s(t)$ через регулирующее воздействие снижающегося уровня цен $P(t)$. Тенденции по другим секторам в отношении запасов сохраняются (банковский сектор, в частности, продолжает наращивать запасы). Далее критическим оказывается положение государственного сектора – его запасы подошли к минимально допустимому пределу к моменту $t = 72$. Государство вынуждено снизить свои расходы $\dot{G}(t)$. Происходит последняя волна самого значительного снижения совокупного спроса, цен, предложения.

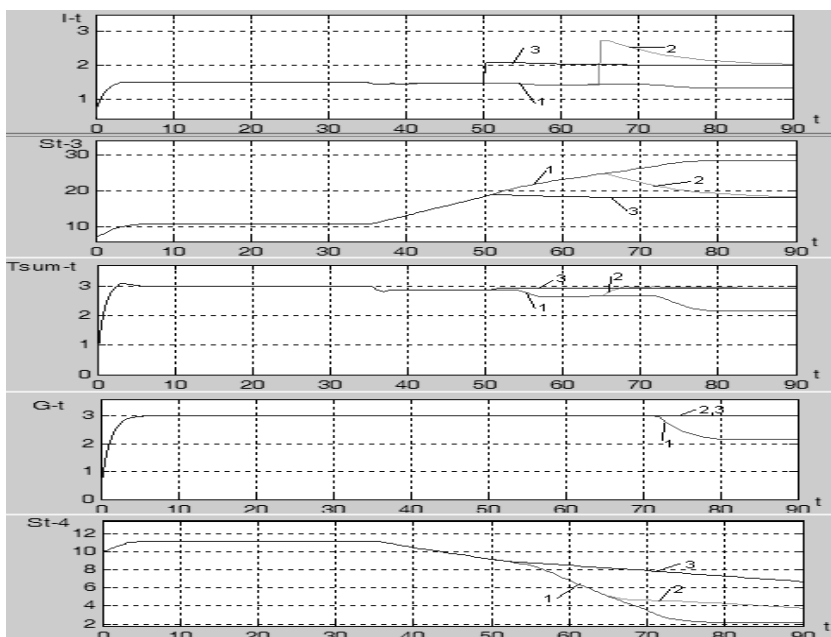


Рис. 3. Графики переходных процессов функционирования секторов кредитных и государственных учреждений

Сравнительный анализ закономерностей развития этого неуправляемого сценария при наличии ценовых регулирующих механизмов с аналогичным неуправляемым сценарием при отсутствии ценовых регуляторов (без модели рынка благ) позволяет сделать следующие выводы. Тенденции распространения внесенного возмущения по секторам сохраняются, сохранена также последовательность «обвалов» экономики, связанных с падением ВВП. Однако влияние регулирующей функции цен позволяет, во-первых, компенсировать величину «обвала», ВВП снижается на меньший процент; и, во-вторых, обеспечить быстроту реакции секторов МЭС на изменяющиеся ситуации, и это позволяет компенсировать потери в запасах секторов.

Управляемый сценарий 2 предполагает принятие решения в момент $t = 65$ в виде увеличения расходов на инвестиционные вложения со стороны банковского сектора. Это позволяет реальному сектору восстановить и увеличить спрос на инвестиции, тем самым, увеличив совокупный спрос $\dot{A}d(t)$. Рост спроса способствует незначительному росту цен; однако вследствие регулирующего влияния ценового механизма равновесие восстанавливается на рынке благ на новом, более высоком уровне выпуска ВВП.

Управляемый сценарий 3 демонстрирует влияние времени принятия решений на результаты управления. Если это же решение в виде увеличения инвестиционных вложений принять раньше, в момент $t = 50$, то это приводит, во-первых, к более быстрой реакции секторов, способствующей более раннему росту темпа выпуска ВВП; и, во-вторых, к компенсации потерь в запасах и предотвращению неэффективного перераспределения запасов между секторами экономики.

Заключение

Разработанная динамическая модель рынка благ позволяет исследовать поведение макроэкономической системы в условиях действия ценовых механизмов регулирования спроса и предложения. Представленная функциональная схема динамической модели функционирования МЭС в неравновесных условиях рынка благ отражает основные связи между моделями секторов экономики и рынка благ, как потокового, так и информационного содержания. Проведенные экспериментальные исследования продемонстрировали стабилизирующее влияние ценового регулирующего механизма на динамически неравновесных режимах, а управляемые сценарии показали возможность компенсации неблагоприятных воздействий при своевременном принятии решений по корректировке потоков с учетом механизма ценового регулирования.

Список литературы

1. *Макроэкономика: учебник* / Л.С. ТАРАСЕВИЧ, П.И. ГРЕБЕННИКОВ, А.И. ЛЕУССКИЙ. – 7-е изд. испр. и доп. – М.: Высшее образование, Юрайт – Издат., 2009. – 654 с.

2. БРОДСКИЙ Б.Е. *Модели макроэкономического обмена: рынки благ и ресурсов*. [Электронный ресурс] // Центр ситуационного анализа и прогнозирования ЦЭМИ РАН. Теория и методология. Институциональная экономика, 2008. – <<http://www.cemi.rssi.ru>. (05.04.2009).

3. ИЛЬЯСОВ Б.Г., ДЕГТЯРЕВА И.В., МАКАРОВА Е.А., ГАБДУЛЛИНА Э.Р. *Концепция системного моделирования процессов кругооборота денежных потоков* // Труды X Международной конференции «Проблемы управления и моделирования в сложных системах». – Самара: Изд-во Самарского НЦ РАН, 2008. – С. 153–160.

4. ИЛЬЯСОВ Б.Г., ДЕГТЯРЕВА И.В., МАКАРОВА Е.А., ГАБДУЛЛИНА Э.Р. *Моделирование неравновесных воспроизводственных процессов макроэкономической системы* // Вестник УГАТУ. – 2008. – т. 11, №1 (28). – С. 124–132

Благодарности

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 07-08-00538-а на тему «Поддержка принятия решений по управлению сложными динамическими объектами в критических ситуациях на основе инженерии знаний», 01.01.07 – 31.12.09

Предметный указатель

Валовый внутренний продукт (ВВП)

Неуправляемый сценарий

Рынок благ

Сектор

реальный

домашних хозяйств

финансовых учреждений

государственных учреждений

Совокупное предложение

Совокупный спрос

Товар

Управляемый сценарий

Уровень цен

Функциональная схема

Оценка эффективности метода идентификации состояния интеллектуального агента

Мальков А.А. (kja227@list.ru), Кузнецов Г.В.

Тверской государственный технический университет, г.Тверь

Аннотация

В статье приведены результаты исследования эффективности метода кластеризации, представляющего собой нейронную сеть, реализующую принципы самоорганизации. Метод предполагает использование субъективных оценок качества кластеризации, формируемых на основе визуализации результатов кластеризации. Сравнение работы предложенного алгоритма с известными аналогами на примере задачи Фишера показало, что количество ошибок колебалось на уровне от 1 до 3 процентов, но при этом пользователь за счет участия в процессе расчетов мог быстро интерпретировать полученные результаты. Результаты работы метода могут быть использованы для идентификации состояния интеллектуального агента.

Ключевые слова: кластеризация, нечеткие оценки, визуализация, нейронные сети, самоорганизация, интеллектуальный агент.

Abstract

In article results of research of efficiency of a method clusterization, representing the neural network realizing principles of self-organizing are resulted. The method assumes use of value judgment of quality clusterization, results formed on the basis of visualization clusterization. Comparison of work of the offered algorithm with known analogues on an example of a problem of Fisher has shown, that the quantity of mistakes changed at a level from 1 up to 3 percent, but thus the user due to participation during calculations could interpret the received results quickly. Results of work of a method can be used for identification of a condition of the intellectual agent.

Введение

Агент может пониматься как метаобъект, способный манипулировать другими объектами и имеющий развитые средства взаимодействия со средой и себе подобными. Минимальный набор базовых характеристик произвольного агента включает такие свойства как активность, автономность, общительность и целенаправленность. Для достижения агентом поставленной цели необходимо «уметь» идентифицировать его состояние в конкретной среде. Один из способов решения этой задачи — определе-

ние классов состояний и отнесение текущего состояния агента к конкретному классу. Этого можно достичь, используя методы кластеризации объектов, позволяющие перейти от описания объектов к описанию классов. В последнее время возрос интерес к разработке гибридных кластерных процедур, сочетающих кластерный анализ с другими методами анализа данных [1-3]. В работе [4] предложена схема гибридной кластеризации, использующая процедуры конкуренции и кооперации, что позволило с высокой степенью точности определять количество кластеров в условиях “слабой” выполнимости условий линейной разделимости. Уточнение результатов, полученных с помощью этого метода, достигается путем применения процедур кластеризации на базе нечетких отношения и технологии Visual Mining для получения субъективных оценок качества от исследователя [5].

Оценка эффективности метода кластеризации

Для проверки качества разработанных в [4, 5] алгоритмов кластеризации и сравнения их с известными аналогами использовался стандартный тест, известный как задача об ирисах Фишера. Для каждого экземпляра ириса известны 4 параметра: длина чашелистика, ширина чашелистика, длина лепестка, ширина лепестка. Пятая переменная — целевая, обозначает класс (вид), которая принимает значения: 1 — *setosa*, 2 — *versicolor*, 3 — *virginica*.

Сравнение разработанного метода (алгоритма) проводилось с известным базовым алгоритмом нечеткой кластеризации FCM, идея которого положена в основу известных пакетов интеллектуального анализа данных: Neural Planner, BrainMaker, MPIL в сочетании с алгоритмом разностного группирования. Последний необходим для определения количества кластеров. Прогонка алгоритма разностного группирования позволила получить два варианта количества и первоначального распределения кластеров: первый вариант — 2 кластера; второй вариант — 5 кластеров. Результаты работы этого алгоритма показаны в табл. 1.

Таблица 1. Координаты найденных центров

Длина чашелистика (мм)	Ширина чашелистика (мм)	Длина лепестка (мм)	Ширина лепестка (мм)	Номер кластера
50.0617	34.2832	14.6199	2.4595	1
62.6306	28.7235	49.0793	16.7671	2

Анализ графиков функций принадлежности ирисов найденным кластерам, рассчитанных после уточнения координат центров алгоритмом FCM, показал высокое качество полученных вариантов кластеризации, хотя истинное количество классов равно трем. По результатам работы алгоритма FCM для первого варианта были рассчитаны значения критериев оценки качества кластеризации (табл. 2). Значения показателя четкости и индекса четкости близки к единице и к нулю соответственно. Это указывает на четкое разбиение на кластеры. Значения энтропийных показателей близки к нулю, а показатели компактности и изолированности к единице, что говорит о том, что найденные кластеры компактны и хорошо отделимы.

Таблица 2. Значения критериев

Коэффициент четкости	Индекс четкости	Энтропия	Нормализованная энтропия	Модифицированная энтропия	Компактность	Эффективность
0.9973	0.0095	0.0096	0.0137	0.0650	0.9945	68004.03

Значение индекса эффективности велико, т. к. найдено оптимальное количество кластеров. То есть, по значениям формальных критериев можно сказать, что качество варианта кластеризации хорошее и, следовательно, нет объективных причин по формальным критериям отказаться от полученного варианта кластеризации. Полученные результаты показали, что формальные методы, использующие только метрические меры сходства объектов, не позволяют выявить истинное разбиение множества объектов на кластеры. Для этого нужна дополнительная информация, источником которой является эксперт, который знал, что данные содержат сведения о трех типах ирисов и что *versicolor* — это гибрид *setosa* и *virginica*. Для получения этой информации была произведена визуализация результатов кластеризации по результатам применения метода главных компонент. Это позволило отобразить результаты кластеризации в 3-мерном пространстве и создало основу для получения субъективных оценок о качестве кластеризации (рис. 1).

Визуализация варианта кластеризации показала, что ирисы первого кластера представляют компактную группу и хорошо отделимы от ирисов второй и третьей групп. Ирисы, принадлежащие 2-му и 3-му классам, плохо отделимы друг от друга. Исходя из анализа критериальных оценок и визуальной субъективной оценки, экспертом была дана низкая оценка качества данному варианту, поскольку решение не соответствует представлениям эксперта о виде структуры исходных данных.

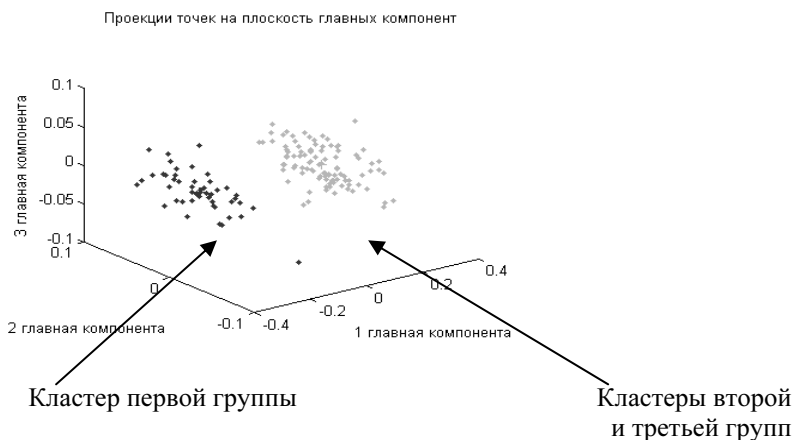


Рис. 1. Визуализация результатов кластеризации

Результат работы алгоритма FCM в случае 5 кластеров представлен в табл. 3.

Таблица 3. Координаты найденных центров

Длина чашелистика (мм)	Ширина чашелистика (мм)	Длина лепестка (мм)	Ширина лепестка (мм)	Номер кластера
50.8964	36.6603	14.6216	3.0028	1
61.3667	29.9996	48.6041	15.9903	2
65.7067	29.0595	56.1599	20.7389	3
49.4813	32.4378	14.6372	2.0623	4
59.9988	26.9052	41.0369	12.5858	5

По значениям критериев оценки качества кластеризации, приведенных в табл. 4, можно сказать, что произведенное разбиение является худшим, чем в предыдущем варианте.

Таблица 4. Значения формальных критериев

Коэффициент четкости	Индекс четкости	Энтропия	Нормализованная энтропия	Модифицированная энтропия	Компактность	Эффективность
0.6639	0.5674	0.5870	0.3526	0.9986	0.5799	44974.94

Анализ значений координат центров кластеров показал, что 3-й и 4-й центры находятся достаточно близко друг к другу. То же самое можно сказать о 2-м и 5-м найденных центрах. Это позволило эксперту сделать вывод о том, что на самом деле существует 3 центра, т. е. 3 кластера, соответствующих 3 классам ирисов.

Для получения оценок об истинном количестве кластеров алгоритм разностного группирования был заменен алгоритмом на основе конкуренции и кооперации нейронов [4]. Параметрами для его запуска служат количество нейронов. Для данной задачи первоначальное количество нейронов равнялось 9. Полученное решение приведено в табл. 5.

Таблица 5. Координаты найденных центров

Длина чашелистика (мм)	Ширина чашелистика (мм)	Длина лепестка (мм)	Ширина лепестка (мм)	Номер кластера
50.1476	34.3829	14.6602	2.4429	1
60.3171	28.1159	45.1356	14.9215	2
65.7660	29.6657	54.6229	19.3108	3

Как видно из таблицы, алгоритм нашел верное количество кластеров — 3. Если сравнить координаты центров, найденные указанным алгоритмом, с координатами центров первого варианта кластеризации, то можно сделать вывод о том, что центры всех вариантов кластеризации для данных, относящихся к первому классу, очень близки. Это говорит о том, что данный алгоритм хорошо распознает хорошо сгруппированные данные. Что касается данных 2-го кластера, то алгоритм предложил разбиение его на два класса, что является верным с точки зрения семантики задачи.

Алгоритм FCM позволил уточнить полученное решение и найти степени принадлежности данных различным классам. Графики функций принадлежности приведены на рис. 2.

Анализ графиков показал, что данные, относящиеся к первому классу, хорошо распознаны. Функции принадлежности для второго и третьего кластеров ведут себя скачкообразно. Это указывает на некоторый процент пересечения данных, относящихся ко 2-му и 3-му классам ирисов. На втором и третьем графиках также видно, что первые девять ирисов третьего класса отнесены алгоритмом FCM ко второму классу, что является ошибкой. Для дальнейшего анализа варианта кластеризации были вычислены значения формальных критериев (табл.6).

Таблица 6. Значения формальных критериев

Коэффициент четкости	Индекс четкости	Энтропия	Нормализованная энтропия	Модифицированная энтропия	Компактность	Эффективность
0.7270	0.4673	0.4769	0.4254	0.4039	0.5905	54812.61

Значения показателя четкости указывает на некоторый процент пересечения кластеров. Значение индекса четкости, равного 0.4039, указывает на нечеткое разбиение на кластеры. По значениям энтропийных показателей, показателя компактности и изолированности можно сделать вывод о том, что не все кластеры компактны и не все данные хорошо разделены. Значение индекса эффективности выше, чем при варианте в пять кластеров и ниже, чем при варианте в два кластера. Это означает, что найденный вариант кластеризации может быть достаточно близок к наилучшему.





Рис. 2. Вид функций принадлежности

В отличие от предыдущих вариантов кластеризации, на данном этапе визуализация решения необходима для оценки качества кластеризации и определения возможности улучшения решения.

По проекциям данных на плоскость первых двух главных компонент установлено, что с 9 ошибками найдено распределение ирисов по трем классам. Уменьшение количества ошибок связано с корректировкой координат центров кластеров. Направление корректировки определялось по оценкам эксперта путем сравнения оценок результатов кластеризации. Новые координаты центров представлены в табл. 7.

Таблица 7. Координаты найденных центров

Длина чашелистика (мм)	Ширина чашелистика (мм)	Длина лепестка (мм)	Ширина лепестка (мм)	Номер кластера
50.0629	34.2860	14.6190	2.4587	1
59.7415	27.8867	42.4537	13.1920	2
65.2592	29.4609	55.1905	20.2406	3

Графики функций принадлежности приведены на рис. 3.

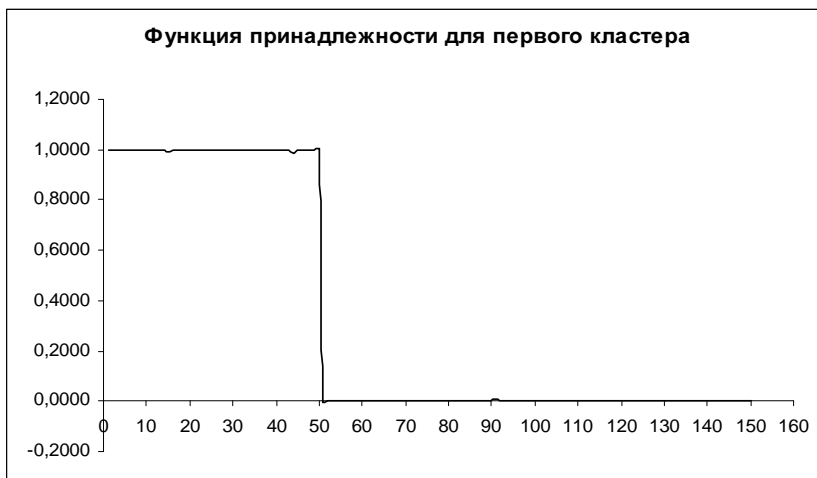




Рис. 3. Функции принадлежности по результатам корректировки

По поведению функции принадлежности, представленной на первом графике, можно сказать, что первый кластер хорошо отделен от двух других — значения степеней принадлежности практически всех данных первого класса равны единице. На втором и третьем графиках значения

степеней принадлежности практически всех данных первого класса равны нулю. По поведению функций принадлежности второго и третьего кластеров можно сделать вывод о том, что они имеют общие объекты и данные, принадлежащие им, все еще полностью не разделены.

Значения формальных параметров, соответствующие варианту кластеризации (табл. 8), говорят об улучшении результатов кластеризации. Из таблицы видно, что по сравнению с предыдущим вариантом значение показателя четкости приблизилось к единице, значения энтропийных показателей уменьшились. Также улучшились значения других критериев. Однако значение индекса четкости уменьшилось, что говорит о том, что разбиение стало менее четким.

Таблица 8. Значения формальных критериев

Коэффициент четкости	Индекс четкости	Энтропия	Нормализованная энтропия	Модифицированная энтропия	Компактность	Эффективность
0.8747	0.2152	0.2195	0.1958	0.2223	0.8121	61571.11

Визуальное представление результатов кластеризации показало наличие четырех ошибок для полученных оценок координат центров кластеров и значений функций принадлежности объектов каждому кластеру. Качество данного варианта кластеризации оказалось достаточно неплохим (ошибка составила 2,7%). Сравнение графиков функций принадлежности предыдущего и текущего вариантов кластеризации, то можно сказать, что система позволила найти более качественное решение.

В результате продолжения вычислительного эксперимента было найдено 15 (вместе с уже рассмотренными) альтернатив разбиения исходных данных на 3 кластера. По результатам расчетов был построен график (рис. 4), на котором показаны графики процента ошибок и количества кластеров для всех вариантов кластеризации. Его анализ показал, что количество кластеров стабилизировалось и наблюдается сходимость числовой последовательности, содержащей значения процента ошибки.

Для выбора лучшей альтернативы по каждому варианту кластеризации рассчитаны оценки по формальным критериям, нечеткие оценки обобщенного критерия по методике и субъективные оценки результатов кластеризации, приведенной в [5].

Из множества найденных решений отбирались те альтернативы, качество которых превышало заданный экспертом уровень. Для определения числового эквивалента качества результатов кластеризации введен

лингвистический критерий «Качество кластеризации», в качестве универсального множества для которого использован интервал изменения значений обобщенного критерия. Терм-множества — лингвистические оценки эксперта качества вариантов кластеризации. Функции принадлежности термов представлены на рис. 5.

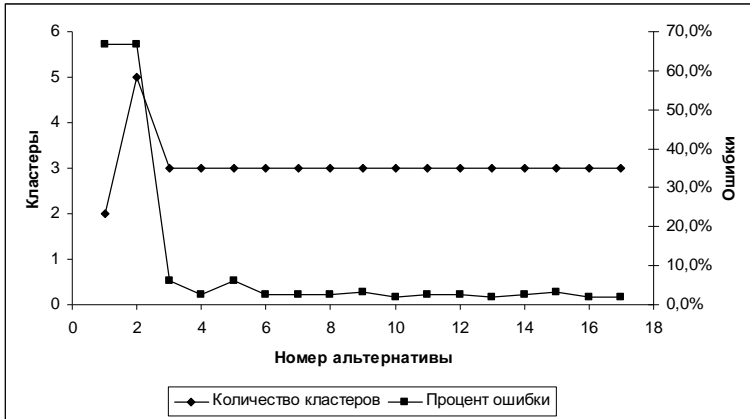


Рис. 4. Изменение качества кластеризации

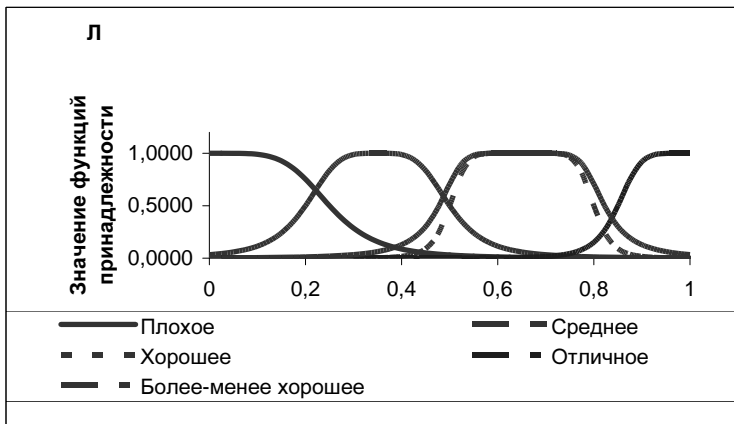


Рис. 5. Лингвистический критерий «Качество кластеризации»

Для выбора альтернативы (альтернатив) приемлемого качества были найдены нечеткие оценки по функциям принадлежности лингвистического критерия «Качество альтернативы» для каждой альтернативы. Для выбора экспертом недоминируемых альтернатив был выбран уровень значимости, равный 0.5. Альтернативы с нечеткими оценками, превышающими этот уровень, считались недоминируемыми. Таким образом, для дальнейшей оценки были отобраны 6 альтернатив (табл. 9).

Таблица 9. Оценки альтернатив

Номер альтернативы	Лингвистическая оценка эксперта	Числовой эквивалент
4	Хорошее	0.9533
6	Хорошее	0.5272
9	Более-менее хорошее	0.8504
10	Более-менее хорошее	0.5277
12	Хорошее	0.5474
17	Более-менее хорошее	0.5823

Для выбора среди них оптимального варианта было построено нечеткое множество взаимно недоминируемых альтернатив. Значения функции принадлежности указанных в табл. 9 альтернатив нечеткому множеству взаимно недоминируемых альтернатив приведены в табл.10.

Таблица 10. Значения функции принадлежности альтернатив

Номер альтернативы	4	6	9	10	12	17
Значение функции принадлежности	0,5	0,55	0,55	0,55	0,5	0,6

По данным таблицы построен график степени убежденности эксперта в том, что рассматриваемая альтернатива является наилучшей (рис. 6).

Таким образом, оптимальной оказалась альтернатива с номером 17. Данный вариант кластеризации предлагает разбиение исходной совокупности данных на 3 кластера. Ошибка данного варианта составила 2%, а обобщенная оценка максимальна среди оценок вариантов с минимальным количеством ошибок.

Координаты центров данного варианта представлены в табл.11.

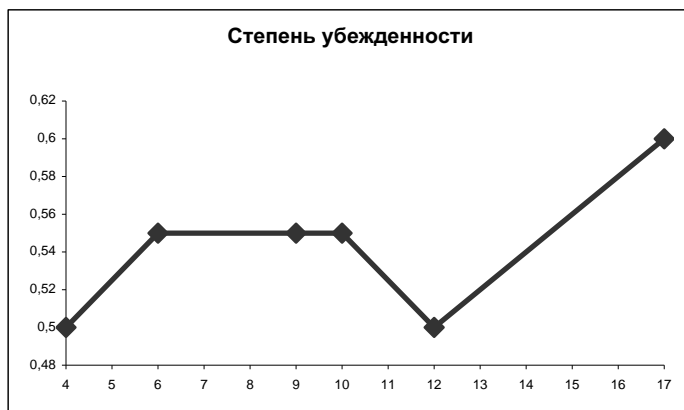


Рис. 6. Нечеткая оценка степени убежденности

Таблица 11. Координаты центров

Длина чашелистика (мм)	Ширина чашелистика (мм)	Длина лепестка (мм)	Ширина лепестка (мм)	Номер кластера
49.6744	33.1311	14.6315	2.1814	1
59.8047	28.4538	44.0561	14.0716	2
65.2044	29.7299	54.5166	19.6816	3

Заключение

Сравнение работы предложенного алгоритма кластеризации с результатами работы аналогов показало, что количество ошибок является сопоставимой величиной, и колебалось на уровне от 1 до 3 процентов, но при этом эксперт получал возможность легко интерпретировать полученные результаты. Существенным отличием явилось также то, что количество признаков, по которым производилась кластеризация, не увеличивалось, т.е. их было 4. В других продуктах добавлялись дополнительные признаки (по крайней мере, один — указывался класс ириса), что естественно увеличивает время работы системы, а также увеличивает стоимость анализа. Кроме того, в большинстве практических задач на начальном этапе трудно обосновать введение дополнительных атрибутов, что делает проблематичным интерпретацию полученного разбиения.

Список литературы

1. Батыршин И.З., Климова А.С. Гибридная реляционная кластеризация и визуализация данных. // Труды Всероссийской научной конференции по нечетким системам и мягким вычислениям НСМВ-2006. — М.: Физматлит, 2006. С. 193–209.
2. Виноградов Г.П., Мальков А.А. Кластеризация на основе нечетких отношений и технологии Visual Mining. // Системы управления и информационные технологии, №1.1 (31), 2008. — С. 137–141.
3. Pedrycz W. Knowledge-Based Clustering. From Data to Information Granules. Wiley-Interscience, 2005.
4. Виноградов Г.П., Мальков А.А. Модели поиска структур данных на основе конкуренции и кооперации. Управление большими системами. // Сб. трудов. Вып. 22. М.: ИПУ РАН, 2008.
5. Виноградов Г.П., Мальков А.А. Эволюционные методы кластеризации, использующие нечеткие отношения и субъективные оценки. Сб. трудов Международной научно-технической конференции «Интеллектуальные системы», «Интеллектуальные САПР», Т.1. М.: Физматлит, 2008. С. 7–15.

Благодарности

За оказанную помощь и поддержку авторы благодарят своего руководителя Г.П. Виноградова, г. Тверь, Тверской государственный технический университет

Метод нечеткой кластеризации на основе критериальных оценок, суждений эксперта и технологии visual mining

Мальков А.А. (*kja227@list.ru*), Тутов А.А.

Тверской государственной технической университет, г. Тверь,
Государственный университет Высшая школа экономики, г. Москва

Аннотация

В статье описан метод гибридной нечеткой кластеризации, представляющий собой сочетание известного алгоритма *fuzzy c-means* и нейронной сети, реализующей принципы самоорганизации. Метод предполагает использование критериальных (формальных) и субъективных оценок качества кластеризации, формируемых на основе визуализации результатов кластеризации. Для распределения «спорных» объектов по найденным кластерам предлагается алгоритм построения базы нечетких правил на основе представлений эксперта по результатам кластеризации. В статье приведены результаты исследования эффективности метода кластеризации. Сравнение работы предложенного алгоритма с известными аналогами на примере задачи Фишера показало, что количество ошибок колебалось на уровне от 1 до 3 процентов, но при этом пользователь за счет участия в процессе расчетов мог быстро интерпретировать полученные результаты, а использование базы нечетких правил позволило устранить эти ошибки.

Ключевые слова: кластеризация, нечеткие оценки, визуализация, нейронные сети, самоорганизация, нечеткие правила.

Abstract

In article the method hybrid fuzzy clusterization, representing a combination of known algorithm *fuzzy c-means* and the neural network realizing principles of self-organizing is described. The method assumes use criterion (formal) and value judgment of quality clusterization, results formed on the basis of visualization clusterization. For distribution of "disputable" objects on found clusters the algorithm of construction of base of fuzzy rules on the basis of representations of the expert by results of clusterization is offered. In article results of research of efficiency of a method clusterization are resulted. Comparison of work of the offered algorithm with known analogues on an example of a problem of Fisher has shown, that the quantity of mistakes changed at a level from 1 up to 3 percent, but thus the user due to participation during calculations could interpret quickly the received results, and use of base of fuzzy rules has allowed to eliminate these mistakes.

Введение

В последнее время методам кластерного анализа уделяется большое влияние, о чем свидетельствует обзор методов кластеризации [1]. По результатам работы методов кластерного анализа возможно построение «теории» процесса и, наоборот, особенности предметной области должны учитываться в методах кластеризации. Поэтому направление совершенствования методов кластеризации, использующих знания эксперта, является плодотворным, т. к. в формальных методах различия объектов определяются метрикой, которая является косвенным показателем и задается до запуска метода. Это означает, что кластеризация становится циклическим процессом проверки гипотез эксперта о структуре данных и эксперт должен иметь возможность влиять на ход кластеризации, а его «теория» должна быть отражена в решении задачи кластеризации. Существующие методы и алгоритмы кластерного анализа не позволяют ввести «теорию» эксперта в найденное при их помощи решение.

Описание метода

Как показал анализ методов кластеризации, в качестве базового метода нечеткой кластеризации может быть выбран метод *fuzzy c-means* (FCM), который позволяет найти координаты центров кластеров и степени принадлежности объектов кластерам. Указанный метод позволяет распределить объекты по кластерам на основе метрических мер сходства/различия: евклидовой, Махаланобиса, Чебышева, манхэттенского и др., применение которых зависит от типа данных и решаемой задачи. Для одних и тех же данных можно получить различные варианты кластеризации в зависимости от выбранной меры. Наиболее важными параметрами метода *fuzzy c-means* являются количество кластеров, которое должно быть определено до запуска метода, и тип используемого функционала. Из литературных источников известно, что при правильно выбранном количестве кластеров метод дает хорошие результаты. Это предполагает запуск предобработчика для определения этого параметра, например метода пикового или метода разностного группирования. Однако результат их работы зависит от различного рода пороговых значений, что влечет многократный прогон и анализ результатов работы этих методов. Это многократно увеличивает нагрузку на исследователя.

Таким образом, необходимо повысить степень объективизации получения первоначального распределения объектов по кластерам. Для решения этой проблемы был разработан алгоритм [2] на основе самоорганизующейся нейронной сети, обучающейся по правилам Хебба. Результатом работы данного алгоритма будет количество кластеров и приближенные значения координат их центров. Для уточнения результата нужно применить алгоритм *FCM*.

Таким образом, комбинируя эти два алгоритма, получается гибридный нейро-нечеткий алгоритм кластеризации.

1. Количество кластеров и приближенные значения координат их центров — вычисляются на первом этапе при помощи алгоритма на основе конкуренции и кооперации.

2. К полученному на первом этапе распределению центров кластеров применить алгоритм нечеткой самоорганизации.

Результатом работы этого гибридного алгоритма будут координаты центров кластеров и матрица степеней принадлежности объектов кластерам.

Следующий этап совершенствования методов кластеризации — введение суждений эксперта для увеличения степени различия спорных точек, степени принадлежности которых разным кластерам примерно одинаковы. Для этого эксперт, в соответствии со своей «теорией», может корректировать кластерную структуру, изменяя параметры функций принадлежности, полученные формальным методом. После чего осуществляется проверка найденного решения и, в случае его несоответствия представлениям эксперта, повторить этот процесс. Т.е. кластеризацию можно представить как итерационный процесс выдвижения и проверки гипотез о кластерной структуре или поиск структуры, наиболее полно отвечающей «теории» эксперта.

Возможны два пути исследования кластерной структуры. Первый подход представляет собой перевод задачи в задачу многокритериальной оптимизации. Второй подход заключается в использовании базы нечетких правил как универсального аппроксиматора.

При первом подходе для оценки итогов кластеризации задается множество критериев, по которым можно получить числовые оценки качества кластеризации по показателям, вычисленным на основании результатов кластеризации. Целевым функционалом может быть интуитивно определяемый уровень качества решения, например степень убежденности эксперта в том, что найдено наилучшее, в смысле его «тео-

рии», решение. Среди формальных критериев можно выделить коэффициент разбиения и индекс четкости, которые достигают максимума при наиболее четком разбиении, энтропийные показатели, которые достигают минимума при наибольшей упорядоченности в системе (в случае четкого разбиения энтропия равна нулю), показатель компактности и изолированности, меньшее значение которого соответствует более компактным хорошо отделимым кластерам, индекс эффективности.

Для оценки возможности продолжения поиска решения кроме формального оценивания варианта кластеризации необходимо получать оценки на качественном уровне. Проблемой здесь является способ получения качественной информации. Для решения этой проблемы может быть использован алгоритм Visual Mining.

Здесь данные извлекаются из некоторого источника данных. К ним применяются алгоритмы кластерного анализа, их результаты и исходные данные подвергаются обработке методами визуализации для получения графических образов, пригодных для восприятия пользователем. Эксперт на основе их восприятия формирует гипотезу о структуре кластеров, определяет меры сходства объектов, ограничения для алгоритмов и т.д. Одновременно, учитывая семантику задачи, он идентифицирует шаблоны данных, выделяет данные к ним, предназначенные для более детального анализа, выявляет факты искажения данных. Описанная схема (рис.1) позволяет эксперту «погрузиться» в данные, работать с их визуальным представлением, напрямую взаимодействовать с ними и получить наиболее адекватную их модель (извлечь знания из данных).

Таким образом, может быть получено множество альтернативных вариантов кластеризации, каждому из которых поставлена в соответствие векторная оценка с координатами из числовых функций. В общем случае, для определения наилучшей альтернативы строят множество эффективных по Парето альтернатив. Однако количество таких решений, как правило, более одного. Другой проблемой является сочетание оценок по количественным и качественным критериям в силу различия шкал критериев.

Для решения последней проблемы предлагается каждый критерий представлять в виде лингвистической переменной. Универсумом будет выступать интервал значений критерия, термы и их функции принадлежности определяются экспертом. Такой подход позволяет привести все критерии к одной шкале и получать нечеткие оценки каждой альтернативы по ним.

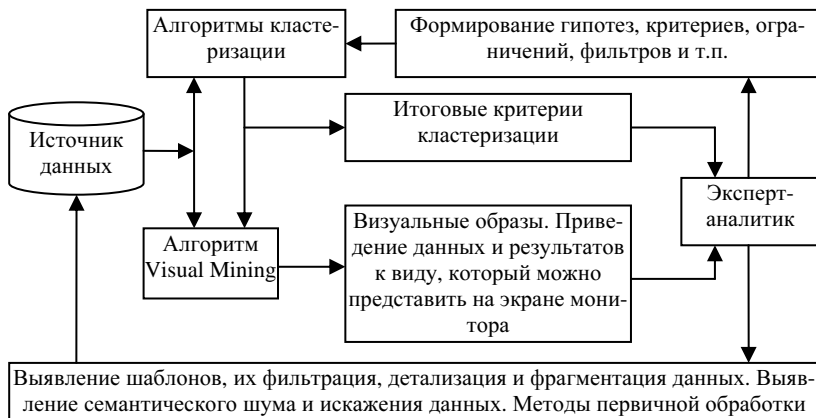


Рис.1. Обобщенная схема адаптивной нечеткой кластеризации

Для выбора одной наилучшей по «теории» эксперта альтернативы предлагается следующий алгоритм. Наилучшей назовем альтернативу, на которой достигается максимум степени убежденности эксперта в том, что найденная кластерная структура будет наилучшей в соответствии с его «теорией».

На первом этапе находятся множества альтернатив и критериальные оценки по ним. Затем вычисляются нечеткие обобщенные оценки путем свертки критериев. Эксперт заполняет таблицы согласованности и сочетаний значений критериев. Эти таблицы, во-первых, позволяют определить операции при свертывании критериев попарно для одной степени согласованности, если операции не указаны явно экспертом, и, во-вторых, по ним строится граф, в вершинах которого записаны критерий, его вес и нечеткая оценка по этому критерию, а веса дуг — это степени согласованности.

В результате попарных сверток критериев будет вычислена обобщенная оценка по набору нечетких критериальных оценок. При изменении множества критериев эта модель достаточно просто перенастраивается. Итогом работы алгоритма будут множества альтернатив и нечетких обобщенных оценок, соответствующих им.

На множестве обобщенных оценок эксперт задает α -уровень для определения альтернатив, обобщенные оценки которых достаточно высоки. На полученном множестве выделенных альтернатив эксперту предлагается построить нечеткое бинарное отношение предпочтения с функцией при-

надлежности, которая трактуется как степень истинности высказывания «альтернатива a_1 не хуже a_2 ». Альтернатива, на которой достигается максимум этой функции принадлежности, будет считаться наилучшей с точки зрения «теории» эксперта о процессе, т. е. на этой альтернативе достигнут максимум степени убежденности эксперта в том, что она наилучшая.

Если не найдено удовлетворительного решения — остались точки, общие для двух кластеров, то для решения этой проблемы, т. е. для распределения таких объектов по кластерам предлагается по результатам кластеризации построить базу нечетких правил для введения суждений эксперта в определение меры сходства/различия объектов по их параметрам.

В отличие от предыдущего, этот подход реализует поведенческую модель выбора альтернативы. Это означает построение последовательности решений при помощи формальных методов на основе суждений и представлений эксперта. Эта последовательность должна сходиться к решению, на котором достигается желаемый целевой уровень, или «теория» эксперта.

Кратко второй подход можно описать следующим образом. Пусть существует нечеткое множество A^* , представляющее желаемый целевой уровень (теория эксперта) и относительно которого у эксперта есть степень уверенности \aleph о его достижении. Пусть эксперт считает, что, например, $\aleph > 0.8$. Допустим, что при расчетах, произведенных формальными методами, получено нечеткое множество A . Пусть $A^* \subset A$. Следовательно, необходимо использовать субъективные суждения эксперта, по которым при помощи формальных методов может быть построена последовательность решений: $A^* \subset A_{n-1} \subset A_{n-2} \subset \dots \subset A$. Поиск решения заканчивается, когда $A_i \subseteq A_{i+1}$. Т.е. необходимо разработать процедуру, которая могла бы обеспечить сходимость высказываний эксперта к желаемому целевому уровню.

По свойствам нечетких множеств, если $B_1 \subset B_2$, то $\mu_{B_1}(x) < \mu_{B_2}(x)$, где B_1, B_2 – нечеткие множества с функциями принадлежности $\mu_{B_1}(x)$, $\mu_{B_2}(x)$ соответственно. Следовательно, для более четкого различения решений необходимо ввести уровни различимости для нечетких множеств, описывающих их. Если значения этих уровней малы, то необходимо продолжать поиск решения. Т.е. увеличивая значение степени разли-

чимости, эксперт может приблизиться к решению, соответствующему его «теории».

Для введения субъективных суждений в решение задачи кластеризации нужно выполнить построение базы нечетких правил по результатам кластеризации объектов, полученной формальным методом.

При построении базы нечетких правил известной информацией для формирования antecedента могут быть лингвистические термы, характеризующие параметры объектов из исходного множества объектов X и их число, а для формирования консеквента количество лингвистических термов, характеризующих заключение Y .

Для получения точного значения выходной переменной по базе нечетких правил используют механизм логического вывода, который включает четыре этапа: введение нечеткости (фаззификация входной переменной), нечеткий вывод, композиция и приведение к четкости, или дефаззификация. Алгоритмы нечеткого вывода различаются главным образом видом используемых правил, логических операций и разновидностью метода дефаззификации. Разработаны модели нечеткого вывода Мамдани, Сугено, Ларсена, Цукамото [3].

Поскольку используется нечеткий вывод по базе правил, то выходная переменная должна быть лингвистической. Количество лингвистических термов должно быть не менее 3: «Низкая принадлежность», «Средняя принадлежность» и «Высокая принадлежность». Вид и характеристики функций принадлежности данных термов определяются из субъективных соображений эксперта. К этим термам могут быть добавлены другие термы.

При разбиении исходного множества X на кластеры использовался нечеткий подход. Поэтому количество выходных переменных должно быть не меньше, чем число найденных кластеров k . В самом простом случае количество выходных переменных будет равно k .

Результаты, полученные по нечеткому выводу с использованием сформированной базы правил должны быть оценены экспертом на основе своих представлений о внутреннем механизме формирования данных. Полученные оценки являются основой для выбора направления корректировки либо нечетких правил, полученных по результатам кластеризации, либо лингвистических термов, соответствующих параметрам объектов. В частности, могут быть изменены характеристики функций принадлежности термов некоторого параметра, степень различимости которых мала. Таким образом, конструирование самих правил — сочетание автоматического формирования простейших правил и добавление правил экспертом.

Обобщая полученные результаты и рассуждения, можно предложить следующий алгоритм формирования базы нечетких правил.

1. На основе формальных методов кластерного анализа определить координаты центров кластеров.

2. На множестве кластеров определить характерные значения параметров и интервалы изменения их значений.

3. Задать множества интервалов, на которых определены лингвистические термы каждого параметра.

4. Построить нечеткие множества, определяющие лингвистические термы каждого параметра входных переменных. Характеристики функций принадлежности термов задаются по результатам выполнения первых трех пунктов. Центры кластеров определяют центры нечетких множеств, соответствующих термам. Интервалы, полученные в п. 3, определяют носитель нечеткого множества.

5. Определить нечеткие множества для выходных переменных на основе знаний предметной области экспертом.

6. Сгенерировать базу нечетких правил. В левой части каждого правила записываются принадлежности параметров полученным на предыдущих этапах нечетким множествам. Правые части определяются принадлежностями выходных переменных нечетким множествам из п 5.

7. На основе визуализации результата нечеткого вывода для оценки точности классификации с помощью сформированной базы правил эксперт, в случае необходимости, корректирует характеристики лингвистических термов параметров, сами нечеткие правила или добавляет новые.

8. Пп. 6, 7 повторяются до тех пор, пока не будет достигнут желаемый целевой уровень кластеризации.

Экспериментальные результаты

Для проверки качества разработанных алгоритмов использовался стандартный тест Фишера, который представляет собой таблицу для 150 измерений трех классов в равных частях. Для каждого экземпляра известны 4 параметра. Пятая переменная – целевая, обозначает класс (вид) и принимает значения 1, 2 или 3. Цель кластеризации заключается в том, чтобы подтвердить или опровергнуть это предположение. Необходимо заметить, что данные, относящиеся к первому классу, линейно отделимы от данных 2-го и 3-го классов, в то время как последние невозможно линейно отделить друг от друга. Сравнение разработанного метода (алгоритма) прово-

дилось с известным базовым алгоритмом нечеткой кластеризации *FCM*, который был дополнен алгоритмом разностного группирования для определения количества кластеров. Прогонка алгоритма разностного группирования на тестовых примерах позволила получить два варианта количества кластеров: первый вариант — 2 кластера; второй вариант — 5 кластеров. Для уточнения параметров кластеров по каждому варианту был использован алгоритм нечеткой кластеризации. Описанный выше метод адаптивной нечеткой кластеризации позволил правильно определить количество кластеров, но количество ошибок, т.е. неверно отнесенных к кластерам объектов, оказалось 2%. Процесс кластеризации по предложенному методу и результат его работы показан на рис. 2–б и табл. 1.

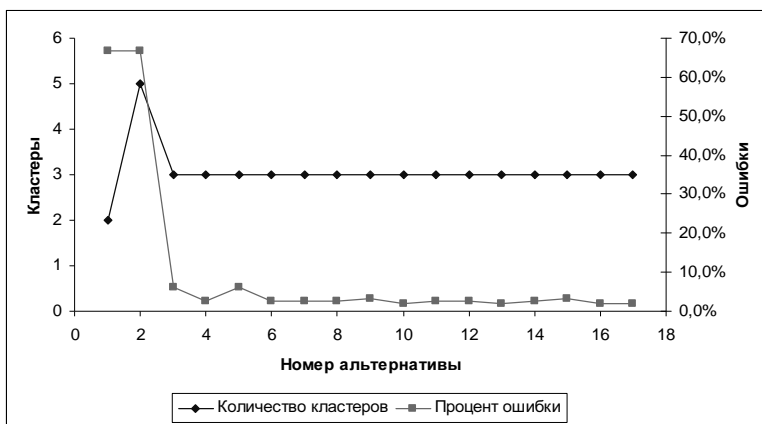


Рис. 2. Графики количества кластеров и ошибки

Таблица 1

Координаты центров				Номера кластеров
49.6744	33.1311	14.6315	2.1814	1
59.8047	28.4538	44.0561	14.0716	2
65.2044	29.7299	54.5166	19.6816	3



Рис. 5. Графики функций принадлежности



Рис. 6. Визуализация оптимального варианта кластеризации

Заключение

Оценка работоспособности описанной методики корректировки результатов кластеризации, полученной методом нечеткой кластеризации на основе критериальных оценок, суждений эксперта и технологии Visual Mining, была проведена на примере решения классической задачи Фишера. В результате использования построенной и скорректированной экспертом базы нечетких правил удалось правильно классифицировать все объекты из исходного множества.

Список литературы

1. Кудинов Ю.И., Кудинов И.Ю. Нечеткое моделирование и кластеризация. Проблемы управления. — М.: ИПУ РАН, 2008. — №6.
2. Виноградов Г.П., Мальков А.А. Модели поиска структур данных на основе конкуренции и кооперации. Управление большими системами. // Сб. трудов. Вып. 22. — М.: ИПУ РАН, 2008.
3. Штовба С.Д. Проектирование нечетких систем средствами Matlab.—М.: Горячая линия – Телеком, 2007.

Благодарности

За оказанную помощь и поддержку авторы благодарят своих руководителей Г.П. Виноградова, В.Н. Кузнецова, г. Тверь, Тверской государственный технический университет.

Управление риском портфельных инвестиций

Мелькумова Е.М. (*melkumova@vsu.ru*)

Воронежский государственный университет, г. Воронеж

Аннотация

В данной статье рассматриваются портфельные инвестиции, вычисляется оценка инвестиционного риска при использовании аппарата нечетких множеств. Демонстрируется пример использования подхода к управлению портфельным риском на базе нечеткой модели.

В ходе инвестиционного проектирования инвестор обязан прилагать усилия по повышению уровня своей осведомленности и пытаться измерять рискованность своих инвестиционных решений как на стадии разработки проекта, так и в ходе инвестиционного процесса.

Держатель фондового портфеля – частный вкладчик, инвестиционная компания, взаимный фонд – управляет своими инвестициями, руководствуясь определенными соображениями. С одной стороны, инвестор старается максимизировать свою доходность, а с другой – фиксирует предельно допустимый риск неэффективности своих инвестиций – риск убытков.

Поскольку ценные бумаги различных видов различаются по доходности и степени надежности, инвесторы вкладывают средства в приобретение ценных бумаг нескольких видов, стремясь достичь наилучшего соотношения «риск – доходность». Принимая решение о приобретении набора ценных бумаг, инвестор должен иметь в виду, что доходность портфеля в предстоящий период владения неизвестна. Однако можно оценить предполагаемую доходность различных ценных бумаг, основываясь на некоторых предположениях.

Существуют различные подходы для оценки уровня риска. Как правило, под *риском* принято принимать угрозу потери действующим финансовым лицом части своих ресурсов или появления дополнительных расходов в результате осуществления определенной финансовой политики. *Инвестиционный риск* обусловлен возможным обесцениванием инвестиционно – финансового портфеля, состоящего из собственных и приобретенных ценных бумаг. *Мерой риска* финансового решения будем считать среднее квадратическое отклонение σ основного показателя этого решения. Инвестор максимизирует ожидаемую доходность и минимизирует риск, т. е. неопределенность. Подход Г. Марковица к принятию решения дает возможность адекватно учесть обе цели, противоречащие друг другу [4].

Портфель описан системой статистически связанных случайных величин с нормальными законами распределения. Согласно теории случайных величин, ожидаемая доходность портфеля r находится по формуле:

$$r = \sum_{i=1}^N x_i r_i, \quad (1)$$

а стандартное отклонение портфеля s определяется по формуле:

$$\sigma = \left(\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N x_i x_j \rho_{ij} \sigma_i \sigma_j \right)^{\frac{1}{2}} \quad (2)$$

Задача управления таким портфелем имеет следующее описание: оптимизировать вектор $\{x_i\}$, максимизирующий целевую функцию r вида (1) при заданном ограничении на уровень риска s , оцениваемый (2):

$$\{x_{opt}\} = \{x \mid r \rightarrow \max, \sigma = const\} \quad (3)$$

Стоит отметить, что в подходе Марковица к портфельному выбору, под риском понимается не риск неэффективности инвестиций, а степень колеблемости ожидаемого дохода по портфелю, причем как в меньшую, так и в большую сторону. Можно без труда перейти от задачи вида (3) к задаче, где в качестве ограничения вместо фиксированного стандартного отклонения выступает вероятность того, что портфельная доходность окажется ниже заранее обусловленного уровня.

Другой подход для моделирования инвестиционного портфеля основан на использовании нечетких чисел, определяемых функциями принадлежности на множестве действительных чисел.

Нечетким множеством C в X называется совокупность пар вида $(x, \mu_C(x))$, где $x \in X$, μ_C – функция $X \rightarrow [0, 1]$, называемая *функцией принадлежности нечеткого множества* C [3].

Под *нечетким числом* понимается нечеткое подмножество универсального множества действительных чисел, имеющее нормальную и выпуклую функцию принадлежности.

Треугольным нечетким числом A называется тройка $\langle a, b, c \rangle$ ($a \leq b \leq c$) действительных чисел, через которые определяется его функция принадлежности

$$\mu_{A(x)} = \begin{cases} \frac{x-a}{b-a}, & \text{если } x \in [a, b], \\ \frac{x-c}{b-c}, & \text{если } x \in [b, c], \\ 0, & \text{иначе} \end{cases} \quad (4)$$

Поскольку доход по ЦБ случаен, его точное значение в будущем неизвестно, а вероятностное описание такого сорта случайности не вполне

корректно, то в качестве описания доходности ЦБ уместно использовать треугольные нечеткие числа, моделируя экспертное высказывание следующего вида: «Доходность ЦБ по завершении срока владения ожидаемо равна \bar{r} и находится в расчетном диапазоне $[r_1, r_2]$. Эксперт отказывается от вероятностного описания доходности, отсекает слабовозможные случайные исходы с двух сторон от ожидаемого значения \bar{r} , формирует расчетный коридор, в котором ожидается уровень доходности ЦБ, при этом за \bar{r} эксперт принимает наиболее ожидаемое, либо среднее значение доходности в расчетном коридоре».

Нечеткие множества – это инструмент расчета возможностей. Умея грамотно описать нечеткость исходных данных, мы логическим путем переходим к нечеткости результирующих показателей. Оценка инвестиционного риска – это оценка меры возможности неблагоприятных событий в ходе инвестиционного процесса, когда ожидаемость таких событий, задаваемая функцией принадлежности соответствующих нечетких чисел, известна или определяется специальными методами.

Функция принадлежности нечеткого числа имеет треугольный вид, если степень субъективной уверенности эксперта в отношении доходности равна нулю за пределами расчетного коридора значений доходности, а максимум этой уверенности, равный единице, достигается в точке \bar{r} . Эксперт убежден, что при любом изменении границ коридора \bar{r} заведомо в него попадет.

Подход, основанный на нечеткостях, имеет много положительных аспектов. Во-первых, здесь формируется полный спектр возможных сценариев инвестиционного процесса. Во-вторых, решение принимается не на основе двух оценок эффективности проекта, а по всей совокупности оценок. В-третьих, ожидаемая эффективность проекта не является точечным показателем, а представляет собой поле интервальных значений со своим распределением ожиданий, характеризующимся функцией принадлежности соответствующего нечеткого числа. А взвешенная полная совокупность ожиданий позволяет оценить интегральную меру ожидания негативных результатов инвестиционного процесса, то есть степень инвестиционного риска.

Способ описания ожидаемой доходности в форме нечеткого числа автоматически снимает все проблемы, сопряженные с учетом связи ЦБ по тенденциям, потому что если доходность ЦБ – треугольное нечеткое число, а доходность портфеля – линейная комбинация доходности компонента, то результирующий вид доходности портфеля также известен.

Пусть $\zeta = (r_{1i}, \bar{r}_i, r_{2i})$ – доходность по i -ой ценной бумаге, треугольное нечеткое число. Известно [1], что линейная комбинация треугольных

нечетких чисел есть треугольное нечеткое число, поэтому доходность по портфелю:

$$r = (r_{\min} = \sum_{i=1}^N x_i r_{1i}, \bar{r} = \sum_{i=1}^N x_i \bar{r}_i, r_{\max} = \sum_{i=1}^N x_i r_{2i}) \quad (5)$$

также является треугольным нечетким числом.

Зафиксируем r^* – критическое значение доходности портфеля. Если фактическое значение доходности r окажется ниже r^* , то считаем, что портфель был сформирован неэффективно. Степень риска неэффективности инвестиций в предположении о том, что показатель эффекта инвестиций – треугольное нечеткое число [2], определяется по формулам:

$$\beta = \begin{cases} 0, & \text{при } r^* < r_{\min}; \\ R(1 + \frac{1-\alpha}{\alpha} \ln(1-\alpha)), & \text{при } r_{\min} \leq r^* < \bar{r}; \\ 1 - (1-R)(1 + \frac{1-\alpha}{\alpha} \ln(1-\alpha)), & \text{при } \bar{r} \leq r^* < r_{\max}; \\ 1, & \text{при } r^* \geq r_{\max} \end{cases} \quad (6)$$

где

$$R = \begin{cases} \frac{r^* - r_{\min}}{r_{\max} - r_{\min}}, & \text{при } r^* < r_{\max}; \\ 1, & \text{при } r^* \geq r_{\max} \end{cases} \quad (7)$$

$$\alpha = \begin{cases} 0, & \text{при } r^* < r_{\min}; \\ \frac{r^* - r_{\min}}{\bar{r} - r_{\min}}, & \text{при } r_{\min} \leq r^* < \bar{r}; \\ 1, & \text{при } r^* = \bar{r}; \\ \frac{r_{\max} - r}{r_{\max} - \bar{r}}, & \text{при } \bar{r} < r^* < r_{\max}; \\ 0, & \text{при } r^* \geq r_{\max}. \end{cases} \quad (8)$$

Зафиксируем \bar{r} – требуемый уровень ожидаемой доходности портфеля. Манипулируя вектором $\{x_i\}$, можно добиться минимума риска инвестиций:

$$\{x_{opt}\} = \{x \mid \beta \rightarrow \min, r = \bar{r}\} \quad (9)$$

Эта задача является двойственной задачей нелинейного программирования к такой задаче

$$\{x_{opt}\} = \{x \mid r \rightarrow \max, \beta = const\} \quad (10)$$

Эта задача подобна (3), только в качестве фактора риска (линейного ограничения в форме равенства) выступает не стандартное отклонение портфеля, а степень риска неэффективности инвестиций.

Рассмотрим подход к управлению портфельным риском на базе нечеткой модели на примере. Пусть портфель состоит из двух видов ценных бумаг (ЦБ1, ЦБ2) с параметрами: доходность – 8 % и 12 % соответственно, расчетный коридор ЦБ1 и ЦБ2 – [7.2 %, 8.8 %] и [9.6 %, 12.4 %] соответственно. Доля ЦБ1 в портфеле меняется от 0 до 50 %, доля ЦБ2 – от 100 % до 50 % соответственно. Критическое значение доходности портфеля составляет $r^* = 11\%$. Оценим риск неэффективности инвестиций при перераспределении долей бумаг в портфеле. Расчеты по формулам (5)–(8) сведены в таблицу (определение риска двухсегментного портфеля с граничной ставкой $r^* = 11\%$):

п/п	Доля ЦБ1	Доля ЦБ2	Ожидаемая доходность п.	↓ граница доходности	↑ граница доходности	Степень риска
1	0.0	1.0	12.0 %	9.6 %	14.4 %	0.109
2	0.1	0.9	11.6 %	9.4 %	13.8 %	0.190
3	0.2	0.8	11.2 %	9.1 %	13.3 %	0.339
4	0.3	0.7	10.8 %	8.9 %	12.7 %	0.670
5	0.4	0.6	10.4 %	8.6 %	12.2 %	0.854
6	0.5	0.5	10.0 %	8.4 %	11.6 %	0.959

С ростом доли низкодоходной бумаги в портфеле, даже несмотря на то, что расчетный коридор по ЦБ1 более узок, нежели расчетный коридор по ЦБ2, падает ожидаемая доходность портфеля в целом – и, соответственно, растет риск неэффективности портфельного выбора.

В целях задачи управления риском, если зафиксировать ограничение по ожидаемой доходности портфеля на уровне 11.2 %, то, в соответствии с (9), минимум риска такого портфеля составит 34 %. Этот минимум достигается, когда доля ЦБ1, по данным таблицы, составляет 20 %. В альтернативной постановке (10), когда фиксируется риск, мы оптимизируем ожидаемую доходность. Так, при фиксации риска на уровне 19 %, максимум доходности достигается, когда доля ЦБ1 в портфеле составляет 10 %.

Таким образом, применение нечетких множеств при учете исходной неопределенности относительно доходов по ценным бумагам – весьма перспективное направление анализа эффективности портфельных инвестиций. Эксперт-аналитик при использовании этого подхода избавлен от необходимости формировать вероятностные прогнозы на весьма шаткой информационной основе, когда поведение торгуемых ценных бумаг не обладает характером статистических случайных процессов. Эксперту

достаточно сделать допущение о расчетном коридоре, в котором ожидаемо колеблется будущий доход по ЦБ. При этих простейших допущениях удастся оценить степень риска неэффективности портфельных инвестиций и построить процедуру по минимизации этого риска.

Список литературы

1. Красс М.С., Чупрынов Б.П. Математика для экономистов. — Спб.: Питер, 2007. — 464 с.
2. Недосекин А.О., Воронов К.И. Анализ риска инвестиций с применением нечетких множеств // Управление риском.— 2000. — №1.
3. Орловский С.А. Проблемы принятия решений при нечеткой исходной информации. — М.: Наука, 1981. — 206 с.
4. Шарп У., Александер Г., Бэйли ДЖ. Инвестиции. — М.: Инфра-М, 1997. — 1027 с.

Поведенческий подход в робототехнике

*Москвичев С.С. (mosk.sergey@gmail.com), Мунасыпов Р.А.
Уфимский государственный авиационный технический университет,
г. Уфа*

Аннотация

Системы управления роботами на основе поведенческого подхода показали свою эффективность во множестве приложений. Наиболее популярным их применением является мобильная робототехника, поскольку поведенческий подход позволяет обеспечить гибкое и эффективное управление роботами в условиях существенных неопределенностей. Исследования в данной области показывают, что поведенческая архитектура легко расширяема и позволяет реализовать дополнительную функциональность, повысить структурированность и упростить разработку систем управления при сохранении всех достоинств поведенческого подхода. В данной статье приводятся методы и алгоритмы, расширяющие сферу применения поведенческой архитектуры и ее возможностей.

Abstract

Behavior-based robotic control systems have shown their effectiveness in a variety of applications. Mobile robotics is one of the most popular among them as behavior-based approach enables flexible and effective robot control under significant uncertainties. Current research in the field shows that behavior-based architecture is extensible and makes it possible to implement additional functionality, increase structuredness and simplify the design process while preserving all of its advantages. We address the most up-to-date methods and algorithms expanding the scope of behavior-based architectures in mobile robotics.

Ключевые слова: мобильные роботы, робототехника, поведенческий подход.

Введение

Поведенческий подход к построению систем управления роботами был впервые сформулирован Р. Бруксом (МТИ) в 1986 году в виде архитектуры поглощения [1], отличавшейся от архитектуры делиберативных систем отсутствием механизмов планирования, высокой скоростью работы, низкой требовательностью к вычислительным ресурсам и, как следствие, низкой стоимостью компонентов системы управления. В то же время подобные системы по эффективности превосходили аналогичные по функциональности делиберативные системы, что обусловило их дальнейший успех. Сегодня поведенческий подход является одним из наиболее попу-

лярных направлений в робототехнике. Многие системы управления автономных мобильных роботов для исследовательских, прикладных и бытовых целей (iRobot Create, Roomba, Sony AIBO, QRIO) основаны на поведенческой архитектуре. Применение этого подхода позволяет роботам функционировать в условиях сложной динамической среды в реальном времени и при ограниченных вычислительных ресурсах. В то же время исследования в данной области показывают, что некоторые недостатки более ранних поведенческих архитектур (например низкая структурированность) легко преодолимы при сохранении их важных достоинств.

1. Задача управления автономным мобильным роботом

Управление роботом – это процесс получения информации с датчиков, обработки полученной информации и выполнения ответных действий. Уровень сложности задачи управления напрямую зависит от сложности окружающей среды: управление роботом является наиболее сложным в условиях динамической неструктурированной среды, т.е. в условиях неопределенности.

Автономные мобильные роботы, как правило, функционируют в условиях существенных неопределенностей, как-то: неполнота информации о среде, непредсказуемость и динамизм среды, неточность датчиков и исполнительных механизмов, противоречивость сенсорной информации, наличие неконтролируемых шумов и помех, неточность моделей представления мира. Работа в режиме on-line накладывает дополнительные ограничения на сложность используемых в управлении алгоритмов. Поэтому применяемые для решения задачи управления методы должны обладать существенной гибкостью, устойчивостью, адаптивностью и интеллектуальностью при минимальной вычислительной сложности.

Система управления автономного мобильного робота в общем случае должна удовлетворять следующим дополнительным требованиям [1].

— Множественность целей. В процессе функционирования робот может преследовать несколько целей, иногда противоречащих друг другу, различающихся по приоритету и сложности достижения. СУ должна осуществлять выбор и достижение приоритетных целей (например обход препятствия), а по их достижении переключаться на менее приоритетные (например блуждание).

— Множественность датчиков. Информация с различных датчиков может быть неполной и противоречивой, что служит дополнительным фактором неопределенности. СУ должна уметь вычленять существенную информацию и фильтровать несущественную.

— Множественность исполнительных механизмов. В многороботовых системах решение некоторых задач может осуществляться как одним, так и несколькими роботами, различающимися скоростью, наличием специальных манипуляторов и другими параметрами. СУ должна выбирать для решения задач наиболее приспособленных роботов и оперативно разрешать коллизии.

— Робастность и отказоустойчивость. При отказе одного или нескольких датчиков и/или исполнительных механизмов робот должен быть способен продолжить выполнение задачи.

— Расширяемость. Увеличение числа датчиков, исполнительных механизмов и/или роботов (для многороботовых систем) не должно требовать существенных изменений системы управления.

2. Парадигмы управления роботами

Различают четыре принципиальных архитектуры СУ роботов: делиберативная, реактивная, гибридная и поведенческая. Выбор подхода напрямую зависит от спектра задач, решаемых роботом, и от условий его функционирования [2].

Делиберативный подход является классическим для систем управления роботами. СУ, построенные по этому принципу, используют символическое представление модели мира для синтеза стратегии поведения робота. Для построения эффективного плана действий необходимы точность и актуальность модели мира, что достижимо только в условиях структурированной и предсказуемой среды и при наличии достаточных вычислительных ресурсов.

Реактивный подход предполагает тесную связь между датчиками робота и исполнительными механизмами по принципу «стимул-реакция», без дополнительной обработки сенсорной информации. Это позволяет снизить скорость реакции робота до минимума, что делает данную архитектуру привлекательной для использования в СУ мобильных роботов. Но невозможность использования памяти и, как следствие, обучения и планирования сильно сужает спектр возможных применений данного подхода в робототехнике.

Гибридный подход сочетает в себе черты делиберативного и реактивного подходов. Гибридные архитектуры являются, как правило, трехслойными, состоящими из делиберативной, промежуточной и реактивной компонент. На реактивном уровне в режиме on-line решаются задачи не-

посредственной важности (обход препятствия), на делиберативном уровне строится общая стратегия поведения (достижение глобальной цели), промежуточный уровень служит для их взаимодействия. Различное представление информации о среде и различные временные масштабы делают синтез промежуточного слоя сложной задачей для разработчика. Многие гибридные архитектуры специфичны для приложений, под которые они разрабатывались.

Поведенческий подход предполагает построение системы управления из простых элементов, реализующих поведенческие модели взаимодействия робота со средой (рис. 1).

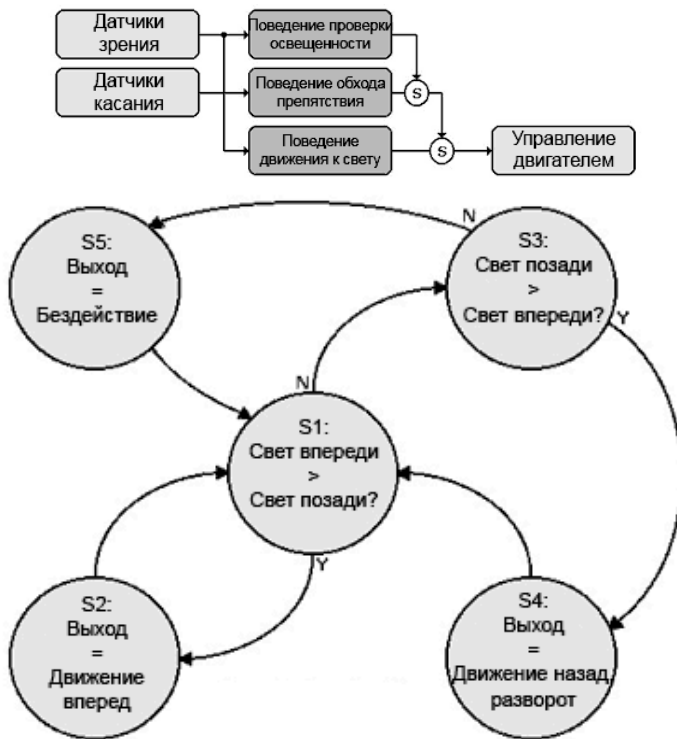


Рис. 1. Пример поведенческой СУ простейшего фототрофного робота и структура поведения «Движение к источнику света»

Набор моделей поведения включает в себя как простые инстинкты выживания (обход препятствий), так и более сложные алгоритмы (перемещение груза). Каждый элемент (поведение) может принимать на вход информацию с датчиков и/или от других элементов и посылать на выход команды исполнительным механизмам и/или другим элементам. Структурно каждое поведение состоит из набора процессов, исполняемых непрерывно и одновременно с другими поведением, и входов и выходов, с помощью которых данное поведение обменивается информацией с другими поведением.

Таким образом, поведенческая архитектура удовлетворяет требованиям, предъявляемым к СУ автономных мобильных роботов. Рассмотрим возможности современных реализаций поведенческого подхода в робототехнике и дальнейшие направления исследований в данной области.

3. Возможности поведенческого подхода

Для решения задач локализации и поиска пути, традиционно решаемых в делиберативных архитектурах путем построения топографической модели окружающей среды, был предложен метод представления карты местности в составе поведенческой архитектуры СУ автономного мобильного робота [3].

В качестве карты выступает граф, вершины которого являются контрольными точками на местности (рис. 2). По мере поступления информации с датчиков во время движения робота создаются новые точки, а обнаружение уже созданных точек осуществляется по характерным динамическим рисункам данных с ультразвуковых датчиков при движении робота. Полученная карта позволяет осуществлять локализацию, поиск и оптимизацию маршрутов, а использование дополнительных датчиков (таких как одомер и компас) позволяет сделать ее более точной. Топологические связи между точками могут динамически добавляться и удаляться при уточнении карты или изменений на местности.

Подобная распределенная архитектура соответствует парадигме поведенческого подхода, а граф местности является частью поведенческой сети, где его вершины функционально эквивалентны поведением. Это позволяет использовать картографирование и поиск пути без применения дополнительных ресурсоемких механизмов. Исследования на колесном роботе, снабженном компасом, одомером и 12-ю ультразвуковыми датчиками, в помещении с множеством препятствий показали эффективность предложенных алгоритмов.

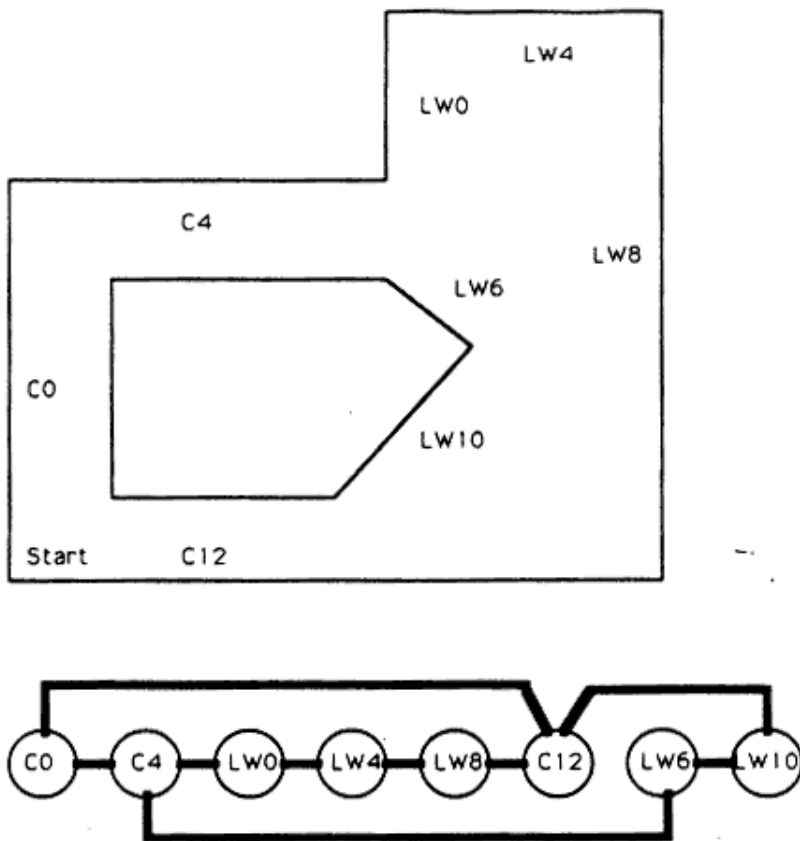


Рис. 2. Пример карты местности, исследуемой роботом, и выстроенный им граф контрольных точек

Было также предложено использовать искусственные нейронные сети для классификации образов, выстраиваемых на основе сенсорной информации об окружающей местности [4]. Вместе с построением карты местности в виде графа контрольных точек это позволяет добиться уверенной локализации робота в условиях помех и в динамической среде. Эксперименты с использованием автономного мобильного робота также показали эффективность данного метода.

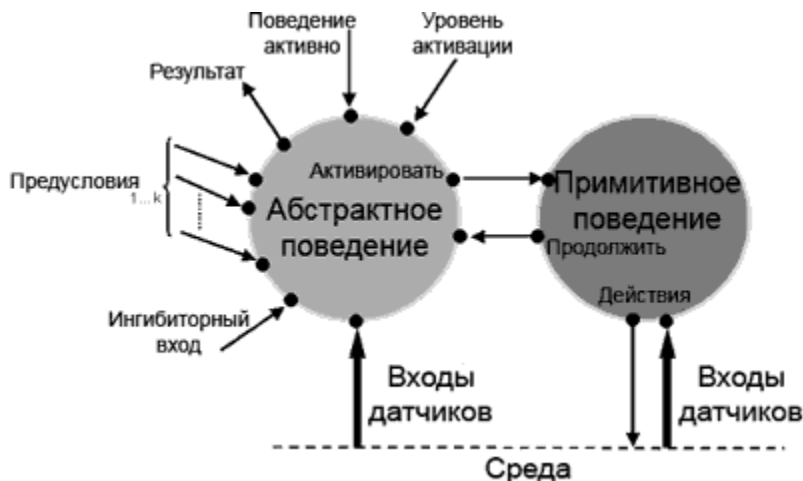


Рис. 3. Структура абстрактного/примитивного поведения

В [5] представлена абстрактная поведенческая архитектура, предлагающая разделение каждого поведения на абстрактную и примитивную составляющие (рис. 3). Абстрактная составляющая (abstract behavior) содержит входы (предусловия выполнения, информацию от датчиков и других поведений) и выходы (активация примитивной составляющей, результат), примитивная составляющая (primitive behavior) служит для непосредственного исполнения задачи данного поведения и активируется при соблюдении условий, описанных в абстрактной составляющей.

Значение выхода «результат» зависит от информации с датчиков и показывает, достигнута цель данного поведения или нет. Такое описание позволяет задавать сложные структуры последовательно связанных поведений. Кроме того, между поведением могут существовать ингибиторные связи, позволяющие избежать конфликтов и исключаящие необходимость арбитража (рис. 4).

Была предложена также обобщенная топология поведенческой сети, где, помимо обычного набора нескольких предусловий у каждого из поведений, т.е. их конъюнкции, используется также операция дизъюнкции, и становятся возможными различные сочетания этих операций, что дает еще большую свободу топологий поведенческих архитектур [6].

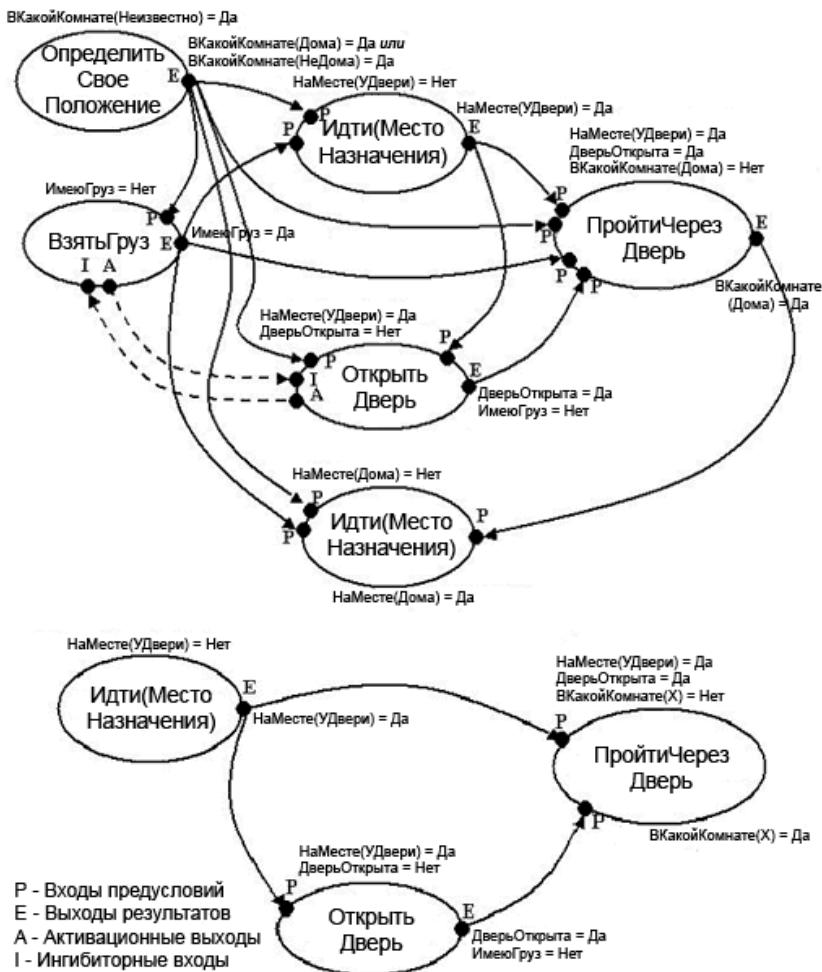


Рис. 4. Пример поведенческой сети робота, выполняющего задачу перемещения груза из одной комнаты в другую. Переключение между двумя сетями осуществляется по таймауту

Для достижения большей гибкости и структурированности поведенческих СУ была предложена архитектура иерархической поведенческой

ской сети (рис. 5), где отдельные поведенческие сети представлены как абстрактные элементы сети более высокого уровня [7]. Это позволяет уменьшить число необходимых связей и упростить разработку поведенческих систем, в том числе, за счет широких возможностей по повторному использованию элементов разработанных систем.

Исследования с использованием колесного робота Pioneer 2-DX, оснащенного 16-ю ультразвуковыми датчиками, лазерным дальномером, подвижной камерой и схватом, показали эффективность предложенных архитектур – во всех тестах робот успешно справился с заданием по переноске груза.

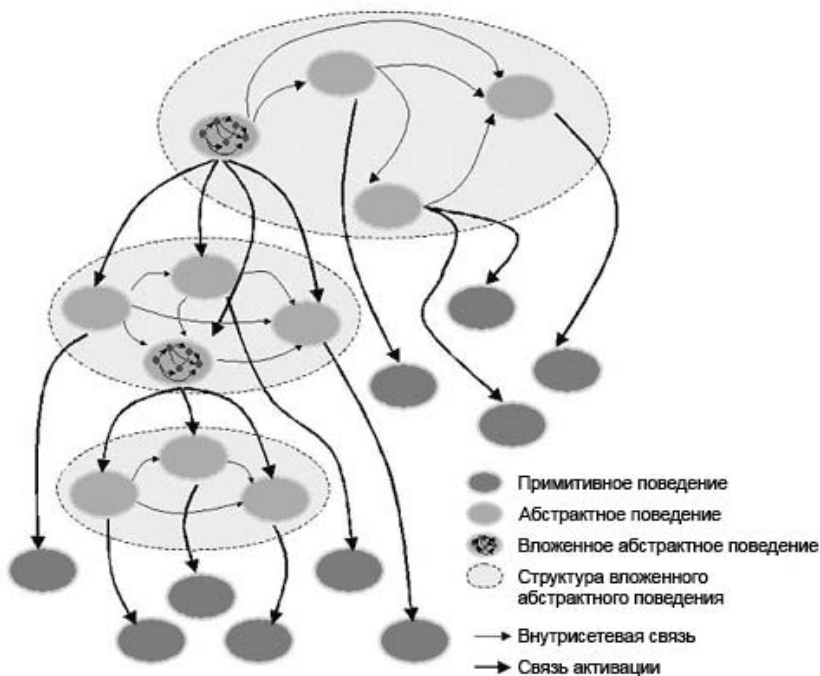


Рис. 5. Общее представление иерархической поведенческой сети

В [8] описан алгоритм обучения на основе положительной и отрицательной обратной связи, позволяющий роботу с поведенческой СУ изменять характер зависимостей между поведением. Каждый раз, когда по-

ступает сигнал положительной обратной связи (например, робот на один шаг приблизился к цели), активные в этот момент поведения получают бонус, поскольку они, возможно, способствовали получению положительного сигнала (после нескольких бонусов они могут быть обозначены как релевантные). Эти поведения в дальнейшем рассматриваются как возможные предусловия для других поведений. Сигнал отрицательной обратной связи приводит к противоположному результату. Каждое из поведений непрерывно анализирует свою релевантность и релевантность других поведений и в зависимости от их изменений устанавливает с ними связи типа «предусловия» или, наоборот, разрывает их. Результатом работы алгоритма является поведенческая сеть, адаптированная для выполнения поставленной задачи.

Шестиногий робот Genghis, управляемый СУ на основе поведенческого подхода с использованием описанного алгоритма, самостоятельно научился передвигаться, координировать движение ног и постепенно выбрал наиболее эффективную походку (по три ноги для шага и три для удержания равновесия). Изначально в его СУ были описаны несколько поведений и минимум зависимостей между ними, затем, по мере совершенствования роботом различных движений, им были синтезированы новые связи, необходимые для выполнения задачи.

Заключение

Поведенческий подход на сегодня является крайне популярной и бурно развивающейся областью, как для исследований, так и для практического применения. Описанные в данной статье методы и алгоритмы демонстрируют широчайшие возможности поведенческих архитектур, многие из которых еще не исследованы.

Методы представления карты местности, описанный в [3, 4], позволяют реализовать локализацию, поиск и оптимизацию маршрутов в рамках поведенческой сети без необходимости применения дополнительных ресурсоемких алгоритмов. Исследования эффективности использования дополнительных датчиков (например GPS), сравнительный анализ различных алгоритмов классификации для данной задачи и исследование возможностей более широкого применения ИНС в поведенческих архитектурах позволят повысить эффективность предложенных алгоритмов и, возможно, разработать новые архитектуры с элементами поведенческого и нейросетевого подходов.

Описанная в [5, 6, 7] абстрактно-иерархическая поведенческая архитектура позволяет на основе поведенческого подхода строить сложные

структурированные алгоритмы, по возможностям сравнимые с делиберативными, но существенно превосходящие их по скорости в силу реактивной природы поведений. За счет такого структурирования снижается и сложность разработки поведенческих систем. Дальнейшие исследования, например, возможности применения более сложных операций над условиями поведений или элементов нечеткой логики позволят расширить спектр применения поведенческой архитектуры при сохранении ее достоинств.

Алгоритм обучения поведенческой сети, описанный в [8], позволяет из набора поведений формировать полноценную поведенческую архитектуру, выполняющую поставленную задачу, что означает способность робота адаптироваться к изменяющимся условиям среды или даже собственной конструкции (например, к потере конечности). Дальнейшие исследования, в частности сравнительный анализ эффективности алгоритмов поиска для данной задачи, позволят ускорить процесс адаптации и повысить отказоустойчивость робота для большего числа возможных ситуаций.

Таким образом, возможности систем управления, основанных на поведении, сопоставимы с возможностями делиберативных систем (а иногда и превосходят их), но при этом поведенческие архитектуры намного менее требовательны к вычислительным ресурсам, а их распределенная природа делает возможным создание робастных и адаптивных СУ без применения дополнительных механизмов. Текущие исследования показывают, что робототехника сегодняшнего и завтрашнего дня будет во многом основана на подобных архитектурах.

Результаты научных исследований поддержаны грантами РФФИ: № 08-08-97039-р_поволжье_a; № 08-08-00774-a.

Список литературы

1. BROOKS R.A. *A robust layered control system for a mobile robot* // IEEE Journal of Robotics and Automation. 1986. № 2(1). P. 14-23.
2. MATARIC M.J. *Situated Robotics* // Encyclopedia of Cognitive Science, Nature Publishers Group, Macmillian Reference Ltd., 2002.
3. MATARIC M.J. *Integration of Representation Into Goal-Driven Behavior-Based Robots* // IEEE Transactions on Robotics and Automation. 1992. № 8(3). P. 304-312.
4. YONG-KYUN NA, SE-YOUNG OH *Hybrid Control for Autonomous Mobile Robot Navigation Using Neural Network Based Behavior Modules and Environment Classification* // Autonomous Robots. 2003. № 15(2). P. 193-206.

5. NICOLESCU M., MATARIC M.J. *Extending Behavior-Based Systems Capabilities Using An Abstract Behavior Representation* // Institute for Robotics and Intelligent Systems Technical Report IRIS-00-389, 2000.

6. NICOLESCU M., MATARIC M.J. *A hierarchical architecture for behavior-based robots* // In International Joint Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems (Agents), Bologna, Italy, Jul 2002.

7. NICOLESCU M., MATARIC M.J. *Natural Methods for Robot Task Learning: Instructive Demonstration, Generalization and Practice* // In International Joint Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems (Agents), Melbourne, Australia, Jul 2003.

8. MAES P., BROOKS R.A. *Learning to Coordinate Behaviors* // Proceedings, 8th National Conference on Artificial Intelligence (AAAI-90), AAAI Press/MIT Press. 1990. P. 796-802.

Разработка математической модели предприятия для оценки эффективности внедрения аутсорсинга

*Муллагалиев М.Р. (mullagaliev@mail.ru),
Казанский государственный технический университет
им. А.Н.Туполева, г. Казань*

Аннотация

Исследуется вопрос эффективности применения аутсорсинга для промышленных компаний. Разработана структурная модель функционирования предприятия с аутсорсингом в нотации IDEF0. На основе структурной модели разработана модель затрат при наличии и без аутсорсинга.

Abstract

The question of efficiency of application of outsourcing for the industrial companies is investigated. Is developed the structural model of functioning of the enterprise with outsourcing in notation IDEF0. On the basis of structural model the model of expenses is developed at presence and without outsourcing.

Введение

В современных условиях хозяйствования возникает проблема поиска неординарных путей повышения эффективности работы, отвечающих требованиям рыночной экономики.

Одним из таких направлений становится аутсорсинг, обеспечивающий предприятию устойчивое конкурентное преимущество. Аутсорсинг как метод ведения бизнеса позволяет сократить размер организации до приемлемого, более управляемого уровня, уменьшить штаты сотрудников, избавиться от отягощающих структуру непрофильных функций, снизить затраты, увеличить доходность, сосредоточиться на приоритетных видах деятельности.

Становятся актуальными исследования возможностей разработки в условиях российской действительности новых методов и прикладных средств и технологий управления, обеспечивающих эффективную предпринимательскую деятельность организаций и увеличение их конкурентоспособности на основе аутсорсинга.

Модель производственного предприятия

Целью научного исследования является построение математической модели производственного предприятия, разработка на основе математической модели подхода к реформированию производственной компании на основе аутсорсинга и оценки рисков внедрения аутсорсинга.

Под управлением аутсорсингом на предприятиях понимается делегирование производственных и управленческих задач, позволяющее обеспечить серьезный рост экономического эффекта, сконцентрировать доступные ресурсы организации на развитии ее основных функций, которые формируют весомое конкурентное преимущество.

Производственный аутсорсинг связан с передачей части производственного процесса или полностью всего цикла производства сторонней компании.

Для решения задачи выбора эффективной формы организации используются методы математического моделирования.

В рассматриваемом проекте структура модели состоит из взаимосвязи процессов как внутри самого предприятия, так и с компаниями-аутсорсерами, в роли которых могут быть как сторонние организации, действующие на рынке, так и подразделения или бизнес-единицы самой корпорации, холдинга или группы, которые оказывают услуги друг другу.

Предприятие представлено в качестве объекта, производящего определенную продукцию, входными данными которого являются основные и оборотные производственные фонды. Выходными данными — готовая продукция, которая представляет скалярную функцию и измеряется в штуках, тоннах, продукции или в денежном выражении.

В работе описана обобщенная замкнутая модель развития производства и реализации продукции, учитывающая движение материальных, финансовых и информационных потоков.

Модель производственного предприятия без использования аутсорсинга

Разработана структурная модель функционирования предприятия с аутсорсингом в нотации IDEF0. На основе структурной модели разработана модель затрат при наличии и без аутсорсинга, имеющая вид:

$$\left. \begin{aligned}
 Z_i(t) &= q_i(t)L_i(t) + C_i(t)(x_i^m(t) - x_{mi}(t))r_i(t) & i = \overline{1, n} \\
 \Phi'_q(t) &= u_q(t) - \beta\Phi_q(t) & q = \overline{1, k} \\
 S_{xi}(t) &= \sum_{j=1}^p S_{mj}(t) + Z_i(t) + \beta\Phi_q(t) & i = \overline{1, n}; j = \overline{1, p}; q = \overline{1, k} \\
 H_l(t) &= e_l(t)P_l(t) + D_l(t)(y_l^m(t) - y_{nl}(t))v_l(t) & l = \overline{1, s} \\
 K'_h(t) &= k_h(t) - \beta K_h(t) & h = \overline{1, b} \\
 S_{Sl}(t) &= \sum_{i=1}^n S_{xi}(t) + H_l(t) + \beta K_h(t) & l = \overline{1, s}; i = \overline{1, n}; h = \overline{1, b} \\
 CP_l(t) &= \frac{S_{Sl}(t) + F_l(t) + N_l(t)}{X_l} & l = \overline{1, s} \\
 Q_l(t) &= CP_l(t)R(t) \\
 W_l(t) &= Q_l(t)X_l(t)
 \end{aligned} \right\}$$

где:

$Z_i(t)$ — затраты на оплату труда персонала, занятого в производстве изделия i -го вида;

n — количество видов изделий;

k — количество видов оборудования участвующих в производстве изделий i -го вида;

p — количество видов материалов необходимых для изготовления изделия i -го вида;

$S_{xi}(t)$ — себестоимость изготовления i -го изделия за время t ;

$S_{mj}(t)$ — стоимость материалов j -го вида;

$\Phi_q(t)$ — основные фонды, участвующие в производстве i -го изделия за время t ;

β — коэффициент амортизация основных фондов;

$q_i(t)$ — средний уровень оплаты труда рабочего, занятого в производстве изделия i -го вида в момент времени t ;

$L_i(t)$ — среднесписочная численность персонала, занятого в производстве изделия i -го вида в момент времени t ;

$C_i(t)$ — коэффициент;

$x_i^m(t)$ — поток выпущенного изделия i -го вида в момент времени t ;

$x_m(t)$ — поток планового выпуска изделия i -го вида в момент времени t ;

$r_i(t)$ — норма рентабельности объекта, занятого в производстве изделия i -го вида в момент времени t ;

$H_l(t)$ — затраты на оплату труда персонала, занятого в сборке конечной продукции l -го вида;

s — количество видов конечной продукции;

b — количество видов оборудования, участвующих в сборке l -го вида конечной продукции;

$K_h(t)$ — основные фонды, участвующие в сборке l -го вида конечной продукции за время t ;

$S_{sl}(t)$ — производственная себестоимость l -го вида конечной продукции;

$e_l(t)$ — средний уровень оплаты труда рабочего, занятого в сборке l -го вида конечной продукции в момент времени t ;

$P_l(t)$ — среднесписочная численность персонала, занятого в сборке l -го вида конечной продукции в момент времени t ;

$D_l(t)$ — коэффициент;

$y_i^m(t)$ — поток выпущенной конечной продукции l -го вида в момент времени t ;

$y_m(t)$ — поток планового выпуска конечной продукции l -го вида в момент времени t ;

$v_i(t)$ — норма рентабельности объекта, занятого в сборке l -го вида конечной продукции в момент времени t ;

Fl — общецеховые расходы l -го вида конечной продукции;

Nl — общезаводские расходы l -го вида конечной продукции;

$CP_l(t)$ — себестоимость единицы выпуска l -го вида конечной продукции за время t ;

$R(t)$ — норма экономической рентабельности предприятия в момент времени t ;

$Q_l(t)$ — цена единицы выпуска l -го вида конечной продукции за время t ;

$W_l(t)$ — поток денежных средств, поступающий на предприятие в момент времени t при реализации продукции $X_l(t)$ по цене $Q_l(t)$.

При решении задачи распределения накладных затрат (общехозяйственных и общезаводских расходов) по конкретным видам конечной продукции используется «метод базовых показателей» (или метод упрощенного АВС). Суть метода составляет понятие локализации издержек по видам продукции.

Для производства в единицу времени продукции $x(t)$ потребуется использовать определенное количество сырья, энергии, труда и т.д. Следует отдельно выделить потоки дефицитных компонентов оборотных фондов, так как на них могут быть наложены отдельные ограничения и из-за их недостатка может задержаться развитие всего производственного процесса.

Стоит отметить, что система имеет решение при соблюдении следующего условия программы выпуска:

$$X_{\text{реал}} = \min \left\{ \frac{L_i}{m_{L_i}}; \frac{\Phi_i}{m_{\Phi_i}}; \frac{V_i}{m_{V_i}}; X_{\text{нр}} \right\};$$

где:

$X_{\text{реал}}$ — максимально возможный выпуск продукции, с учетом имеющихся ресурсов;

L_i — численность производственного персонала, занятого в производстве изделия i -го вида;

m_{L_i} — норматив трудовых затрат на единицу изделия i -го вида;

Φ_i — основные производственные фонды, занятые в производстве изделия i -го вида;

m_{Φ_i} — количество основных производственных фондов необходимых для изготовления единицы изделия i -го вида;

V_i — оборотные производственные фонды, используемые в производстве изделия i -го вида;

m_{V_i} — количество основных производственных фондов необходимых для изготовления единицы изделия i -го вида;

$X_{\text{нр}}$ — плановое значение выпуска продукции.

Если $X_{\text{нр}} \geq \min \left\{ \frac{L_i}{m_{L_i}}; \frac{\Phi_i}{m_{\Phi_i}}; \frac{V_i}{m_{V_i}} \right\}$, программа выпуска выполнима, в про-

тивном случае, возможное значение выпуска продукции определяется наличием наиболее дефицитного вида ресурсов.

Модель производственного предприятия с использованием аутсорсинга

Модель, описывающая бизнес-процессы на предприятии, использующем аутсорсинг, имеет тот же вид, что и в ситуации, описанной ранее, за исключением уравнения, учитывающего себестоимость на этапе сборки конечной продукции.

$$S_{Sl}(t) = \sum_{i=1}^v S_{xi}(t) + \sum_{a=v+1}^n A_{xa}(t) + H_l(t) + \beta K_h(t)$$

$$l = \overline{1, s}; i = \overline{1, v}; a = \overline{v+1, n}; h = \overline{1, b}$$

где:

v — количество видов изделий, произведенных на предприятии;

$n-v$ — количество видов изделий, полученных предприятием от сторонних поставщиков услуг, т.е. компании аутсорсеров;

$A_{xa}(t)$ — стоимость изделий, полученных от компаний аутсорсеров за время t .

Затраты на услуги сторонних поставщиков при использовании аутсорсинга включены в себестоимость конечной продукции на этапе сборки.

Разработанные модели производственного предприятия с использованием и без аутсорсинга позволяют провести расчет эффективности использования аутсорсинга на предприятии на основе затрат.

Оценка рисков предприятия при использовании аутсорсинга

Оценка рисков актуальна по причине того, что перспективы и развитие роста рынка аутсорсинга будут направлены на снижение уровня рисков.

Рассматривая различного рода риски (возможность расторжения контракта с аутсорсером, потеря контроля над производственными процессами, пренебрежение скрытыми затратами аутсорсинга, утечка конфиденциальной информации через персонал аутсорсера и пр.), возникающие в процессе деятельности предприятия при использовании аутсорсинга, возможно смоделировать уровень риска того или иного сценария функционирования предприятия, которые в свою очередь влияют на решение о передаче той или иной производственной задачи на аутсорсинг.

Для определения уровня риска строится модель, учитывающая взаимосвязь рисков, которая позволит дать ответ на вопрос: «Насколько тот или иной сценарий перехода на аутсорсинг является рискованным и чего следует ожидать в случае различных изменений на рынке?»

Заключение

В результате разработки структурной и математической моделей предприятия становится возможным решение задачи определения эффективности внедрения аутсорсинга для предприятия с оптимальным значением мощности предприятия и уровнем затрат на производство.

Список литературы

1. Сиразетдинов Т.К., Родионов В.В., Сиразетдинов Р.Т. Динамическое моделирование экономики региона. — Казань: Изд-во «Фэн» Академии наук РТ, 2005. — 320 с.
2. Сибгатулина Д.Ю. Зарубежный и отечественный опыт аутсорсинга // Экономика. Инвестиции. Инновации (выпуск 1) Межвузовский сб. науч. тр. Сургутский государственный университет. — Сургут, 2007. — 0,4 п. л.
3. Сибгатулина Д.Ю. Учет факторов неопределенности и риска при принятии управленческих решений // Бухгалтерский учет, анализ, финансы на современном этапе развития экономики. Сб. науч. тр. (выпуск I). — Ханты-Мансийск, 2006. — 0,3 п.л.
4. Доценко Е.В. Интеграция аутсорсинга в процесс управления рисками на малом предприятии // Вестник Белгородского университета потребительской кооперации. 2006, № 3 (18). — С. 121—124 (0,4 п. л.).

Предметный указатель

Аутсорсинг,
модель затрат,
Производственный аутсорсинг,
Модель производственного предприятия:
Структурная,
Математическая,
Оценка рисков,

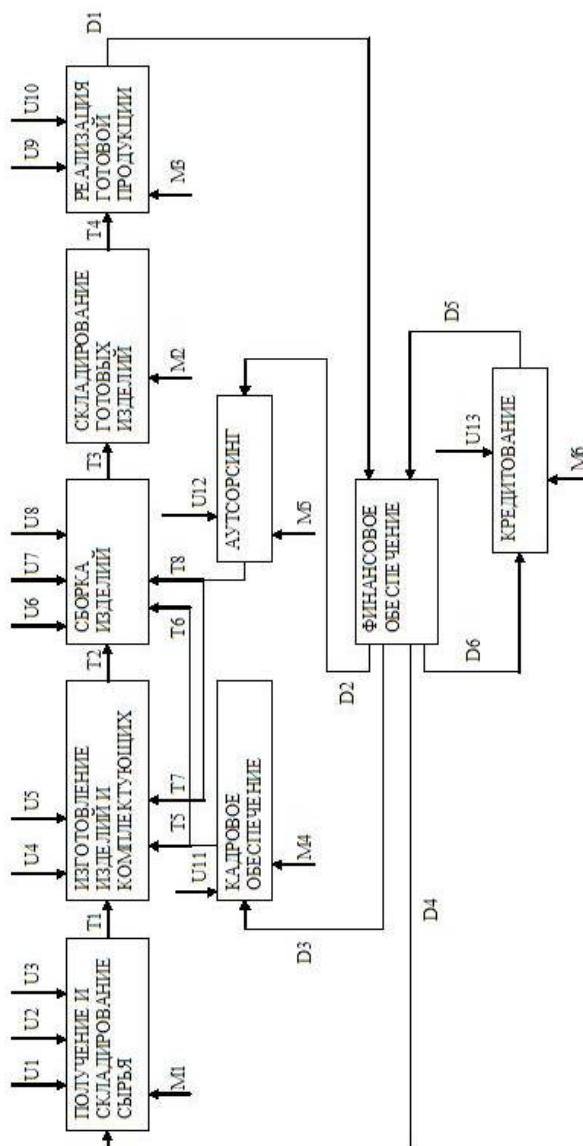


Рис. 1 Диаграмма Полного цикла

ОБОЗНАЧЕНИЯ	ОПИСАНИЕ
УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОВ	
U1	цена j -го вида сырья, руб.
U2	задержка поставки j -го вида сырья, сут.
U3	метод организации запасов
U4	кол-во j -го вида сырья, необходимого для создания i -го вида комплектующего, ед.
U5	мощность производства i -го вида комплектующего, ед. в сут.
U6	кол-во i -го вида комплектующего, необходимого для создания k -го вида продукции, ед.
U7	мощность производства k -го вида продукции, ед. в сут.
U8	цикл производства, сут.
U9	цена на готовую продукцию, руб.
U10	задержка в оплате на готовую продукцию, сут.
U11	порядок выплаты заработной платы
U12	схема взаимодействия «предприятие-аутсорсер»
U13	график кредитных платежей
МЕХАНИЗМЫ ПРОЦЕССОВ	
M1	поставщики сырья и материалов
M2	склад сырья и материалов
M3	склад готовой продукции
M4	штат организации
M5	аутсорсинговые компании
M6	банк
МАТЕРИАЛЬНЫЕ ПОТОКИ ПРОЦЕССОВ	
T1	объем j -го вида сырья, направляемого в производство, ед.
T2	объем i -го вида комплектующих, направляемых на стадию сборки продукции, ед.
T3	выпуск готовой продукции, направляемый на склад готовой продукции, ед.
T4	объем готовой продукции, направляемый на склад готовой продукции, ед.
T5	персонал предприятия, занятый в производстве
T6	персонал предприятия, занятый в сборке продукции

T7	персонал аутсорсинговой компании, занятый в производстве
T8	персонал аутсорсинговой компании, занятый в сборке продукции
ДЕНЕЖНЫЕ ПОТОКИ ПРОЦЕССОВ	
D1	доход от реализации продукции, руб.
D2	объем денежных средств, направляемых на оплату услуг аутсорсинговой компании, руб.
D3	объем выплаты заработной платы, руб.
D4	объем денежных средств, направляемых на закупку j -го вида сырья, руб.
D5	объем полученных кредитов от банка или иного кредитного учреждения, руб.
D6	объем кредитных платежей, руб.

Автоматизация лечебного процесса курорта «Красноусольск»

Попков П.Е. (black_pe@mail.ru),

*Уфимский государственный авиационный технический университет,
г. Уфа*

Специфика работы санатория — совмещение отдыха с лечением. Его структура чрезвычайно развита, а сотрудники вынуждены иметь дело с огромными объемами первичных данных и типовой информации. Службы сервиса, медицинских услуг, питания в санатории испытывают в современных условиях острую необходимость в автоматизации технологических процессов. Автоматизация санатория существенно облегчает работу персонала и делает её более эффективной, позволяет избежать затруднений, связанных с размещением отдыхающих. Сегодня перед санаторием стоит задача не только обеспечить высокий уровень сервиса, но и получить высокую прибыль. Для решения данной задачи необходимы инструменты, позволяющие обеспечить бесперебойную работу предприятия и легко адаптирующиеся под его потребности. Для этого в санатории «Красноусольск» внедрена система управления и контроля «ОТЕЛЬ», в которой при оформлении отдыхающего заводится персональный информационный лист, с которым в дальнейшем работает программа. Данный информационный лист содержит всю необходимую информацию о пациенте: фамилия, инициалы, номер его комнаты, назначение и порядок прохождения медицинских процедур и многое другое.

В настоящее время отлажены и запущены в работу только лишь административные функции системы «ОТЕЛЬ», которые позволяют автоматизировать такие процессы, как бронирование путевок, размещение отдыхающих по номерам, выдача электронных ключей, составление расписания приема процедур и приема пищи, а также получение всей необходимой информации об отдыхающем при помощи большого числа отчетов. Большой же интерес представляет медицинская часть работы санатория «Красноусольск».

Необходимо автоматизировать лечебный процесс, основными функциями которого являются введение баз данных по всем аспектам пребывания отдыхающих в санатории, автоматизация процесса назначения лечений при известном диагнозе, ведение листа самоконтроля пациента по заранее определенным параметрам, автоматизированное ведение истории болезни, учет лекарственных препаратов, статистическая обработка дан-

ных по заболеваниям и представленным лечебно-диагностическим процедурам, планирование посещения медицинских услуг, централизованный контроль выдачи и прохождения медицинских услуг. Эта задача не из легких, именно её приходится решать в нашей работе.

Главной целью автоматизации лечебного процесса является облегчение работы врача, повышение качества обслуживания и ускорение прохождения этапа назначения лечений на начальной стадии пребывания в санатории, используя базу знаний заболеваний и методик их лечения-реабилитации, составленной на основе антологии предметной области.

В основу автоматизации лечебного процесса заложена система слежения за процессом оздоровления клиента на основе методики самоконтроля за его состоянием после принятия различного рода процедур, на основе специально разработанного комплекса моделей.

Система будет способствовать повышению качества медицинских услуг, разносторонними способами оценивать эффективность оздоровительного процесса, давать возможность постоянно контролировать процесс лечения более опытными специалистами.

Проблемы информационной безопасности в гетеромасштабных системах управления

*Поскребышев И.А. (ivan@skypoint.ru), Кудрявцев А.А.
(root@skypoint.ru),*

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, г. Москва

Аннотация

Рассмотрены проблемы обеспечения защиты информации в управляющих системах, имеющих в своем составе связи между компонентами с выраженным отличием в масштабе на примере управляющей системы АЭС. Локальные в пределах подсистемы, среднемасштабные в пределах нескольких компактно размещенных подсистем одного уровня, крупномасштабные связи между компонентами системы одного уровня.

Для управляющей системы АЭС это:

- АСУ ТП отделения, АСУ ТП блока;
- АСУ ТП станции (система верхнего станционного уровня (СВСУ));
- АСУ ТП нескольких станций (кризисный центр).

Ключевые слова: управляющие системы, распределенные сети, защита от несанкционированного доступа, идентификация программных и аппаратных средств, идентификация операторов.

Введение

Современное АСУ ТП крупных объектов реализуется как распределенная по функциям и средствам система автоматизации с централизованным контролем и управлением, т.е. система, предназначенная для управления и защиты технологического объекта сама по себе представляет значительную опасность и нуждается в защите [2, 4]. Данный факт признается международной общественностью, работающей в этой области, выпущена серия международных стандартов и документов, посвященная указанной проблематике: стандарты МЭК-IEC 61508 и IEC 61511, вышедший в 2007 г. стандарт ANSI: Part 1 standard ANSI/ISA-99.00.01-2007, документ: Technical report security Technologies for Industrial Automation and Control Systems ANSI/ISA-TR99.00.01-2007.

Топология сети АЭС является важным элементом информационной безопасности. Необходимость сохранения топологии сети — один из аспектов защиты от несанкционированного доступа. Где под топологией

подразумевают как число узлов в сети (компьютеров), так и связи между отдельными узлами. Отдельные узлы сети современной АЭС физически могут находиться на значительном расстоянии от основных узлов. Такими узлами являются подсистемы, не входящие непосредственно в АСУ ТП, но участвующие в общем функционировании АЭС. Каждый из них — это сложный программно-технический комплекс со своим персоналом, спецификой использования.

Для каждой подсистемы АЭС, независимо от её масштаба, актуальна проблема защиты от несанкционированного доступа. В каждой подсистеме может быть своя реализация общих задач защиты, в зависимости от технических и информационных свойств. Угрозы и способы защиты для всех подсистем имеют общие черты, как в пределах каждой подсистемы, так и для всего комплекса в целом.

Важнейшим компонентом безопасности любой информационной системы, в том числе и АСУ ТП АЭС, является аутентификация абонентов системы, т.е. *подтверждение подлинности абонентов*. Абонентами распределенной сети можно считать пользователей (операторов) и программно-технические средства АСУ ТП АЭС.

Подсистема аутентификации, используя различные методы, предоставляет пользователю доступ в систему. Эти методы можно разделить на три группы: аутентификация по паролю, аутентификация с помощью внешних устройств, аутентификация с использованием персональных свойств пользователя – биометрических данных.

Аутентификация с использованием пароля проста в использовании и реализации и применяется со времени появления многопользовательских систем, но при этом не очень надёжная. Пароль можно подсмотреть, перехватить в канале связи или подобрать. Запомнить же сложные пароли пользователям тяжело.

Аутентификация с использованием внешних устройств более надёжна [5], но при этом сами устройства могут быть переданы другому лицу или просто похищены.

Биометрические средства аутентификации самые дорогие, а эффективность распознавания у разных способов и средств аутентификации достаточно варьируется [6].

Кроме аутентификации конкретных пользователей рабочих станций требуется аутентификация программно-технических средств верхнего уровня АСУ ТП АЭС в целом.

Для этого необходимо рассматривать программно-технические средства не только с программной, но и с аппаратной стороны. Это необхо-

димо для защиты АСУ ТП АЭС от подмены программно-технических средств на аналогичные, но выполняющие скрытые функции.

Особенности каждого метода аутентификации не позволяют применить только одни из них для решения задачи защиты АСУ ТП АЭС. В работе рассмотрен комплексный подход по обеспечению аутентификации абонентов и средств АСУ ТП на примере АСУ ТП АЭС «Куданкулам» (Индия).

1. Проблема аутентификации

Доступ к оборудованию сети контролируется административными средствами. При этом доступ к программным средствам осуществляется посредством использования паролей.

Административные средства позволяют осуществлять и фиксировать доступ к определённой группе оборудования, расположенного в определённых зданиях, залах и комнатах, а также вести видеонаблюдение за персоналом. При этом для пользователей, имеющих одинаковые права, возможен доступ к группе рабочих станций отделения.

При доступе к рабочей станции, при загрузке программного обеспечения пользователь проходит процедуру аутентификации. Но такая аутентификация выполняется только при запуске системы или при плановой перезагрузке программно-технических средств в процессе обслуживания. Всё остальное время система функционирует непрерывно. И при смене операторов не осуществляется выгрузка программного обеспечения.

Возникает проблема контроля пользователей в процессе работы системы: присутствует ли оператор на рабочем месте, выполняет ли свои обязанности, не работает ли на конкретной рабочей станции другой оператор.

Для решения данной проблемы можно было бы использовать такое биометрическое средство непрерывной аутентификации, как аутентификация по геометрии лица. Но данное средство аутентификации имеет очень высокую вероятность ошибки, зависит от освещённости и вариаций положения головы. Поэтому данную проблему решают средства видеонаблюдения.

Но вести непрерывное наблюдение за персоналом – это большая нагрузка на оператора службы безопасности. Необходимо учесть влияние человеческого фактора. Возможна ситуация, когда оператор службы безопасности не сможет вовремя отреагировать на событие вследствие того, что не увидел его вовремя или вообще.

2 Аутентификация конкретного пользователя.

Для дополнительной аутентификации операторов необходимо включить в программное обеспечение средства непрерывной аутентификации, но при этом они никак не должны влиять на работу системы, а лишь информировать оператора службы безопасности о возможном нарушении режима безопасности. При этом дальнейшие действия оператора службы безопасности будут направлены на устранение нарушения в конкретном месте системы, в частности наблюдение за конкретной рабочей станцией и принятие каких либо мер в соответствии с возникшей ситуацией.

Способы передачи идентификационных признаков конкретного оператора можно разделить на программные, реализуемые в рамках уже функционирующего ПО, и программно-аппаратные, реализуемые с применением дополнительных аппаратных средств аутентификации.

В качестве программных средств передачи идентификационных признаков может быть использована технология аутентификации на основе одноразовых паролей (ОТР, One Time Password) [3]. Для этого необходимо выполнять запрос кода оператора (В качестве дополнительной аутентификации предлагается выводить на экран рабочей станции), который оператор получает от оператора службы безопасности при выходе на рабочую смену. Запрос должен выполняться периодически или по расписанию, а код должен быть уникален для каждого оператора и рабочей смены. Если в течение заданного промежутка времени оператор не подтвердит своё присутствие, введёт неверный код или код другого оператора, то на пульт оператора службы безопасности поступит соответствующий сигнал.

Частота, с которой необходимо запрашивать код оператора, должна выбираться индивидуально для конкретной системы и зависеть от выполняемой на АСУ ТП задачи, чтобы не мешать рабочему процессу. При этом каждый оператор на рабочем месте, как минимум один раз, при принятии смены должен вводить полученный код. Но такой метод для непрерывной аутентификации не подходит, так как обеспечивает аутентификацию лишь с определенной периодичностью.

Программные способы аутентификации, анализирующие поведение оператора и использующие алгоритмы обучения, не могут быть использованы для АСУ ТП АЭС с большим количеством часто меняющихся операторов. Появление нового оператора потребует длительного процесса обучения. Кроме того, само обучение будет невозможно в связи со строго регламентированными действиями операторов, что не позволит в достаточной степени выявить индивидуальные особенности поведения.

Программно-аппаратные средства передачи идентификационных признаков могут различаться по виду идентификационных признаков и способу считывания.

По способу считывания они подразделяются на контактные, дистанционные (бесконтактные) и комбинированные (сочетание обоих методов считывания). По виду используемых идентификационных признаков они могут быть электронными, биометрическими и комбинированными.

Наиболее подходящими программно-аппаратными средствами для непрерывной аутентификации операторов АСУ ТП АЭС являются бесконтактные средства.

Среди биометрических средств аутентификации наиболее удобным был бы способ определения геометрии лица, но он имеет высокую вероятность ошибки $5e10^{-2}$. Другие биометрические средства аутентификации, такие как считывание отпечатка пальца, геометрии руки, радужной оболочки глаза, сетчатки глаза, несмотря на достаточно низкую вероятность ошибки, не подходят для непрерывной аутентификации, так же, как и технология аутентификации на основе одноразовых паролей.

Среди электронных средств могут быть использованы устройства на базе идентификаторов Proximity (от англ. proximity — близость, соседство) или RFID-системы (radio-frequency identification — радиочастотная идентификация) [6]. Радиочастотные идентификаторы выпускаются в виде карточек, брелоков, браслетов, ключей и т. п. К недостаткам RFID-систем относят слабую электромагнитную защищенность.

Считывание идентификатора может выполняться на расстоянии до нескольких метров, что позволит определять присутствие оператора на рабочем месте непрерывно или по запросу. Для этого наиболее удобным будет размещение идентификатора в пропуске на объект. Подойдет и любая другая административная форма прохода на объект, которая обяжет оператора носить идентификатор с собой. При этом идентификатор не обязательно всегда должен быть привязан к конкретному оператору. Идентификатор может выдаваться оператору на рабочую смену, а привязку конкретного идентификатора к оператору на время смены будет осуществлять оператор службы безопасности.

3. Аутентификация программно-технического средства

Для идентификации конкретных программно-технических средств необходимо использовать дополнительные средства аутентификации программных и аппаратных компонент.

Одним из средств контроля является система контроля целостности программного обеспечения и диагностики программно-технических средств.

Большинство современных АСУ ТП АЭС имеют в своем составе диагностические системы, обеспечивающие диагностику и управление функционированием программно-технических средств АСУ ТП (Тяньваньская АЭС Китай — OM-650 Siemens Германия, Данженес АЭС ADACS (Advanced Data processing And Control System) Sema Group Франция). ИПУ РАН является разработчиком программного обеспечения верхнего уровня для АСУ ТП АЭС «Бушер» и «Куданкулам».

В ИПУ РАН для АСУ ТП АЭС «Бушер» и «Куданкулам» разрабатывается и внедряется гибкая распределенная система диагностики и управления программно-технических средств [8]. Но, как правило, такие системы контролируют конкретные программные компоненты системы в соответствии с файлом конфигурации, расположенном локально. Следовательно, контролю подвергаются не все компоненты программной среды, невозможно проконтролировать компоненты, внедрённые после настройки системы контроля, и существует риск несанкционированного изменения этих настроек.

В системе также есть средства контроля состояния определённых параметров программной среды. Но контролю не подвергается состояние программной среды в целом.

Замена оборудования на аналогичное, но выполняющее скрытые функции, или исполнение внедрённого программного кода может не отслеживаться ни системой контроля целостности, ни системой диагностики.

Для более полной и точной идентификации программно-технических средств можно периодически получать образ системы, который будет сравниваться с эталонным образом в системе диагностики. В случае несоответствия образов система диагностики выдаст соответствующий сигнал.

Состояние программно-технического средства можно разделить на три логических компонента:

— состояние технических средств включает в себя информацию о наличии конкретных технических компонентов и их аппаратных идентификаторах.

— состояние данных на жестком диске включает в себя информацию о всех файлах, присутствующих в системе, и их контрольных суммах, файлов, которые могут появиться в системе и где они могут находиться.

— состояние оперативной памяти и рабочей программной среды включает информацию о выполняемых в программной среде процессах, процессах, которые могут быть выполнены, занимаемой процессами оперативной памяти и памяти, которую эти процессы могут занимать.

Контроль по описанным компонентам системы позволит исключить возможность:

- подмены оборудования на аналогичное;
- подмены или изменения файлов, создания новых файлов;
- выполнения каких-либо процессов, не предусмотренных в системе;
- нарушений в работе АСУ ТП в результате влияния не штатно функционирующих программно-технических средств.

При этом передачу информации о состоянии программно-технического средства в систему диагностики необходимо осуществлять в зашифрованном виде для невозможности подмены сигнала.

Заключение

В данной работе рассмотрена проблема аутентификации конкретного оператора АСУ ТП АЭС и предложены варианты решения этой проблемы за счёт дополнительных программных и аппаратных средств. Рассмотрены возможные угрозы функционированию АСУ ТП АЭС в результате нарушений в программно-технических средствах и предложен метод расширения функций систем диагностики и контроля целостности программного и аппаратного обеспечения в рамках аутентификации программно-аппаратных средств для решения данной проблемы.

Литература

1. Голов А., Прудников И. Аутентификация пользователей — современные методы // «СЮ» №4 14.04.2006.
2. Нестеренко П.Г. и др. Построение отказоустойчивых систем автоматизации технологических объектов // Автоматизация в промышленности. — №10. — 2007. — С. 3.
3. Сабанов А. Роль аутентификации при обеспечении защищенного удаленного доступа // Aladdin Security Solutions 20.02.2008.
4. Федоров Ю.Н. Тенденции развития безопасных систем автоматизации // Автоматизация в промышленности. — №8. — 2007. — С. 3.
5. Хоуи Д. Варианты аутентификации // Windows IT Pro. — № 03. — 2007 «Открытые системы».

6. *Шрамко В.Н.* Аппаратно-программные средства контроля доступа // PCWeek/RE. — №9. — 2003.

7. Порядок разработки, интеграции и ввода в действие Системы верхнего блочного уровня АСУ ТП АЭС «Бушер 1». Руководящий документ РДА 20-2003 (проект) ИПУ РАН, 2003.

8. Системное программное обеспечение LICS1000. Спецификация. Программное обеспечение систем, важных для безопасности АЭС. ИПУ РАН. 2006.

О взаимодействии целей в многокритериальных задачах

Семенов Б.А. (*bsemenov@at-consulting.ru*), Леденева Т.М.
Воронежский государственный университет, г. Воронеж

Аннотация

Описывается подход к анализу критериев в задачах многокритериальной оптимизации на основе вводимой меры взаимодействия целевых функций.

Ключевые слова: многокритериальная оптимизация, нечеткая логика, агрегирование.

Abstract

The approach on the basis of an entered measure of interaction of criterion functions to the analysis of criteria in multi-objective optimization problems is described.

Введение

Многокритериальность является особенностью реальных систем, при этом критерии, которые необходимо оптимизировать, зачастую противоречат друг другу. Универсальным способом борьбы с многокритериальностью является переход к обобщенному критерию, который и оптимизируется. В основе такого перехода лежит использование различных функций агрегирования, причем результат не всегда поддается интерпретации, т.к. агрегирование вводится искусственным образом, поэтому возникает вопрос об адекватности полученного оптимального решения.

В данной статье предлагается подход к анализу взаимодействия критериев задач многокритериальной оптимизации на основе введения меры взаимодействия между критериями и использования ее для задания стратегии агрегирования.

Мера взаимодействия целевых функций

Рассмотрим задачу многокритериальной оптимизации следующего вида

$$\left\{ \begin{array}{l} f_1(x) \rightarrow \max \\ \dots \\ f_n(x) \rightarrow \max \\ x \in X, \end{array} \right. \quad (1)$$

где $x = (x_1, \dots, x_n)^T \in R^n$, $X \subseteq R^n$ — множество допустимых решений задачи (1); $\forall i = \overline{1, N}$ ($f_i : R^n \rightarrow R$) — целевые функции (критерии).

Будем считать, что все функции f_i ($i = \overline{1, N}$) являются непрерывно дифференцируемыми в X , тогда для каждой целевой функции определен градиент в любой точке $x \in X$

$$\nabla f_i(x) = \left(\frac{\partial f_i(x)}{\partial x_1}, \dots, \frac{\partial f_i(x)}{\partial x_n} \right)^T -$$

вектор, указывающий направление, в котором значение целевой функции увеличивается.

Заметим, что целевые функции в задаче (1) могут взаимодействовать различным образом. К основным типам взаимодействия относятся: кооперация, конфликт.

В случае кооперации достижение одной цели способствует достижению другой. Очевидно, что в этом случае эффект от достижения обеих целей превышает эффекты от каждой цели, взятой в отдельности. При конфликте целей достижение одной из целей приводит к тому, что другая цель не может быть достигнута.

Так как все функции f_i ($i = \overline{1, N}$) непрерывно дифференцируемы в X , то для любой точки x^0 из X и произвольного ненулевого приращения $p \in R^n$ можно определить производную по направлению p от функции $f_i(x)$ в точке x^0 . Если направление p задать с помощью единичного вектора с координатами $e = (\cos \alpha_1, \dots, \cos \alpha_n)$, то производная в точке x^0 по направлению, определяемому вектором e , определяется как скалярное произведение векторов $\nabla f_i(x^0)$ и e , т. е.

$$\frac{\partial f_i(x^0)}{\partial e} = (\nabla f_i(x^0), e).$$

Заметим, что:

а) производная функции $f_i(x)$ в точке x^0 по направлению, определяемому градиентом этой функции в указанной точке, имеет максимальное значение по сравнению с производной в этой точке по любому другому направлению;

б) значение производной функции $f_i(x)$ по направлению, определяемому градиентом этой функции в данной точке, равно $|\nabla f_i(x^0)|$, т. е. длине вектора $\nabla f_i(x^0)$ в данной точке.

В самом деле,

$$\frac{\partial f_i(x^0)}{\partial e} = (\nabla f_i(x^0), e) = |\nabla f_i(x^0)| \cdot |e| \cdot \cos \varphi,$$

где $\varphi \in [0, \pi]$ – угол между векторами $\nabla f_i(x^0)$ и e . Так как $|e| = 1$, то

$$\frac{\partial f_i(x^0)}{\partial e} = |\nabla f_i(x^0)| \cdot \cos \varphi.$$

Максимальное значение производной $\frac{\partial f_i(x^0)}{\partial e}$ имеем при $\cos \varphi = 1$, т. е. при совпадении направления e с направлением $\nabla f_i(x^0)$, причем производная по этому направлению будет равна $|\nabla f_i(x^0)|$.

Рассмотрим две целевых функции $f_i(x)$ и $f_j(x)$. Определим направление e_j , задаваемое вектором градиента $\nabla f_j(x)$, в некоторой точке x^0 в виде:

$$e_j = \left(\frac{\partial f_j(x^0)}{\partial x_1} / \sqrt{\sum_{k=1}^n \left(\frac{\partial f_j(x^0)}{\partial x_k} \right)^2}, \dots, \frac{\partial f_j(x^0)}{\partial x_n} / \sqrt{\sum_{k=1}^n \left(\frac{\partial f_j(x^0)}{\partial x_k} \right)^2} \right)^T = \tilde{\nabla} f_j(x^0).$$

Заметим, что $|e_j| = |\tilde{\nabla} f_j(x^0)| = 1$, так что координаты представляют собой направляющие косинусы градиента функции $f_j(x)$ в точке x^0 .

Производная по направлению e_j от целевой функции $f_i(x)$ в некоторой точке x^0 :

$$\frac{\partial f_i(x^0)}{\partial e_j} = \frac{(\nabla f_i(x^0), \nabla f_j(x^0))}{|\nabla f_j(x^0)|}.$$

Аналогично можно определить производную целевой функции $f_j(x)$ по направлению $e_i = \tilde{\nabla} f_i(x^0)$, задаваемому градиентом $\nabla f_i(x)$ в некоторой точке x^0 .

Таким образом, для функции $f_i(x)$ имеем производную $\frac{\partial f_i(x^0)}{\partial e_j}$ по направлению e_j в точке x^0 , при этом ее максимальное значение $|\nabla f_i(x^0)|$ достигается в направлении, задаваемом градиентом $\nabla f_i(x^0)$ в этой же точке. Следовательно, для оценки отклонения направления e_j от направления, соответствующего градиенту $\nabla f_i(x^0)$, можно использовать величину

$$k_j(f_i)|_{x^0} = \frac{\partial f_i(x^0)}{\partial e_j} = (\tilde{\nabla} f_i(x^0), \tilde{\nabla} f_j(x^0)).$$

С другой стороны,

$$k_j(f_i)|_{x^0} = \frac{\partial f_i(x^0)}{\partial e_j} = \frac{(\nabla f_i(x^0), \nabla f_j(x^0))}{|\nabla f_j(x^0)| \cdot |\nabla f_i(x^0)|} = \cos \gamma,$$

где $\gamma \in [0, \pi]$ – угол, образованный градиентами $\nabla f_i(x^0)$ и $\nabla f_j(x^0)$ в некоторой точке x^0 . $\cos \gamma \in [-1, 1]$. Если $\cos \gamma > 0$, то γ — острый угол (и можно говорить о кооперации соответствующих целевых функций); если $\cos \gamma = 0$, то $\gamma = \frac{\pi}{2}$, т. е. градиенты образуют прямой угол, тогда цели будем считать независимыми; если $\cos \gamma < 0$, то угол γ является тупым (и можно говорить о конфликте), поскольку при $\cos \gamma = -1$, $\gamma = \pi$ и векторы $\nabla f_i(x^0)$ и $\nabla f_j(x^0)$ противоположно направлены. Если $\cos \gamma = 1$, то $\gamma = 0$ и векторы $\nabla f_i(x^0)$ и $\nabla f_j(x^0)$ одинаково направлены.

Рассмотрим некоторые свойства введенного коэффициента, предполагая, что он вычислен в некоторой точке x^0 .

$k_j(f_i)|_{x^0} = k_i(f_j)|_{x^0}$, поэтому в дальнейшем коэффициент взаимодействия целевых функций $f_i(x)$ и $f_j(x)$ в некоторой точке x^0 будем обозначать $k_{ij}(x^0) = k_{ji}(x^0)$. Заметим, что

$$k_{ii}(x^0) = \frac{\frac{\partial f_i(x^0)}{\partial e_i}}{|\nabla f_i(x^0)|} = \frac{(\nabla f_i(x^0), \nabla f_i(x^0))}{|\nabla f_i(x^0)| \cdot |\nabla f_i(x^0)|} = 1.$$

Рассмотрим частный случай задачи (1), когда все целевые функции линейны, т.е.

$$\forall i = \overline{1, N} \left(f_i(x) = \sum_{k=1}^n c_{ik} \cdot x_k \right),$$

где $x = (x_1, \dots, x_n)^T \in X \subseteq R^n$, $c_i = (c_{i1}, \dots, c_{in})^T$ — вектор коэффициентов целевой функции.

В линейном случае градиент полностью определяется коэффициентами целевой функции $\nabla f_i(x) = c_i$ и представляет собой константу.

Коэффициент взаимодействия целевых функций определяется следующим образом:

$$k_{ij} = \cos \gamma = \frac{(c_i, c_j)}{|c_i| \cdot |c_j|} = \frac{\sum_{k=1}^n c_{ik} \cdot c_{jk}}{\sqrt{\sum_{l=1}^n c_{il}^2} \cdot \sqrt{\sum_{l=1}^n c_{jl}^2}}.$$

Анализ взаимодействия на основе введенной меры

Для определения типа взаимодействия поступим следующим образом. Разобьем $[0, \pi]$ на три промежутка $[0, \pi] = [0, \pi/3] \cup (\pi/3, 2\pi/3) \cup [2\pi/3, \pi]$.

Заметим, что разбиение можно осуществить иначе. Главное, чтобы получаемые промежутки поддавались интерпретации, и на их основе можно было строить качественные оценки взаимодействия целей.

С учетом введенного разбиения на основе коэффициентов k_{ij} можно сформулировать следующие правила принятия решений:

а) чем ближе k_{ij} к 1, тем в большей степени целевые функции $f_i(x)$ и $f_j(x)$ являются кооперирующими, поэтому если $k_{ij} \in \left[\frac{1}{2}, 1 \right]$, то цели кооперируют;

б) чем ближе k_{ij} к -1, тем в большей степени цели $f_i(x)$ и $f_j(x)$ конфликтующие, поэтому, если $k_{ij} \in \left[-1, -\frac{1}{2} \right]$, то цели конфликтуют;

в) чем ближе k_{ij} к 0, тем в большей степени цели независимы, поэтому, если $k_{ij} \in \left[-\frac{1}{2}, \frac{1}{2} \right]$, то цели независимы.

Вычислив коэффициенты взаимодействия для каждой пары целевых функций, можно сформировать матрицу $K = \{k_{ij}\}_{N \times N}$ с элементами $|k_{ij}| \leq 1$, которая задает рефлексивное и симметричное бинарное отношение. На основе него можно сформировать различные подходы. Во-первых, знаки коэффициентов уже позволяют сделать вывод о типе взаимодействия, во-вторых, важна и количественная оценка такого взаимодействия.

В первом случае, на наш взгляд, целесообразно использовать модель в виде знакового графа, элементы матрицы смежности $A = \{a_{ij}\}_{N \times N}$ которого определяются по правилу

$$a_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если } k_{ij} \in \left[\frac{1}{2}, 1 \right], \\ -1, & \text{если } k_{ij} \in \left[-1, -\frac{1}{2} \right], \\ 0, & \text{если } k_{ij} = k_{ji} \in \left[-\frac{1}{2}, \frac{1}{2} \right]. \end{cases}$$

Заметим, что данный граф является неориентированным, а каждому ребру ставится в соответствие знак + или - в зависимости от определения a_{ij} . Знак цепи и цикла определяется как произведение знаков, входящих в них ребер, если знак + заменить на +1, а знак - на -1. Знаковые графы использовались для изучения малых групп на предмет отсутствия напряжения и способности хорошо работать совместно. Такие группы называются *сбалансированными*. В [2] предложен следующий

критерий баланса: знаковый граф сбалансирован тогда и только тогда, когда его вершины можно разбить на два класса, так, что каждое ребро внутри класса имеет знак «+» и каждое ребро между двумя классами имеет знак «-».

В приложении к исследованию знакового графа взаимодействия целевых функций данный критерий и процедуры, позволяющие получить разбиение множества вершин на классы, позволяет определить, является ли множество целей сбалансированным, в котором отсутствует напряжение, или нет. Другое понятие, которое может оказаться ценным для анализа, — это группированность.

Будем говорить, что знаковый граф является *группируемым* (или соответствует *идеализированной партийной структуре*), если множество его вершин можно разбить на классы таким образом, что все ребра, соединяющие вершины одного класса, положительны, а все ребра, соединяющие вершины разных классов, отрицательны.

В нашем случае группированность означает, что множество целевых функций может быть разбито на классы таким образом, что цели, принадлежащие одному классу, кооперируют между собой, в то время как сами классы являются конкурирующими.

Для оценки силы взаимодействия целей воспользуемся понятием нечеткого множества. В этом случае каждому из промежутков $\left[0, \frac{\pi}{3}\right], \left(\frac{\pi}{3}, 2\frac{\pi}{3}\right), \left[2\frac{\pi}{3}, \pi\right]$ ставится в соответствие промежуток изменения $\cos \gamma$. Соответственно имеем $\left[\frac{1}{2}, 1\right], \left(-\frac{1}{2}, \frac{1}{2}\right), \left[-1, -\frac{1}{2}\right]$. На каждом из промежутков построим функцию принадлежности нечеткого множества, которая характеризует и тип взаимодействия, и силу. Такой подход, по сути, приводит к построению лингвистической шкалы $S = \{t\}$ для лингвистической переменной *сила взаимодействия*, содержащей, например, следующий набор термов $\{t_1 = \text{положительная}, t_2 = \text{нулевая}, t_3 = \text{отрицательная}\}$. Заметим, что можно рассматривать другие лингвистические переменные — *степень конфликта (конкуренции)*, *степень кооперации*, и тогда термы будут сформулированы иначе. Кроме того, шкала может быть дополнена другими термами. Например, лингвистическая шкала $\{t_1 = \text{положительная}, t_2 = \text{слабо положительная}, t_3 = \text{нулевая}, t_4 = \text{слабо отрицательная}, t_5 = \text{отрицательная}\}$ является более чувствительной. Функции принадлежности лингвистических термов можно задать по-разному [1,5].

Использование лингвистической шкалы для оценки взаимодействия целевых функций позволяет сформировать матрицу $M = \{m_{ij}\}_{N \times N}$, где элемент m_{ij} — это терм, функция принадлежности, которого максимальна в точке k_{ij} . k_{ij} — коэффициент взаимодействия целевых функций $f_i(x)$ и $f_j(x)$.

В данном случае нечеткое отношение, определяемое матрицей M , является лингвистическим. Его можно использовать для определения лингвистической оценки характера взаимодействия некоторой фиксированной целевой функции $f_i(x)$ с остальными целевыми функциями. После вычисления лингвистических оценок множество целевых функций может быть разбито на классы функций, *конкурирующих с большинством остальных целей, кооперирующих с большинством целей или независимых от большинства других целей.*

Если выявлены классы кооперирующих целей, то каждому из них можно поставить некоторую единственную цель (сформулированную по определенным правилам), что приведет к сокращению количества целевых функций в задаче.

Заключение

В статье введена мера взаимодействия между целевыми функциями задачи многокритериальной оптимизации. На основе меры предложены подходы к качественному и количественному анализу взаимодействия критериев. Для этого использованы модель в виде знакового графа и введение лингвистических переменных.

Список литературы

1. Леденева Т. М. Обработка нечеткой информации / Т. М. Леденева. — Воронеж : Изд-во Воронеж. гос. ун-та, 2006. — 235 с.
2. Робертс Ф. С. Дискретные математические модели с приложениями к социальным, биологическим и экологическим задачам / Ф. С. Робертс; пер. с англ. А. М. Раппопорта, С. И. Травкина; под ред. А. И. Теймана. — М.: Наука, 1986. — 496 с.
3. Carlsson C. Multiple Criteria Decision Making: The Case for Interdependence / C. Carlsson, R. Fuller // Computers & Operations Research. —

1995. — № 22. — P. 251–260. — URL: <http://users.abo.fi/rfuller/co95.pdf>
(дата обращения: 24.07.2009).

4. Delgado M. A possibilistic approach for multiojective programming problems. Efficiency of solutions / M. Delgado, J.L. Verdegay, M.A. Vila // Stochastic versus Fuzzy Approaches to Multiobjective Mathematical Programming under Uncertainty. — Dordrecht : Kluwer Academic Publisher, 1990. — P. 229–248.

5. Zadeh L. A. Fuzzy Sets / L. A. Zadeh // Information and Control. — 1965. — V. 8. — P. 338–353.

УДК 334.021

Разработка моделей и методов повышения эффективности управления стоимостью холдинга

Синюков А.В. (lexx67@gmail.com)

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, г. Москва

Аннотация

Рассматривается задача управления стоимостью холдинга, разработаны методы и использованы модели стоимости компании, адекватно учитывающие не только операционный, но и инвестиционный процесс. В работе показано выявление ключевых факторов стоимости и применение методов факторного анализа, позволяющих эффективно управлять компанией, выбор и обоснование модели факторного анализа для целей оценки и управления стоимостью компаний холдингового типа, приведены основные модели определения стоимости капитала и их оптимизация.

Ключевые слова: стоимость компании, управление холдингом, инвестиционный процесс, эффективность инвестиций, стоимость капитала, финансовый кризис, факторный анализ.

В настоящее время проблемы управления стоимостью и управления холдингом раскрыты достаточно слабо.

Понятие стоимости трактуется достаточно широко: можно понимать стоимость как цена, по которой компания может быть продана на внешнем рынке, можно определить как цену, основанную на ценности компании для акционеров. При этом существует три основных подхода к определению стоимости: доходный, затратный и сравнительный. Каждый из них имеет свои достоинства и недостатки. Однако для целей управления стоимостью наиболее целесообразно применять доходный подход, который основывается на сумме ожидаемых дисконтированных денежных потоков. Преимущество доходного подхода состоит в том, что мы можем выделить факторы, влияющие на стоимость, и принять управленческие решения на их основе, целью которых будет повышение стоимости компании.

Холдинг представляет из себя структуру нескольких предприятий, объединенных единым собственником. Часть холдингов создавалась разделением крупных заводов на подразделения, выделения в «дочки» вспомогательных производств. Другая часть формировалась покупкой собственником того, что генерирует финансовый поток.

Оптимизация деятельности холдинга включает в себя: слияние и поглощение, разработка стратегии, привлечение внешних финансовых ресурсов и выбор направления инвестиций, финансовый контроль, оперативное управление [1]. Главным критерием эффективности холдинга является его стоимость – чем выше эффективность компании, тем ее стоимость выше.

Для успешного увеличения стоимости холдинга необходимо понимать, какими ключевыми факторами бизнеса она определяется. Только выявив эти факторы и их влияние на стоимость, можно успешно управлять компанией.

Для оценки эффективности подразделений холдинга можно рассматривать отдельные подразделения автономно, а головную компанию как центр инвестиций. Для эффективности холдинга в целом – консолидированную финансовую отчетность, внутрихолдинговые расчеты необходимо исключить, т. к. выручка одного подразделения, может являться себестоимостью для другого [2]. Надо заметить, что часто основная прибыль оказывается у одного из подразделений холдинга, поэтому в таких случаях надо рассматривать подразделение автономно и деятельность его рассматривать согласно бизнес-плану, как предприятия, выделяемого из группы компаний, имеющего свою рыночную (реальную) долю прибыли. Поэтому в дальнейшем будем рассматривать холдинг, имеющий следующую структуру (рис. 1).

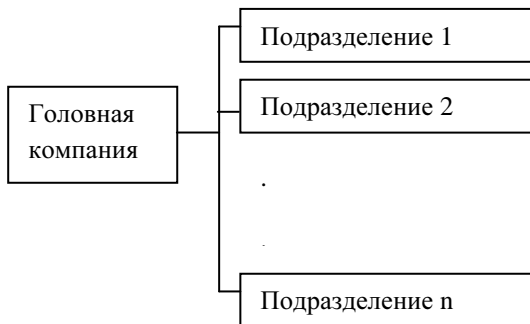


Рис. 1. Головная компания и ее подразделения

Надо заметить, что показатели эффективности, применяемые для одного подразделения, могут использоваться для другого, а также для головной компании.

В настоящее время в современной теории и практике управления стоимостью компанией наиболее широкое применение получили следующие показатели: *ROIC*, *ROCE*, *ROI*, *ROE* [3]. Однако они имеют ряд недостатков, которые ведут к существенным ошибкам в системе управления стоимостью компании. Основные отличия заключаются в том, что предложенные в статье показатели основаны на методе чистой приведенной стоимости, а не только на показателях бухгалтерской отчетности (в частности, в бухгалтерском балансе указываются производст-

венные активы по остаточной стоимости и не указываются по первоначальной стоимости), и учитывают реальную динамику инвестиционного процесса предприятия. Данные методы могут быть особенно эффективными в предприятиях с высокой долей производственных активов, подлежащих амортизации, и чем выше их доля, тем большая разница в стоимости возникнет. Т. о. в наибольшей выгоде окажутся производственные предприятия, которые вынуждены осуществлять инвестиционную деятельность как для поддержания текущего уровня производства (замена изношенного оборудования), так и для модернизации и запуска нового оборудования. Что касается фактора замещения, т. е. замены изношенного оборудования, то в традиционных моделях он учитывается некорректно, т. к. предполагается устойчивый инвестиционный процесс (амортизация равна инвестициям), но это является лишь частным случаем, в общем же это не так, что ведет к существенным погрешностям в оценке стоимости. Т. о., для адекватного управления стоимостью необходимо:

1) разработать и использовать модель стоимости компании для управления холдингом, адекватно учитывающую не только операционный, но и инвестиционный процесс;

2) выявить ключевые факторы стоимости, связанные с этой моделью;

3) выбрать и обосновать модель факторного анализа для целей оценки и управления стоимостью компании;

4) разработать эффективную процедуру оптимизации стоимости капитала с учетом меняющейся цены источников финансирования.

Для реализации поставленных задач в начале рассматривается простая модель денежного потока с одной инвестицией, а далее – более сложные модели, связанные с реальной деятельностью предприятия.

Актуальностью данной работы также является то, что в условиях сложившегося финансового кризиса у предприятий ограничен доступ к финансовым ресурсам, и неверные решения, особенно в инвестиционной политике, могут сильно сказаться на финансовых результатах деятельности компании и прежде всего ее стоимости, а также привести к банкротству. В связи с этим для стратегического (в т. ч. антикризисного) планирования необходимо вначале спрогнозировать спрос на товар, а затем восстанавливать в первую очередь те производственные активы, которые необходимы для выпуска (продажи) данной продукции. В случае невозможности восстановить требуемые производственные активы в полном объеме (финансовые ограничения), нужно восстанавливать те активы, которые внесут наибольший вклад в стоимость компании. Сделать это наиболее корректно могут помочь методы, рассмотренные в данной статье. Результаты, полученные в той статье, опираются на предыдущие работы автора [4]–[7].

Надо заметить, что большую роль в определении стоимости компании играет ставка дисконтирования WACC, значение которой сильно зависит от уровня риска. Выбор методики определения уровня риска подробно рассмотрен, к примеру, в статье [8].

Ниже, в таблице 1, представлены основные источники финансирования, каждый источник имеет свою цену, и от выбора источников будет зависеть ставка дисконтирования WACC, а также стоимость компании (холдинга).

Табл. 1. Источники финансирования на территории РФ

Формы финансирования	Источники финансирования
Собственные финансовые ресурсы	Прибыль Амортизационные отчисления Средства, выплачиваемые страховыми компаниями в виде возмещения потерь от стихийных бедствий, аварий и пр.
Внутрихозяйственные резервы инвесторов	Прибыль Амортизационные отчисления Накопления и сбережения граждан и юридических лиц
Заемные финансовые средства	Облигационные займы Банковские кредиты Бюджетные кредиты
Лизинговое финансирование	Финансовый лизинг Оперативный лизинг Возвратный лизинг
Инвестиционные ассигнования	Государственный бюджет РФ Республиканские бюджеты Местные бюджеты Внебюджетные фонды
Иностранные инвестиции	Капитал иностранных юридических и физических лиц
Международные инвестиции	Кредиты Всемирного банка, Европейского банка реконструкции и развития Средства Международных фондов, агентств и крупных страховых компаний

Средневзвешенная стоимость капитала в общем случае рассчитывается по следующей формуле:

$$WACC = \sum_i \omega_i k_i, \quad (1)$$

где ω_i – доля i -го источника капитала в его общей структуре, k_i – стоимость i -го источника капитала.

Т. к. стоимость компании (V) будет зависеть от стоимости капитала ($WACC$), то необходимо использовать инвестиционную программу, при которой внутренние нормы доходности проектов (IRR) превышают ($WACC$), при этом само значение $WACC$ меняется в зависимости от объема и структуры финансирования.

Заключение

В данной статье ставится задача разработки и использования модели стоимости холдинга, адекватно учитывающей не только операционный, но и инвестиционный процесс, выявление ключевых факторов стоимости, применение методов факторного анализа, позволяющих эффективно управлять компанией, выбор и обоснование модели факторного анализа для целей оценки и управления стоимостью холдинга, оптимальный выбор источников финансирования.

Список литературы

1. *Горошникова Т.А., Цвиркун А.Д.* Разработка моделей и инструментальных средств оптимизации развития холдинговой компании. – М., 2007 (Научное издание / Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН).
2. *Жаров Д.* Финансовое моделирование в Excel / Дмитрий Жаров. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2008. – 170 с.
3. *Коуплед Т., Колер Т., Мурин Дж.* Стоимость компаний. Оценка и управление. – М.: Олимп-Бизнес, 1999.
4. *Синюков А.В.* Анализ эффективности управления предприятием на основе метода экономической прибыли // V Всероссийская школа-семинар молодых ученых «Управление большими системами». Сборник трудов. Том 1. Липецк, 21–24 октября 2008. – С. 271–275.
5. *Синюков А.В.* Совершенствование метода расчета терминальной стоимости для оценки и управления стоимостью компании // Труды VI Всероссийской конференции молодых ученых по институциональной экономике. – Екатеринбург: Институт экономики УрО РАН, 2008. Том 1. – С. 164–168.

6. *Синюков А.В.* Анализ недостатков метода экономической прибыли при управлении предприятием // Информационно-математические технологии в экономике, технике и образовании. Тезисы докладов 3-й Международной научной конференции. – Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2008. – С. 147–148.

7. *Синюков А.В.* Совершенствование методики расчета терминальной стоимости компании для целей оценки и управления // Информационно-математические технологии в экономике, технике и образовании. Тезисы докладов 3-й Международной научной конференции. – Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2008. – С. 149–150.

8. *Синюков А.В.* Анализ современных методов управления риском на финансовых рынках // Юность науки. Материалы III студенческой научно-практической конференции Института экономики, управления и права РГГУ. – М.: МПА-Пресс, 2007. – С. 65–70.

Применение спектрального анализа для выделения экономических циклов

Ситникова А.Ю. (sitnikova_au@mail.ru)

*Самарский государственный аэрокосмический университет
им. академика С.П. Королева, г. Самара*

Аннотация

В данной статье предлагается методика выявления циклов экономической конъюнктуры из общей динамики экономического показателя на основании преобразований Фурье и спектральной плотности мощности, представленной в виде алгоритма, в основе которого лежит итерационный метод Левинсона-Дарбина для расчета оптимальной спектральной плотности мощности. На примере котировок акций «Лукойл» выделяются долгосрочные и краткосрочные циклические составляющие.

Ключевые слова: экономический цикл, экономическая конъюнктура, динамика развития, гармоническая составляющая, спектральный анализ, спектральная плотность мощности, преобразования Фурье.

Abstract

This work deals with the cycle-isolation methodology on basis of Fourier transform and spectrum analysis, it's represented as an algorithm included Levinson-Durbin iterative method for optimal power spectral density calculation. As an example short- and long-term cyclic components are isolated from "Lukoil" stock quotes movement.

Введение

Многие экономические явления и процессы, как известно, носят циклический характер. Проблема цикличности всегда привлекала внимание учёных-экономистов и до сих пор является одной из самых спорных и малоизученных проблем. К настоящему времени экономической науке известно более 1300 типов цикличности в соответствии с их продолжительностью (периодичностью) и движущей силой цикличности [1].

В целом на сегодняшний день нет единой теории, которая бы вызывала единодушное признание всех экономических школ. Нет единства по вопросу о продолжительности экономических циклов и способах их выявления из общей динамики экономических показателей. Циклы различных периодов и амплитуд взаимодействуют, дополняя друг друга, и составляют единый процесс экономического развития. Циклы действуют одновременно, накладываясь один на другой, и в результате наложения то усиливают, то ослабляют общий размах экономических колебаний, т. е. общая динамика экономических процессов имеет очень сложную форму.

Таким образом, актуальной является проблема выделения циклов с учётом сложной конъюнктуры финансовых, товарных и прочих рынков, поскольку в настоящее время отсутствует научно обоснованный метод выделения циклов разной продолжительности.

1. Переход от временного к частотному описанию

Для решения указанной проблемы предлагается адаптировать подход, используемый в технических системах – спектральный анализ. Его основная идея заключается в определении состава динамики изменения экономической конъюнктуры, т. е. представление колебаний в виде суммы синусоидальных и/или косинусоидальных функций. Данное утверждение представляет собой содержание теоремы Фурье [2] (1807 г.). Для детерминированных (неслучайных) сигналов переход от временного описания сигнала к частотному описанию, т. е. вычисление частотного спектра, осуществляется при помощи преобразования Фурье. Т. к. в данном случае ряд дискретный, то можно воспользоваться дискретным преобразованием Фурье [3] (ДПФ):

$$X(m) = \sum_{k=0}^{N-1} x(k)e^{-i2\pi km/N} = \sum_{k=0}^{N-1} x(k)[\cos(2\pi km/N) + i \sin(2\pi km/N)],$$

где $X(m)$ — m -й компонент ДПФ; $x(k)$ — k -й компонент входной последовательности временного ряда; m — индекс ДПФ в частотной области; N — длина входной последовательности; k — индекс компонента входной последовательности во временной области; i — мнимая единица, равная $\sqrt{-1}$.

Из исходного временного ряда динамики изменения экономического показателя предварительно желательно вычистить тренд. Линейный тренд может быть найден методом наименьших квадратов. Результатом вычитания найденного линейного тренда из исходного ряда будет временной ряд, лишённый направленности, т. е. ряд, центрированный относительно оси абсцисс.

2. Вычисление спектра

Не все найденные гармонические составляющие имеют равную значимость. Часть из них может представлять собой результат воздействия случайных составляющих, называемый белым шумом. Для определения значимости каждой гармонической составляющей необходимо оценить спектр. Обычно случайные процессы представляются спектральной плотностью мощности процесса (СПМ).

СПМ является преобразованием Фурье не самого случайного процесса, а его автокорреляционной функции. Существует большое количество методов расчёта СПМ, но в связи с тем, что в данном случае анализируются ограниченные временные ряды, а не непрерывная бесконечная функция, как предполагается в теории цифровой обработки сигналов, ряд методов даёт несостоятельные оценки спектра. Для решения поставленной задачи наилучшим образом подходит метод максимальной энтропии [4]. Для вычисления СПМ по этому методу предполагается использовать авторегрессионную модель порядка ρ , имеющую вид:

$$S(e^{i2\pi/N}) = \left| \frac{b_0}{1 + \alpha_1 e^{-i2\pi/N} + \alpha_2 e^{-i4\pi/N} + \dots + \alpha_\rho e^{-i2\rho\pi/N}} \right|^2.$$

Идентификация параметров $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_\rho, b_0$ АР-модели выполняется путем решения $\rho + 1$ уравнений Юла-Уокера [5], которые в матричном виде записывают как:

$$\begin{bmatrix} R(0) & R(-1) & \dots & R(-\rho) \\ R(1) & R(0) & \dots & R(-\rho+1) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ R(\rho) & R(\rho-1) & \dots & R(0) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ \alpha_1 \\ \dots \\ \alpha_\rho \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} |b_0|^2 \\ 0 \\ \dots \\ 0 \end{bmatrix},$$

где $R(i-j)$ ($1 \leq i \leq \rho+1, 1 \leq j \leq \rho+1$) – автокорреляционные коэффициенты, рассчитываемые по формуле:

$$R(i-j) = 1/N \sum_{k=0}^{N-1-|i-j|} x(k)x(k+|i-j|).$$

Для решения системы Юла-Уокера применяется метод Левинсона-Дарбина, особенностью которого является его итеративный характер. Математическое описание алгоритма Левинсона-Дарбина приведено в одном из блоков схемы на рисунке 1.

Для определения порядка АР-модели используется статистически значимый критерий длины минимального описания [6] (ДМО):

$$ДМО[\rho] = N \ln \hat{\rho}_\rho + \rho \ln N,$$

где ρ — порядок АР-модели; $\hat{\rho}_\rho$ — оценочное значение дисперсии белого шума, которая используется в качестве ошибки линейного предсказания.

На основе использования вышеприведенных методов и моделей предлагается авторский алгоритм проведения спектрального анализа экономических процессов, который представлен на рисунке 1.

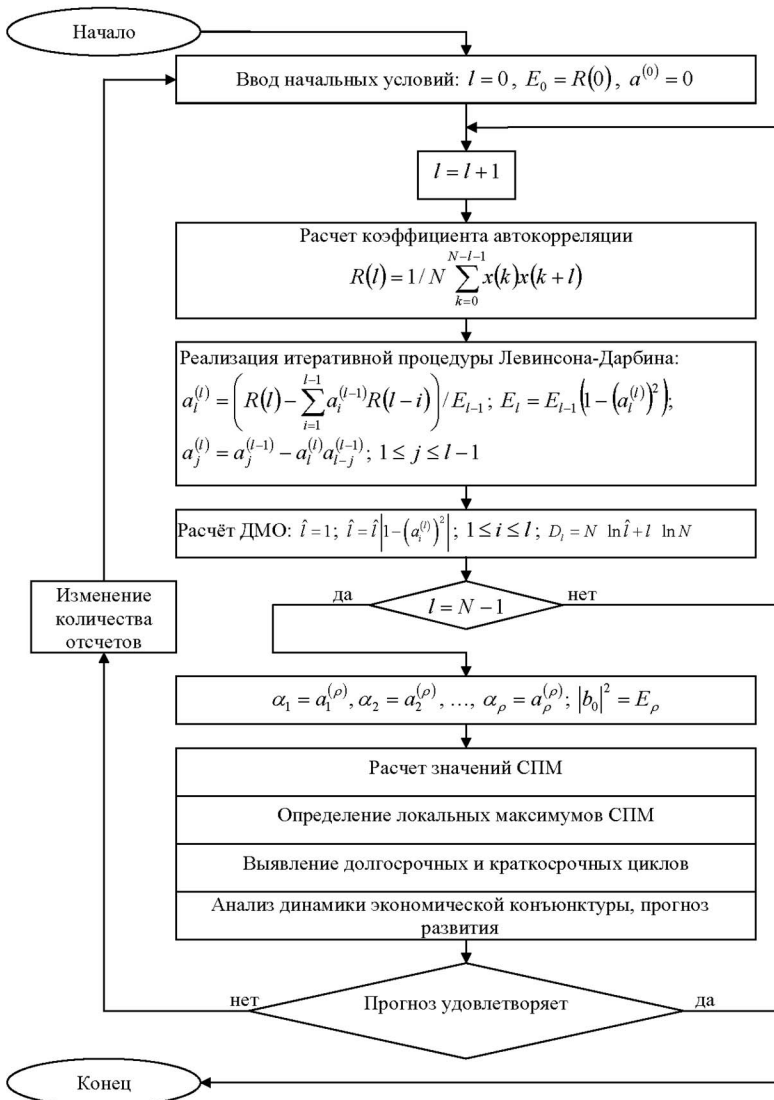


Рис. 1. Схема выделения циклов на основе спектрального анализа

3. Применение спектрального анализа

Для динамики котировок акций «Лукойл» за 2008 год (246 торговых дней), представленной на рисунке 2, была вычислена спектральная плотность мощности по методу максимальной энтропии (рисунок 3). На рисунке 3 также выделены локальные максимумы, характеризующие периоды колебаний циклических составляющих, имеющих наибольшую значимость.

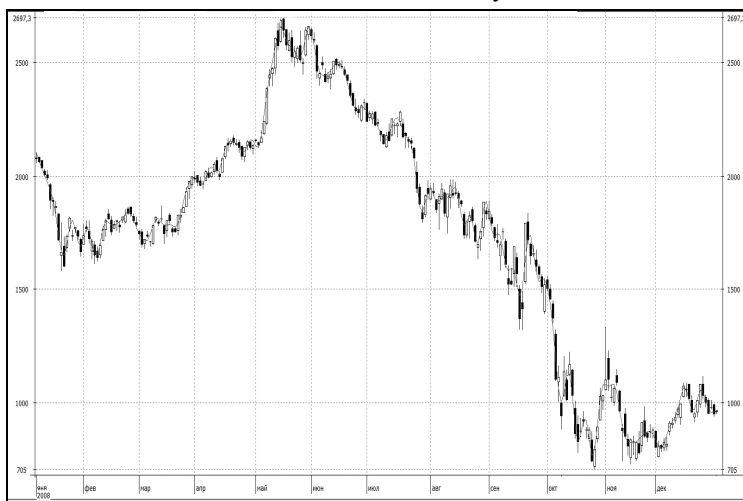


Рис. 2. Динамика котировок акций «Лукойл» за период 09.01.2008 — 31.12.2008

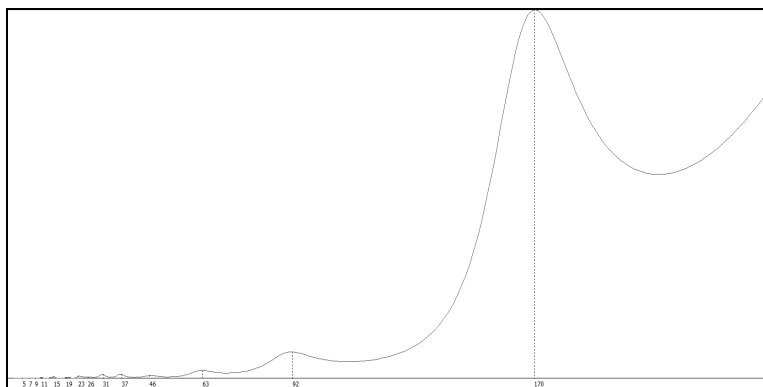


Рисунок 3. Спектральная плотность мощности котировок акций «Лукойл» за период 09.01.2008 — 31.12.2008

Наиболее крупные циклические составляющие изображены на рисунке 4. Так, основной цикл имеет наибольший период колебания (123 торговых дня или полгода) и наибольшую амплитуду [7] (520,27 руб.). Таким образом, на рынке акций наблюдается весенний рост, летнее замедление роста цен и разворот тенденции, осенний спад и зимнее «дно» цен, переходящее в стадию оживления [8].

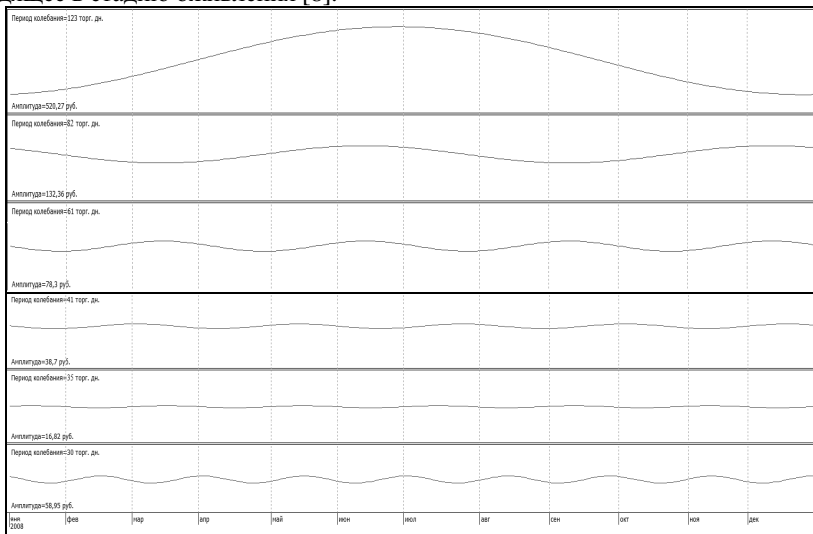


Рис. 4. Гармонические составляющие динамики акций «Лукойл» за период 09.01.2008 — 31.12.2008

Все выделенные циклические составляющие посредством спектрального анализа в сумме составляют цикл колебания котировок акций «Лукойл», который изображён на рисунке 2 сплошной линией.

Полученная информация может быть использована различными путями, например при принятии стратегических решений ОАО «Лукойл» о дополнительной эмиссии акций с целью их размещения по максимальной цене, или при принятии решения пенсионным фондом о размещении средств в акции данного эмитента с целью их покупки по минимальной цене.

Заключение

В данной статье предложен подход для общего случая определения циклов экономической конъюнктуры, основанный на преобразовании Фурье и спектральной плотности мощности. На примере котировок ак-

ций «Лукойл» выделены долгосрочные и краткосрочные циклические составляющие. Разработан алгоритм выделения циклов на основе метода Левинсона-Дарбина, позволяющий провести расчёт значений оптимальной спектральной плотности мощности, определить динамику экономической конъюнктуры и прогноз развития. Полученный прогноз предназначен для разработки программ стратегического развития экономических систем.

Список литературы

1. Экономическая теория [Текст] / Под ред. И.П. Николаевой. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: ТК Велби, Проспект, 2008. — 576 с.
2. Кравчук В.К. Новый адаптивный метод следования за тенденцией и рыночными циклами [Текст] / В.К. Кравчук // Валютный спекулянт. №12. 2000. — С. 48–53.
3. Лайонс Ричард. Цифровая обработка сигналов: 2-е издание. Пер. с англ. — М.: ООО «Бином-Пресс», 2007. — 656 с.: ил.
4. Кравчук, В.К. Спектральный анализ колебаний валютного курса EUR/USD по методу максимальной энтропии [Текст] / В.К. Кравчук // Валютный спекулянт. №1. 2001. — С. 14–17.
5. Бендат Дж. Прикладной анализ случайных процессов [Текст] / Дж. Бендат, А. Пирсол / пер. с англ. — М.: Мир, 1989. — 340 с.
6. Марпл-мл. С.Л. Цифровой спектральный анализ и его приложения [Текст] / С.Л. Марпл-мл. / пер. с англ. — М.: Мир, 1990. — 547 с.
7. Ситникова А.Ю. Разработка модели и алгоритма асинхронного гармонического анализа котировок акций [Текст] / А.Ю. Ситникова // Материалы конф. «Проблемы управления и информационные технологии (ПУИТ'08)». — Казань: КГТУ, 2008. — С. 405–408.
8. Богатырёв В.Д. Разработка торгового индикатора для рынка ценных бумаг на основе асинхронного гармонического анализа [Текст] / В.Д. Богатырёв, А.Ю. Ситникова // Вестник Международного института рынка. №2 (3). 2007. — С. 30–35.

Решение задач формирования системы образовательных услуг округа при помощи ГИС

Смирнов С.В. (map78@bk.ru),

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, г. Москва

Аннотация

В статье рассматривается создание системы, предполагающей использование инструментального и аналитического аппарата ГИС (геоинформационных систем) с целью обеспечения мониторинга и поддержки принятия решений в органах управления государственной власти на примере решения задач формирования системы образовательных услуг региона. Рассматриваются основные модели и методика решения задач, возникающих перед администрацией органов управления образованием, а также архитектура рассматриваемой системы и примеры решения частных задач. Кроме того, приводятся результаты разработки и итоговые рекомендации для усовершенствования системы.

Abstract

In article is considered making the system, expecting use instrumental and analytical device GIS (geoinformation system) for the reason ensuring the monitoring and supports decision making in management body state authorities, on example of the decision of the problems of the shaping the system of the educational services of the region. They are considered main models and methods of the decision of the problems, appearing before administration management body by formation, as well as architecture of the considered system and examples of the decision quotient problems. Besides happen to results of the development and total recommendations for improvement of the system.

Ключевые слова: специализированная справочно-советующая геоинформационная система (ССС)ГИС, геоинформационные системы, социально-образовательная сфера, модели, задачи, поддержка принятия решений, оптимальный выбор объекта.

Введение

Одним из решений проблем информационной недостаточности для органов управления может быть создание справочных информационных систем, наделённых правами систем-советчиков. Таковой может по праву являться проектируемая специализированная справочно-советующая геоинформационная система ((ССС)ГИС), предназначенная осуществлять помощь в управлении. Разрабатываемая система обеспечивает, к примеру, решение задач формирования системы образовательных услуг региона (округа, района) т.е. задач, требующих при решении географической привязки к местности. Приведу лишь некоторые задачи:

- нахождение оптимального пути от учреждения управления образованием округа до объектов социально-образовательной сферы для целей их инспектирования представителями органов управления
- мониторинг объектов социально-образовательной сферы и движения педагогических кадров по районам и округу;
- создание локальной информационной аналитической системы и т.д.

Основные модели решения задач

Так как существует множество задач в социально-образовательной сфере, то будет целесообразнее создание общей модели для всех задач, чем создание индивидуальной модели для каждой из задач. Преимущества создания модели в том, что происходит представление упрощённого образа, который отражает не все свойства прототипа, а только те, которые существенны для исследования.

Сформулируем основные модели, при помощи которых решаются задачи. Это следующие модели: оптимального выбора объекта социально-образовательной сферы, принятия решений администрацией органов управления социально образовательной сферы, контроля управления объекта социально-образовательной сферы, прогнозирования развития социально-образовательной сферы, оперативного управления социально-образовательной сферой.

1. *Модель оптимального выбора объекта социально-образовательной сферы.* Множество вариантов $\{\varphi\}$ определено, и принцип выбора *Н* строго формализован. Для решения задач при помощи этой модели используются аналитические методы, методы исследования операции, специальные методы оптимального выбора. Примером задач этого типа являются задачи определения кратчайшего пути между объектами социально-образовательной сферы для целей инспектирования или доставка специальных грузов в школы округа. Получаемые решения хороши тем, что исключают ошибку руководителя, так как система, решая задачу, выдаёт объективное решение.

2. *Модель принятия решений администрацией органов управления социально образовательной сферы.* Множество вариантов $\{\varphi\}$ может дополняться и видоизменяться, а принцип выбора *Н* не формализован. Задача, решаемая при помощи этой модели, позволяет изменять решение управленцу при обнаружении нового варианта. Задачи этого типа характерны для решения проблем в сложной системе управления средним образованием. При этом под общей задачей принятия решения понимают ситуацию, когда требуется сформулировать множество вариантов, затем из множества вариантов выделить некоторое подмножество, в частном

случае — один вариант. Примером такой задачи служит задача наибольшей обеспеченности педагогическими кадрами школ округа, а также задача наблюдения спортзалов и стадионов при школах для выявления их состояния в ходе эксплуатации (вопрос необходимости ремонта зала). Формально модель общей задачи принятия решения выглядит следующим образом:

$$\gamma = \{\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \varphi_4, \varphi_5, \varphi_6\}, \quad (1)$$

где γ — множество модели общей задачи принятия решений;

φ_1 — цель принятия решения;

φ_2 — исходные данные для образования вариантов;

φ_3 — множество образованных вариантов;

φ_4 — выбранный вариант;

φ_5 — правило образования вариантов;

φ_6 — правило выбора наилучшего (оптимального варианта).

3. *Модель контроля управления объекта социально-образовательной сферы.* Частными задачами будут:

— наблюдение (мониторинг) объекта социально-образовательной сферы;

— классификация объектов социально-образовательной сферы.

Решение задачи наблюдения объекта социально-образовательной сферы заключается в отыскании такого отображения (2), которое каждой наблюдаемой реализации выходных характеристик Γ ставит в однозначное соответствие внутреннее состояние объекта управления λ :

$$\rho: \Gamma \rightarrow \lambda. \quad (2)$$

Это говорит о том, что для установления контроля необходимо обеспечить потенциальное наблюдение внутренних состояний объекта управления по признакам внешней среды. Другими словами, для установления контроля над объектом наблюдения необходима система, позволяющая проанализировать, как видоизменится внутренняя среда объекта (школы) при внедрении внешних указов, директив, установок из органов управления. В качестве примера этой задачи будет являться задача анализа последствий при увеличении уроков физкультуры за счёт сокращения уроков по другим предметам. С помощью специализированной информационной системы с привязкой к географическим данным, т. е. ГИС, это возможно просчитать.

Решение задачи классификации объектов социально-образовательной сферы состоит в отыскании такого отображения (3), которое обеспечивает разбиение всего множества возможных реализаций выходных характеристик Γ на ограниченное число классов λ_2 , обладающих теми или иными общими свойствами:

$$\lambda_1: \Gamma \rightarrow \lambda_2. \quad (3)$$

Определенные ранее общие свойства являются своего рода эталонами для распознавания реальных состояний объекта в процессе его контроля. Примером задачи такого типа будут следующие задачи:

— задача выборки из общего числа педагогов округа тех, которые будут отвечать определённым требованиям (наибольший стаж, высокий разряд, особые заслуги и т.д.) с целью их поощрения;

— задача разбиения множества объектов социально-образовательной сферы на объекты со сходными характеристиками (гимназии, лицеи, общеобразовательные школы, вечерние школы и т.д.)

Задачи решаются также при помощи ГИС, используя гиперграфовую модель поиска объекта, которая имеет пространственную привязку и подчиняется объектно-ориентированному подходу.

4. *Модель прогнозирования развития социально-образовательной сферы.* Решение задач при помощи этой модели может основываться на предположениях о будущих качественных изменениях системы или на сохранении существующих закономерностей развития. Задачи решаются при помощи экспертных методов, если дело касается долгосрочных прогнозов, а также методов экстраполяции, если прогнозы краткосрочные. Однако в ГИС, созданной для органов управления образованием удобнее использовать логические методы, которые основываются на проведении аналогии действия рассматриваемой системы с историей действия любой другой. Примером задачи является задача прогнозирования текучести кадров (учителей по информатике) школ округа, исходя из статистических данных прошлых лет.

5. *Модель оперативного управления социально-образовательной сферой.* Решение задач при помощи этой модели заключается в жёстком выполнении заранее составленной и введённой в систему последовательности управляющих воздействий $\{v_i\}$, $i=1,2,\dots, m$, заданных на весь период достижения поставленной цели принятия решения φ_1 . Эти воздействия выдаются объекту управления через определённые интервалы времени Δt_i , $i=1,2,\dots, m$ без учёта его фактического состояния. Задача также имеет широкое распространение в органах управления образованием, где подведомственные им школы проводят обучение в рамках одного учебного плана. Примером может служить оперативное изменение соответствующих характеристик, а также осуществление на основе аналитического аппарата ГИС мониторинга принятых решений по объектам управления образованием.

Эти типы моделей составляют аналитический аппарат специализированной справочно-советующей геоинформационной системы (ССС) ГИС.

Методика решения

Основным принципом методики решения поставленных задач является выделение в (ССС) ГИС отдельных слоев, представляющих однородную семантическую информацию [1], важную для решения задач формирования системы образовательных услуг. Вторым принципом решения является обеспечение возможности объединения информации, размещенной на нескольких выделенных слоях, на новом (временном) слое, используемом для решения конкретной частной задачи (например: слой, на котором отмечено размещение школ, совмещают со слоем, на котором размещены заведения по дополнительным видам обучения). Решаются задачи определения среднего времени перемещения школьника до учебного заведения с дополнительным видом обучения. Алгоритмы решения этих задач опираются на графовые модели отображения образовательной среды и её геоинформационную привязку. Система проста в эксплуатации и не требует длительного обучения для её наполнения информацией (символьной и текстовой).

По основным результатам (ССС) ГИС можно рассматривать как информационную советующую систему, с помощью которой аналитики получают возможность относительно быстрых ответов на интересующие их задачи (вопросы). Варьируя параметры в возникающих вопросах к географической привязке, существующей информации, аналитик получает возможность определять тенденции развития и зависимости, что, в конце концов, представляет возможность сформулировать оптимизационную задачу по интересующему вопросу.

Архитектура (ССС) ГИС

Архитектура (ССС) ГИС для разных слоев пользователей будет неоднородной. Как показано на рисунке 1, в зависимости от этого будет расширяться или сужаться круг задач, которые будут решаться системой.

Несомненно, что человеку, профессионально занимающемуся геоинформационными системами, необходим более сложный интерфейс, который будет отвечать широкому спектру специализированных задач:

- создание приложений в пакете прикладных программ;
- трансляция данных из одного формата в другой;
- импорт / экспорт графических и текстовых данных.

Интерфейс пользователя-аналитика может не включать в себя многие модули ГИС, но в то же время отвечать текущим функциональным потребностям. Аналитика, не имеющему глубоких знаний в этой области, будет вполне достаточно модуля программного средства ГИС (Map-Info) и модуля справочной системы программы.



Рис. 1. Архитектура (ССС) ГИС

Если у аналитика возникают более глубокие задачи, которые выходят за рамки функциональных возможностей его интерфейса, он может обратиться за помощью к администратору геоинформационной системы через сеть Internet или связаться с ним по телефону службы технической поддержки пользователей (выбранной программы). Администратор может дать устную консультацию аналитику, либо помочь ему создать приложение в пакете прикладных программ, например «Графика-01-Т», для поиска кратчайшего пути. Интерфейс пользователя-аналитика будет содержать 14% от функций интерфейса администратора геоинформационной системы. Соотношение интерфейсов было выявлено опытным путем через расчет объема информации стандартных и дополнительных модулей пакета программы.

Примеры решения частной задачи

Частной задачей, решаемой при помощи прикладной программы «Графика-01-Т», входящей в набор (ССС) ГИС, является поиск кратчайшего пути для построения оптимального маршрута при централизованном обслуживании объектов социально-образовательной сферы: развоз завтраков, школьной мебели, инспектирование школ и т.д.

Поиск кратчайшего пути является задачей трассировки соединений между объектами трассы и формулируется следующим образом: по входному описанию, содержащему n координат точек начала и конца трасс, определить дополнительные m координат промежуточных точек перегиба трасс таким образом, чтобы ни одна точка трассы не проходила через ранее занятую ячейку модели трассируемого поля.

Алгоритм трассировки соединений между объектами трассы при помощи «Графика-01-Т» содержит следующие операции:

1. Импорт информации о дорожной сети в прикладную программу (рис. 2).

2. Начальные присваивания для длинной и короткой цепи:

а) анализ номеров тупиков в точках начала и конца трассы. Если на модели трассируемого поля оказываются тупиковые области, то эти области помечаются соответствующими номерами и при последующих трассировках производится проверка равенства;

б) проверка интегральной загруженности областей вокруг точек начала и конца трассы.

5. Восстановление длинной цепи при трассировке без пересечений.

6. Восстановление длинной цепи при трассировке с пересечениями.

7. Определение кратчайшего пути (рис. 3):

а) кратчайший путь определяется в матрице смежности графа (дискретной модели трассируемого поля);

б) использование различных соотношений коэффициентов позволяет получить требуемое качество трассировки.

8. Фиксация кратчайшего пути.

9. Пометка кратчайшего пути определённым цветом и экспорт этой информации в картографическую программу (MapInfo) (рис. 4).

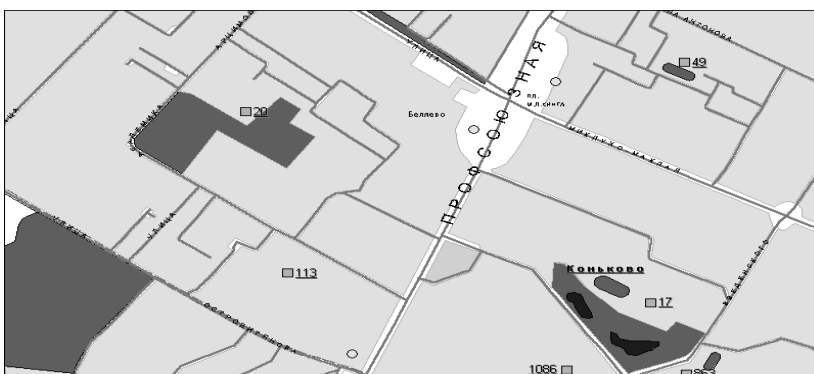


Рис. 2



Рис. 3

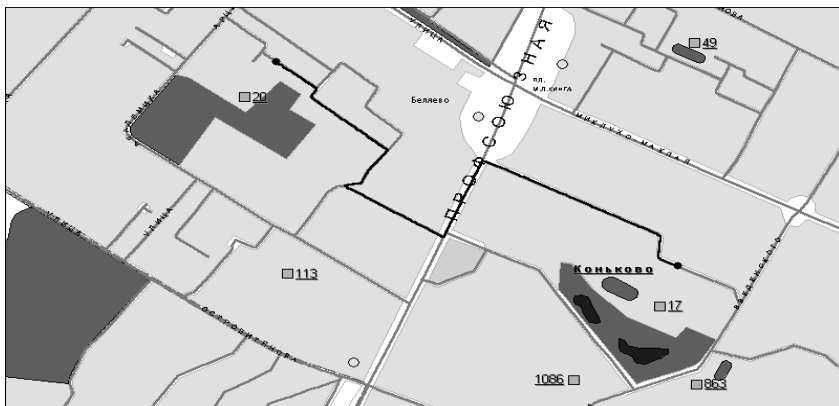


Рис. 4

Заключение

По итогам разработки (ССС) ГИС для использования в управлении ряда окружных управлений города Москвы (в частности окружные управления образованием Северного и Юго-Западного административных округов) были сделаны следующие выводы [2]. Важное значение имеют следующие свойства:

- открытость системы для манипуляций с графическими объектами и информационными данными (редактирование карты и изменение информации);

- возможность увеличения объема картографической и семантической информации в процессе эксплуатации системы (нанесение новых интересующих объектов, редакция карты, занесение данных семантической информации);
- наличие в системе средств лингвистического и математического обеспечения;
- организация и работа с базами данных различного характера (картографические, текстовые и др.);
- построение графиков и т.д.

Для дальнейшего усовершенствования системы можно рекомендовать следующие действия.

1. Привлечь к созданию баз географических данных по недостающим округам г. Москвы (ССС) ГИС школьников и студентов в рамках обучения по предмету «Геоинформатика».

2. Разработать упрощенный вариант доступа пользователя к (ССС) ГИС через Интернет с помощью пиктограмм, содержащих небольшое матричное символическое изображение района округа Москвы, что уменьшит время доступа к интересующей области и привязанной к ней базе данных [3].

3. По примеру (ССС) ГИС округов Москвы могут создаваться справочные системы для поддержки принятия решений в других городах Российской Федерации, которые в дальнейшем могут быть объединены в Единую российскую систему для поддержки принятия решений в органах управления средним образованием.

Литература

1. Артамонов Е.И., Смирнов С.В. *Разработка алгоритма автоматической трассировки кратчайшего пути в задачах социально-образовательной сферы* // Тез. докл. 4-й междунар. конф. и выставки «CAD/CAM/PDM». — М.: ИПУ РАН, 2004. — С. 27.

2. Смирнов С.В., Тюкавкин Д.В. *Разработка ГИС-продуктов для целей управления социально-образовательной сферой региона* // Сборник научных трудов V Молодежной научно-технической конференции «Научоемкие технологии и интеллектуальные системы 2003». В 2-х частях. Часть 1. — М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2003. — С. 164–165.

3. Башмаков А.И., Башмаков И.А. *Разработка компьютерных учебников и обучающих систем*. — М.: Информационно-издательский дом «Филинь», 2003. — 616 с.

4. Смирнов С.В. *Разработка справочной системы для поддержки принятия решений на примере управления объектами среднего образования* // Труды междунар. науч.-техн. конф. «Информационные средства и технологии». 16–18 октября 2007 г., в 3-х т. Т. 3. — М.: Янус-К, 2007. — С. 89–97.

5. Смирнов С.В. *Анализ информационных моделей при решении задач в социально-образовательной сфере и рекомендации при разработке информационной системы* // V Всероссийская школа-семинар молодых ученых «Управление большими системами». Сб. трудов. — Т.1. — Липецк: ЛГТУ, 2008. — С. 123–128.

УДК 654.07

Управление социально-техническими системами при заданной иерархии принятия решений

Столбов В.Ю. (*svu@matmod.pstu.ac.ru*), Гумман М.Б. (*gmb@matmod.pstu.ac.ru*)

Пермский государственный технический университет, г. Пермь

Аннотация

В работе рассматривается задача выбора оптимальных стратегий функционирования и развития сложной социально-технической системы, представляющей совокупность иерархии бизнес-процессов и иерархии принятия решения. Предложена методика учета иерархической структуры нечеткого критерия оптимальности системы. Для разрешения многокритериальной неопределенности на каждом уровне иерархии принятия решений вводится специальный параметр – уровень некомпенсируемости критериев оптимальности, выбираемый ЛПР. В качестве примера рассматривается задача оптимизации мультисервисной сети передачи данных

Ключевые слова: большие и сложные системы, социально-технические системы, иерархия принятия решений, обобщенный критерий оптимальности.

Abstract

In this paper a strategy for functioning and development of the complicated socially-technical system, that represents a combination of business processes hierarchy and hierarchy of decision-making, is considered. The choice of an optimal strategy is analyzed. A methodology to account for hierarchical structure of fuzzy criterion for system optimum is presented. In order to solve the multi-criterion uncertainty at each hierarchical level of decision-making the special parameter is introduced: the level of un-compensation criterion of the optimization, chosen by the decision making user. As an example the problem of optimization in a multiservice data transmission network is considered.

Key words: large and complicated systems, socially-technical systems, hierarchy of the decision-making, the generalized criterion of optimization.

Введение

Научно-технический прогресс неразрывно связан с познанием закономерностей развития больших искусственных систем и оптимизацией структур их управления. Состояние сложной технической системы, как правило, определяется большим количеством разнообразных параметров. Эти параметры могут иметь различную физическую природу, размерность и важность при оценке оптимальности функционирования системы. В то же время в выборе оптимальной стратегии развития системы могут быть заинтересованы разные группы лиц, принимающих решения (ЛПР),

в том числе внешние и внутренние потребители услуг рассматриваемой системы. ЛПР, в свою очередь, обычно группируются в различные иерархические структуры (например управленческие) в форме иерархий принятия решений.

Исследуемая техническая система вместе с иерархией принятия решений может рассматриваться как единая социально-техническая система, в которой активную роль играют лица, принимающие решения. Подобные подходы к управлению организационными и социально-экономическими системами с использованием теории активных систем и методов комплексного оценивания рассмотрены в работах [1, 2]. Однако предлагаемые подходы требуют либо детального рассмотрения и учета интересов каждого активного элемента системы, либо сведения задачи оптимизации состава и структуры системы к антагонистической или коалиционной игре [3, 4]. В некоторых же случаях для эффективного управления сложной социально-технической системой бывает достаточно лишь обрабатывать информацию с нижних уровней иерархии принятия решения и передавать ее в свернутой форме на верхние уровни. Это значительно упрощает процесс моделирования и выбора правильного коллективного управленческого решения. Именно вопросам моделирования и управления такими системами и посвящена данная работа.

1. Большие и сложные социально-технические системы. Виды неопределенности

Следуя идеям работы [5], под *большой системой* (БС) будем понимать совокупность большого числа иерархически связанных сложных систем, состоящих из социальных (групп людей) и технических элементов (машин, агрегатов и технических устройств), обладающих определенной степенью организованности и автономности, объединенных между собой согласно принятой иерархии целей средствами организации и различными связями (энергетическими, материальными, информационными) для обеспечения целенаправленного функционирования всей системы как единого целого.

Средства организации включают в себя узлы управления, в которых осуществляется принятие решения, и исполнительные органы, реализующие информацию принятия решения в действиях, направленных на достижение целей управления.

Примерами таких систем могут служить промышленные предприятия, региональные сети связи, системы среднего и высшего профессионального образования и т. п.

Очевидно, что каждая БС в соответствии с целями функционирования должна обеспечивать выполнение определенных функций и бизнес-процессов. Однако ее функционирование, развитие и существование как единого целого определяются процессами передачи и переработки информации на разных уровнях принятия управленческих решений.

Например, основным бизнес-процессом предприятия является производство продукции, однако без информационного взаимодействия между службами планирования, снабжения, сбыта и производства представить функционирование предприятия невозможно.

Как отмечено в [5], для БС свойственны два основных организующих процесса: функционирование и развитие, протекающих одновременно, но имеющих существенные различия. Функционирование системы – это решение определенного количества задач с целью достижения заданных целей при заданных количествах элементов системы и связях между ними. Адаптация системы, т. е. изменение ее свойств, состава и структуры для оптимизации ее функционирования, происходит обычно относительно быстро, но только в пределах заданных количествах элементов и связей. Развитие же системы в значительной мере осуществляется за счет увеличения числа элементов и связей и происходит значительно медленнее. Кроме того, цели функционирования обычно хорошо формализуемы, а цели развития в большинстве случаев оказываются субъективными и не полностью определенными. Если ограничиться только процессом функционирования, то большую систему можно представить как совокупность двух сложных систем. Первая из них может быть представлена с помощью иерархии бизнес-процессов (технологического процесса), для осуществления которых система и была создана, а вторая – иерархией принятия решений, осуществляющей информационную поддержку и управление системой. К первой иерархии могут быть отнесены производственные центры, технологические линии, информационные системы и т. п. Вторая иерархия представляет собой совокупность лиц, принимающих решения на различных уровнях управления технологическим процессом на основании поступающей к ним информации. Такие системы в дальнейшем будем называть *социально-техническими*. Структурная схема системы приведена на рис. 1. В отличие от организационно-технических систем, рассмотренных в [6], элементами иерархии принятия решений в социально-технической системе являются не только менеджеры, но и внешние и внутренние потребители результатов функционирования (потребительских услуг) рассматриваемой системы.

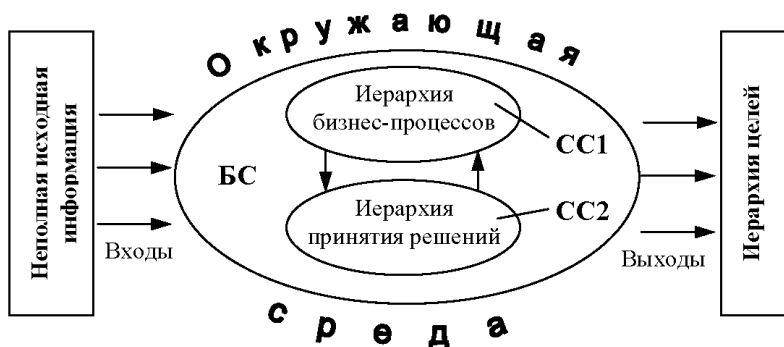


Рис. 1. Структурная модель большой социально-технической системы

Из рисунка видно, что неким объединительным началом в функционировании подобной системы является еще одна иерархия – *иерархия целей*. Данная иерархия представляет собой набор основных требований к функционированию и развитию рассматриваемой системы, как со стороны ее потребителей, так и со стороны организаторов (менеджеров) и исполнителей (технического персонала). Однако вследствие большой размерности и сложности социально-технической системы практически невозможно сформулировать все требования к оптимальному ее функционированию и точно спрогнозировать ее развитие. Поэтому построение иерархий целей, формулирующих оптимальные требования, как к самой системе, так и к отдельным ее элементам, является важной задачей исследования и моделирования БС, решение которой требует применения современного математического аппарата. Однако в отличие от других больших систем, например организационных, в функционировании и развитии социально-технических систем важную роль играет не только так называемый *человеческий фактор* [7], но и набор технических показателей эффективности функционирования системы. Другими словами, иерархия целей рассматриваемой системы представляет собой совокупность различных технических требований (обычно четко формализованных) и нечетких предпочтений различных социальных групп (потребителей, управленцев, исполнителей), влияющих на функционирование и развитие системы. Это еще больше усложняет построение иерархии принятия решений и математического описания критериев оптимальности функционирования подобных систем. Один из возможных подходов к построению иерархии принятия решений и ее математическому описанию будет рассмотрен в данной работе.

Для достижения целей управления очень важно, чтобы к ЛПР поступала полная и правдивая информация о функционировании системы. Однако для сложных систем это недостижимо. Управление сложными системами ведется в условиях неполной информации, что делает задачу достижения поставленных целей еще более трудной.

Таким образом, можно констатировать, что управление большими и сложными системами осуществляется в условиях неопределенности. Следует выделить следующие виды неопределенности.

1. Неопределенность в формулировании целей функционирования и развития системы вследствие наличия человеческого фактора.

2. Многокритериальная неопределенность, обусловленная большим количеством целей, которые часто бывают противоречивыми и изменяющимися во времени.

3. Неопределенность по информационному обеспечению. Функционирование сложной системы всегда протекает в условиях неполной и нечеткой информации. Это обусловлено наличием большого количества случайных факторов, субъективных мнений и конфликтных интересов, влияющих на функционирование социально-технической системы.

Чтобы перейти к количественному анализу социально-технических систем, необходимо уметь формализовать и математически описывать все составляющие системы с учетом перечисленных выше видов неопределенности. Некоторые подходы к математическому моделированию поведения подобных систем, основанные на теории нечетких множеств, приведены в работах [6, 8, 9].

2. Построение иерархии принятия решений

Согласно философскому энциклопедическому словарю *иерархия* (от греч. «священная власть») – это принцип структурной организации сложных многоуровневых систем, состоящий в упорядочении взаимодействия между уровнями в порядке от высшего к нижнему. Под иерархией (иерархической структурой) в дальнейшем будем понимать сложную систему, элементы которой связаны отношением старшинства или подчиненности [10].

В рассматриваемых социально-технических системах мы выделили три иерархии: иерархию целей, иерархию бизнес-процессов и иерархию принятия решений. Первая из них определяет цели и подцели создания и функционирования системы, вторая – задает технологию функционирования и развития системы, а третья – технологию управления. Очевидно, что все три иерархии находятся в тесном взаимодействии и зависят друг от друга.

Будем считать, что иерархии целей и бизнес-процессов рассматриваемой социально-технической системы определены. Требуется задать иерархию принятия решений, позволяющую учитывать не только технические показатели о функционировании системы при тех или иных управленческих решениях, но и мнения потребителей, исполнителей и менеджеров нижних звеньев иерархии.

Пример такой иерархии принятия решений приведен на рис. 2. На нулевом уровне данной иерархии находятся технические показатели функционирования системы, изменения значений которых могут служить индикаторами и критериями эффективности функционирования системы с технической точки зрения. На первом уровне иерархии находятся потребители (внешние и внутренние) результатов функционирования системы. В силу того, что число потребителей результатов функционирования большой системы может быть очень велико, предлагается их разбивать на группы по некоторому социальному признаку и учитывать их мнение о качестве функционирования системы интегрально. Менеджеры нижнего звена осуществляют свой выбор управленческого решения не только на основе прогнозируемых значений технических показателей и критериев оптимальности системы, но и на мнении различных групп потребителей. Очевидно, что информация, поступающая к менеджерам нижнего звена от потребителей, может быть неполной и нечеткой. Поэтому для обработки этой информации необходимо использовать специальный математический аппарат, основанный на теории нечетких множеств. Менеджеры более высокого звена обычно формируют свой выбор, основываясь на данных, полученных от менеджеров низшего уровня иерархии. Окончательный выбор решения делает топ-менеджер, получая обработанную информацию со всех уровней.

Такая иерархия принятия решения, основанная на анализе объективных показателей эффективности функционирования системы и интересов различных социальных групп, позволяет выработать оптимальное (наилучшее из всех допустимых) решение. Предложенная иерархическая структура коллективного принятия, на первый взгляд, достаточно сложна. Однако ее построение основано на здравом смысле и опыте принятия коллективных решений в различных социально-технических системах. Поэтому применение предложенной иерархии принятия решений на практике показало достаточно высокую универсальность и эффективность.

3. Построение обобщенного иерархического критерия оптимальности системы

Пусть каждый вариант построения некоторой социально-технической системы S характеризуется набором значений технических показателей

$\{U_i^0 = \{u_{ik}^0\}\}$, где $k = \overline{1, K}$ – номер варианта построения системы, $i = \overline{1..m_0}$ – номер критерия. Необходимо выбрать лучший вариант построения этой системы, при этом критерии оптимальности имеют иерархическую структуру, соответствующую принятой иерархии принятия решений.

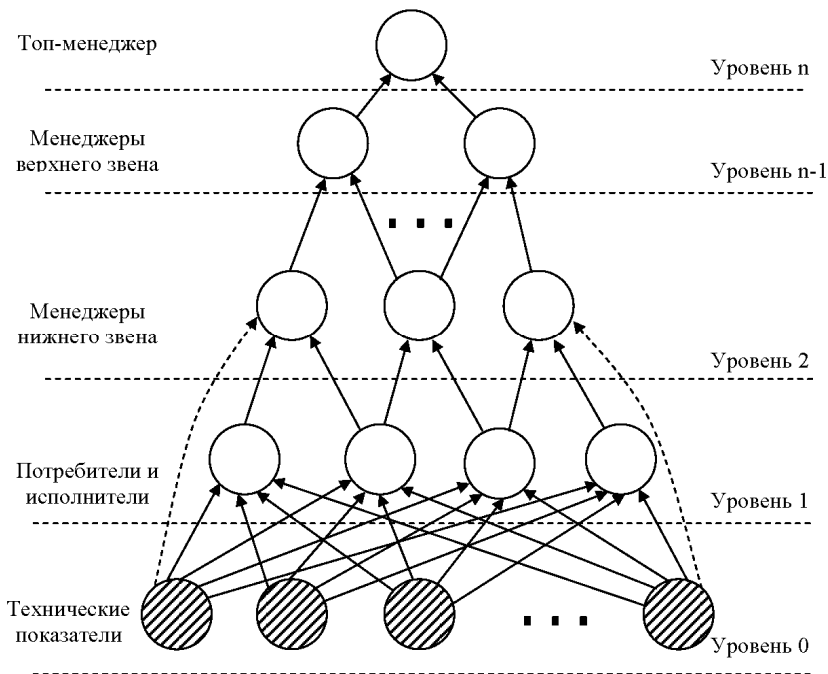


Рис. 2. Иерархия принятия решений

На верхнем структурном уровне оптимальность системы зависит от некоторого обобщенного критерия U_1^n . Значения критерия U_1^n , в свою очередь, зависят от значений критериев из некоторого множества $\{U_{i,n-1}^{n-1}\}$, которые принадлежат уровню $n - 1$. Значения каждого критерия уровня $n - 1$, в свою очередь, зависят от значений критериев оптимальности нижестоящего уровня $n - 2$ и т.д. Критерии уровня 1 зависят от технических критериев оптимальности системы U_i^0 . Критерии U_i^0 можно назвать техническими (объективными) критериями оптимальности сис-

темы S . На каждом вышестоящем уровне при построении критерия U_i^p устранивается многокритериальная неопределенность нижестоящего уровня, причем вариант устранения многокритериальной неопределенности на уровне p зависит от лица, принимающего на этом уровне решение. Поэтому критерии уровней $1 \dots n$ можно назвать обобщенными (субъективными).

Будем считать, что каждое значение критерия u_{ik}^0 задает степень предпочтительности функционирования системы для каждого варианта построения системы V_k^0 по критерию U_i^0 . Результат применения критериев U_i^0 к вариантам V_k^0 отображен в таблице 1, в которой u_{ik}^0 некоторые числа, имеющие смысл предпочтительности соответствующего варианта V_k^0 по критерию U_i^0 .

Таблица 1. Предпочтительность вариантов построения системы в смысле критериев нулевого уровня

Критерий/вариант	V_1^0	V_2^0	...	V_K^0
U_1^0	u_{11}^0	u_{12}^0		u_{1K}^0
U_2^0	u_{21}^0	u_{22}^0		u_{2K}^0
...				
$U_{m_0}^0$	$u_{m_0 1}^0$	$u_{m_0 2}^0$		$u_{m_0 K}^0$

Как уже говорилось выше, критерии первого уровня U_j^1 зависят не от самих вариантов построения сети, а от значений критериев нулевого уровня $\{U_i^0\}$. Введем функции принадлежности $\mu_j^1(u_{ik}^0) \in [0, 1]$, которые показывают «меру удовлетворенности» значениями критерия u_{ik}^0 нулевого уровня в смысле j -го критерия первого уровня (определяемого соответствующей группой ЛПР), где k – номер варианта построения системы. Для определения функции принадлежности в данном случае удобно использовать лингвистическую переменную (например, 1 – очень хорошо, 0.8 – хорошо, 0.5 – удовлетворительно, 0.2 – плохо, 0 – очень плохо).

Для каждого критерия U_j^1 введем некоторое нечеткое бинарное отношение $\tilde{R}_j^1(V_a^1, V_b^1)$ с функцией принадлежности $\mu_{\tilde{R}_j^1}(V_a^1, V_b^1)$, имеющее смысл степени превосходства варианта построения сети $V_a^1 = \{\mu_j^1(u_{ia}^0)/u_{ia}^0\}$, $i = \overline{1, m_0}$ над вариантом $V_b^1 = \{\mu_j^1(u_{ib}^0)/u_{ib}^0\}$, $i = \overline{1, m_0}$ и учитывающее важность каждого критерия U_i^0 в смысле критерия $U_j^1(\bar{\mu}_{ij}^1)$. Иначе говоря, $\bar{\mu}_{ij}^1$ задает матрицу важностей критериев нулевого уровня с точки зрения критериев первого уровня.

Каждый критерий первого уровня зависит в общем случае от m_0 критериев нулевого уровня, а введенное нечеткое отношение $\tilde{R}_j^1(V_a^1, V_b^1)$ устраняет многокритериальную неопределенность при вычислении значений критериев первого уровня. Предлагается использовать два подхода к устранению неопределенности. Первый подход заключается в замене множества критериев их линейной сверткой. Функция принадлежности нечеткого отношения при использовании такого подхода будет иметь следующий вид:

$$\mu_{\tilde{R}_j^1}(V_a^1, V_b^1) = \frac{1}{2} + \frac{\sum_i \bar{\mu}_{ij}^1 (\mu_j^1(u_{ia}^0) - \mu_j^1(u_{ib}^0))}{2m_1 \sum_i \bar{\mu}_{ij}^1} \equiv \mu_{\tilde{R}_j^1}^I(V_a^1, V_b^1) \quad (1)$$

где числовые коэффициенты нужны для приведения области значений функции к отрезку [0,1].

Второй предлагаемый подход заключается в выборе критериев, по которым отклонения варианта a от варианта b максимальны. Функция принадлежности нечеткого отношения при использовании такого подхода может иметь следующий вид:

$$\begin{aligned} \mu_{\tilde{R}_j^1}(V_a^1, V_b^1) = & \frac{1}{2} \left(1 + \max \left(\max_i \left(\frac{\bar{\mu}_{ij}^1 (\mu_j^1(u_{ia}^0) - \mu_j^1(u_{ib}^0))}{\max(\mu_j^1(u_{ia}^0), \mu_j^1(u_{ib}^0))} \right), 0 \right) + \right. \\ & \left. + \min \left(\min_i \left(\frac{\bar{\mu}_{ij}^1 (\mu_j^1(u_{ia}^0) - \mu_j^1(u_{ib}^0))}{\max(\mu_j^1(u_{ia}^0), \mu_j^1(u_{ib}^0))} \right), 0 \right) \right) \equiv \mu_{\tilde{R}_j^1}^{II}(V_a^1, V_b^1), \end{aligned} \quad (2)$$

где \max показывает максимальное (по критериям нулевого уровня) превосходство варианта a над вариантом b , \min – превосходство варианта b над вариантом a .

Выбор конкретной функции принадлежности, например (1) или (2), зависит от предметной области функционирования системы. Возможен также компромиссный вариант:

$$\mu_{\bar{R}^1}(V_a^1, V_b^1) = (1 - \alpha)\mu_{\bar{R}^1}^I(V_a^1, V_b^1) + \alpha\mu_{\bar{R}^1}^{II}(V_a^1, V_b^1) \equiv \mu_{\bar{R}^1}^{III}(V_a^1, V_b^1) \quad (3)$$

где $\alpha \in [0, 1]$ – некоторая константа.

Коэффициент α в формуле (3) можно считать *уровнем некомпенсируемости* критериев. Смысл коэффициента α заключается в возможности уступать по одному критерию в пользу остальных. Если $\alpha = 1$ (критерии некомпенсируемы), то такие уступки можно считать недопустимыми. Если $\alpha = 0$ (критерии компенсируемы), то можно игнорировать один из критериев даже при незначительном выигрыше по сумме всех критериев. Уровень некомпенсируемости критериев зависит исключительно от предметной области задачи и от предпочтений лица, принимающего решение. Например, при выборе места для проживания отдаленность от центра города может быть в значительной степени компенсируема хорошими экологическими условиями, а относительно плохое состояние экологии в центре города компенсируется развитой инфраструктурой. В этом случае можно говорить о низком уровне некомпенсируемости критериев. В случае распределения сил между оборонительными районами высокая обороноспособность одного района не может компенсировать низкую обороноспособность другого (противник ударит в слабое место), поэтому здесь можно говорить о некомпенсируемости критериев. Поэтому введение параметра α может решить данную проблему выбора. В общем случае параметр α , как и веса критериев, может выбираться каждым лицом, принимающим решение на своем уровне иерархии, задавая правило свертки критериев нижнего уровня.

Вернемся к построению обобщенного критерия оптимальности системы. Построим интегральную оценку варианта построения сети $V_a^1 = \{\mu_j^1(u_{ia}^0)/u_{ia}^0\}, i = \overline{1, m_0}$ с точки зрения критерия $U_j^1, j = \overline{1, m_1}$ следующим образом: $F_j^1(V_a^1) \equiv \min_{b, b \neq a} (\mu_{\bar{R}^1}^1(V_a^1, V_b^1))$. Обозначим $u_{ji}^1 \equiv F_j^1(V_i^1)$. Результат применения критериев U_i^1 к вариантам V_j^1 будет выглядеть аналогично таблице 1 и приведен в таблице 2.

Таблица 2. Предпочтительность вариантов построения системы с точки зрения критериев первого уровня

Критерий/вариант	V_1^1	V_2^1	...	V_K^1
U_1^1	u_{11}^1	u_{12}^1		u_{1K}^1
U_2^1	u_{21}^1	u_{22}^1		u_{2K}^1
...				
$U_{m_1}^1$	$u_{m_1 1}^1$	$u_{m_1 2}^1$		$u_{m_1 K}^1$

Применив аналогичные рассуждения для последующих уровней, для уровня p получаем:

$$u_{ik}^p \equiv F_i^p(V_k^p) = \min_{b, b \neq k} (\mu_{\tilde{R}^p}(V_k^p, V_b^p)) = \\ = \min_{b, b \neq k} (\mu_{\tilde{R}^p}(\{\mu_i^p(u_{jk}^{p-1})/u_{jk}^{p-1}\}, \{\mu_i^p(u_{jb}^{p-1})/u_{jb}^{p-1}\})),$$

где i – номер критерия уровня p , k – номер варианта построения системы, j – номер критерия уровня $p - 1$. Следует заметить, что функции принадлежности μ_i^p могут зависеть не только от значений критериев предыдущего уровня u_{jk}^{p-1} , но и от значений критериев нулевого уровня u_{lk}^0 , тогда $\mu_i^p = \mu_i^p(u_{jk}^{p-1}, u_{lk}^0)$, $V_k^{p-1} = \{\mu_i^p(u_{jk}^{p-1}, u_{lk}^0)/(\{u_{jk}^{p-1}\}, \{u_{lk}^0\})\}$. Такая зависимость может появиться вследствие того, что на каждом последующем уровне значения критериев теряют физический смысл. Потеря физического смысла значений критериев связана с тем, что процедура оценки вариантов построения системы, вследствие многокритериальной неопределенности, может иметь достаточно сложный вид, а результат этой процедуры выражаться безразмерными параметрами. Поэтому, если критерии уровня p не полностью «доверяют» критериям предыдущих уровней, то может возникнуть зависимость критериев уровня p от критериев нулевого уровня.

На последнем уровне имеется только один обобщенный критерий U_1^n , тогда

$$u_{0k}^n \equiv F_0^n(V_k^n) = \min_{b, b \neq k} (\mu_{\tilde{R}^p}(V_k^n, V_b^n)) = \\ = \min_{b, b \neq k} (\mu_{\tilde{R}^p}(\{\mu_i^n(u_{jk}^{n-1})/u_{jk}^{n-1}\}, \{\mu_i^n(u_{jb}^{n-1})/u_{jb}^{n-1}\})).$$

Иначе говоря, на последнем уровне критериев варианту построения системы номера k ставится в соответствие некоторое число $u_{0k}^n \in [0, 1]$ –

степень предпочтительности данного варианта в смысле критерия U^n . Вариант a можно считать лучшим, если $u_{0a}^n = \max_k(u_{0k}^n)$.

Таким образом, для выбора лучшего варианта построения системы при иерархической структуре критериев с использованием предложенного подхода необходимо знать:

1) степень предпочтительности вариантов построения системы в смысле критериев нулевого уровня (u_{ik}^0);

2) степень предпочтительности значений критериев уровня $p-1$ в смысле критериев уровня p ($\mu_j^p(u_{ik}^{p-1})$);

3) важность каждого критерия уровня $p-1$ с точки зрения ЛПР уровня p , $\bar{\mu}_{ij}^p$, $p = \overline{2, n}$, где n – количество уровней иерархии критериев.

Предложенный подход нашел применение и показал высокую эффективность в задачах выбора оптимальной конфигурации сетей связи [11, 12] и оптимизации учебных планов образовательных программ компетентностного содержания [13].

4. Демонстрационный пример

В качестве примера рассмотрим оптимизацию структуры мультисервисной сети (МСС) передачи данных с учетом интересов различных социальных групп. В большинстве случаев территориально-распределенная сеть передачи данных существует для того, чтобы обеспечить возможность удобного, качественного и дешевого взаимодействия отдельных пользователей или их групп между собой. Поставщики услуг используют оборудование, программное обеспечение, человеческие ресурсы для максимально возможного использования своих сетей с одновременным уменьшением стоимости расходов на эксплуатацию оборудования и на общее содержание сети. Оптимальное использование сети зависит от услуг, которые она предоставляет: насколько хорошо каждая услуга разрешает проблемы потребителя, насколько быстро услуга может быть доставлена потребителю и насколько надежно функционирует эта услуга. Стоимость сети (включая расходы на ее содержание) зависит от инфраструктуры, развернутой для ее поддержания: общей стоимости требуемого оборудования и стоимости поддержки информационных систем. Количество потребителей информационных услуг неуклонно растет, повышаются требования потребителей к качеству обслуживания. В последнее время

в отрасли связи произошли радикальные перемены, которые затронули деятельность почти всех телекоммуникационных компаний. Во-первых, это появление и активное внедрение новых технологий доступа, транспорта и предоставления услуг. Во-вторых, появление широкого спектра новых услуг и снижение доходности традиционных услуг связи [14].

Наибольшее влияние на телекоммуникационный рынок нашей страны за последние 5–7 лет, вне всякого сомнения, оказал процесс предоставления абонентам цифровых клиентских окончаний, позволяющих оказывать услуги высокоскоростной передачи данных. Несмотря на то, что цифровые технологии давно используются в сетях передачи данных, на уровне абонентского доступа долгое время безраздельно господствовал доступ посредством установления телефонного соединения с помощью аналогового модема. Внедрение цифровых технологий абонентского доступа и стремительное снижение стоимости оборудования для организации оптических каналов связи привело к тому, что стоимость организации абонентского широкополосного доступа снизилась настолько, что стали возможны массовые продажи широкополосных услуг. В свою очередь, это привело к тому, что операторы связи получили техническую возможность оказывать конвергентные услуги, связанные с передачей голосовой и видео информации по одному и тому же каналу связи. В специальной литературе эти услуги стали называть Triple Play Services (Услуги Трипл Плей).

Широкое распространение услуг Triple Play, в свою очередь, ставит вопрос о выборе эффективных решений при проектировании и эксплуатации сети. Внедрение математических моделей, позволяющих быстро и качественно проводить анализ и оптимизацию имеющихся проектных решений и проектирование новых сетей, позволяет изменить процесс построения сети и ее эксплуатацию. Вместо интуитивных решений, основанных только на личном опыте людей, их принимающих, приходит математический аппарат, позволяющий этим людям принимать решения на основе данных моделирования, что значительно повышает эффективность управленческих решений. Задача становится еще более актуальной, если учесть, что рынок передачи видеoinформации тоже находится на пороге значительных перемен. Уже в каждом магазине можно купить телевизор с надписью HDTV¹ ready, а технология HDTV предъявляет повышенные требования к пропускной способности сетей передачи данных и умение предсказать поведение сети при внедрении HDTV, предска-

¹ HDTV — технология передачи видеоизображения высокой четкости.

зять таким образом, чтобы полученное решение надежно работало и при этом было финансово эффективным. Это может стать ключевым фактором успешности внедрения HDTV-проекта.

В современных сетях передачи данных выделяют магистральный (ядро сети, *core*), пользовательский (последняя миля) и распределительный уровни [15]. При проектировании сети передачи данных стремятся найти такой вариант построения транспортной сети, который бы удовлетворял необходимую потребность в связи при наименьших общих затратах на построение, обслуживание и последующее развитие сети. При этом важно понимать, что выбор пользовательского уровня сети, как правило, достаточно прост: его пропускная способность и становится тем фактором, который влияет на сам спектр услуг, которые можно оказать именно этому абоненту. Кроме того, выбор этого уровня большей частью определяется тем, какими ресурсами располагает оператор связи. В то же время выбор архитектуры собственно сети передачи данных (магистральный и распределительный уровни) может представлять достаточно сложную задачу. При создании и эксплуатации любой сети связи величины капитальных затрат и эксплуатационных расходов должны быть минимальны при условии, что сеть выполняет с заданными качественными показателями возложенные на нее функции по передаче и распределению информационных потоков, поступающих от потребителей [16]. Задачи моделирования магистрального и распределительного уровней сети рассматриваются в работах [17, 18, 19]. Здесь же рассмотрим вопросы построения иерархии принятия решения и связанного с ней обобщенного критерия оптимальности сети с учетом нечетких предпочтений различных социальных групп.

В качественном функционировании сети передачи данных заинтересованы различные группы лиц. В первую очередь, это, конечно, оператор сети, который инвестирует средства в строительство сети и несет расходы по поддержанию ее работоспособности. Кроме оператора сети в ее качественном функционировании заинтересованы операторы и потребители услуг сети. Операторы услуг получают доход от оказания при помощи сети передачи данных услуг потребителям, а потребители получают выгоду непосредственно от потребления услуг. Таким образом, при проектировании и использовании современной мультисервисной сети сталкиваются интересы различных групп потребителей и операторов услуг. Любая, даже самая мощная сеть передачи данных обладает ограниченными ресурсами для удовлетворения запросов пользователей. Увеличение количества доступных ресурсов требует дополнительных затрат от оператора сети.

Пользователи сети, с одной стороны, заинтересованы в том, чтобы получать максимальное количество услуг с наивысшим качеством, с другой стороны – в снижении своих затрат на использование сети. Сообщество потребителей услуг неоднородно, разные группы потребителей хотят получать разные услуги и с разным качеством, что, в свою очередь, приводит к предъявлению противоречивых требований ко всей системе. Для качественного проектирования сетей передачи данных необходим учет всех требований, предъявляемых к сети, что невозможно без учета интересов различных социальных групп пользователей.

Таким образом, сеть передачи данных призвана удовлетворять интересам всех заинтересованных лиц, связанных с эксплуатацией сети: пользователей сети, операторов, предоставляемых сетью услуг, оператора сети. Поэтому при моделировании МСС ее необходимо рассматривать как единую социально-техническую систему, в которой активную роль играют потребители услуг связи.

Большинство работ, посвященных моделированию и оптимизации сетей связи, например [20, 21] не учитывают социальную составляющую МСС. В то же время проблемам учета интересов пользователей при управлении сетями связи посвящен ряд работ, основанных на теории общественного выбора, например [22], в которой задача распределения ресурсов сети между потребителями решается оригинальным, но достаточно частным способом. Авторы [22] предлагают предоставить пользователям возможность самим устанавливать классы обслуживания (приоритеты при передаче по сети) для получаемых ими услуг. Для того, чтобы обеспечить оптимальное назначение приоритетов пользователями, предлагается установить особый механизм ценообразования, при котором цена получаемой пользователем услуги зависит от приоритета, установленного пользователем. При этом предполагается линейная связь между стоимостью услуги и потерями от отказа в ее получении (или от неудовлетворительного качества услуги). Однако правильный выбор класса обслуживания для услуг различных типов может быть затруднен для недостаточно технически образованных пользователей, что может приводить как к их отказу от услуг сети, так и к неоптимальному ее использованию. В данной работе, в отличие от [22], устраняется сильное допущение о линейности и, благодаря кластеризации пользователей на группы, учитываются интересы пользователей без их привлечения к самостоятельному принятию решений.

Предлагаемый подход к проектированию МСС позволяет учесть не только технико-экономические критерии функционирования сети связи,

но и интересы (часто конфликтные) различных групп пользователей данной сети. При этом конечное решение об инвестициях в строительство сети и выборе конкретных параметров сети передачи данных принимает оператор сети с учетом интересов всех сторон, находящихся на различных уровнях системы управления сетями связи. Для этой цели предлагается следующая 2-уровневая иерархия принятия коллективных решений. На нулевом уровне иерархической структуры располагаются технико-экономические показатели эффективности функционирования МСС, на первом уровне находятся потребители сети, разбитые по интересам на социальные группы, и операторы услуг. На втором (наивысшем) уровне – оператор сети (топ-менеджер). Соответствующий обобщенный критерий оптимальности сети передачи данных имеет иерархическую структуру, представленную на рис. 3. Стрелками показана зависимость критериев различных уровней, а веса на стрелках задают степень зависимости. Участие весов в формировании критериев оптимальности на каждом структурном уровне будет пояснено ниже.

На нулевом уровне находятся технические критерии, характеризующие качество функционирования сети, например количество потерянных пакетов, среднее время задержки для каждой услуги, предоставляемой сетью, стоимость сети и др. На первом уровне находятся комплексные критерии групп потребителей услуг и операторов услуг, характеризующие степень удовлетворенности группы пользователей или оператора услуги качеством функционирования сети. На последнем (втором) уровне находится обобщенный критерий оператора сети, характеризующий степень его удовлетворенности оценками групп пользователей и операторов услуг качеством функционирования сети. Критерии верхних уровней являются сверткой (необязательно линейной) критериев нижних уровней. При этом все критерии, входящие в обобщенный иерархический критерий оптимальности сети, начиная с первого уровня, имеют нечеткую природу. Основная причина нечеткости требований к сети передачи данных заложена в необходимости учета интересов большого количества пользователей сети и в широком спектре услуг, предоставляемых сетью. Цель строительства мультисервисной сети передачи данных заключается в удовлетворении интересов потребителей услуг, требования которых можно считать конечными. Пользователи сети, по понятным причинам, не могут задать точного критерия, характеризующего их удовлетворенность качеством и стоимостью услуг, предоставляемых сетью. Поэтому в данной методике для описания предпочтений пользователей сети предлагается использовать лингвистическую переменную (например: 1 – очень хорошо, 0.8 – хорошо, 0.5 – удовлетворительно, 0.2 – плохо, 0 – очень плохо) [9].

Следует подчеркнуть, что такой способ позволяет учесть нелинейную зависимость удовлетворенности пользователей сети от качества предоставляемых услуг, подтверждением которой может служить закон убывающей полезности в экономике [23]. Кроме того, сеть передачи данных существует в условиях постоянных изменений: вводятся новые услуги, меняются предпочтения пользователей, повышаются требования к качеству предоставляемых услуг. Таким образом, для выбора оптимальных решений при развертывании мультисервисной сети передачи данных оператору сети необходимо учитывать большое количество факторов, что требует применения специального математического аппарата.

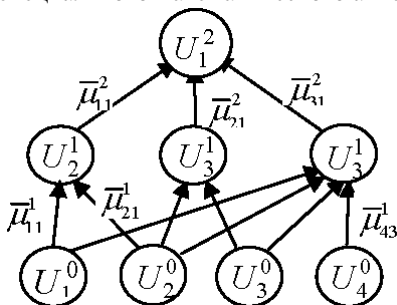


Рис 3. Иерархическая связь критериев оптимальности сети передачи данных

Пусть оператору сети необходимо выбрать лучший из трех вариантов построения сети передачи данных, каждый вариант построения которой характеризуется тремя показателями (см. таблицу 3). К сети подключены бизнес-центры и жилые дома, и все пользователи сети разбиты на 2 группы (корпоративные и домашние пользователи).

Таблица 3. Технические показатели функционирования сети передачи данных

Показатель	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3
1. Средняя задержка Интернет (сек.)	1	2,8	3
2. Средняя задержка видео (сек.)	0,011	0,005	0,01
3. Средняя задержка телефонии (сек.)	0,015	0,013	0,01

Оператор определил степень удовлетворенности пользователей качеством функционирования сети по каждому из показателей, а также важность каждого показателя для конкретной группы пользователей (например путем социологического опроса).

Таблица 4. Степень удовлетворенности групп пользователей качеством функционирования сети для трех вариантов построения сети u_{ik}^0

Социальная группа	Вариант 1			Вариант 2			Вариант 3		
	Качество			Качество			Качество		
	Интернет	видео	телефония	Интернет	видео	телефония	Интернет	видео	телефония
Домашние пользователи	0,5	0,5	0,5	0,2	1	0,6	0,2	0,6	0,7
Корпоративные пользователи	0,5	0,5	0,6	0,3	0,9	0,7	0,2	0,5	0,8

Таблица 5. Матрица важности показателей качества функционирования сети с точки зрения пользователей ($\bar{\mu}_{ij}^1$)

Социальная группа	1.Качество Интернет	2.Качество видео	3.Качество телефонии
1.Домашние пользователи	1	1	0,8
2.Корпоративные пользователи	1	0,5	0,8

В таблице 5 показано, что корпоративные пользователи уделяют повышенное внимание качеству услуг Интернет и телефонии, предоставляемых сетью. В то же время, корпоративные пользователи игнорируют качество передачи видеоданных. Для домашних пользователей важен спектр услуг.

Будем считать, что $\mu_j^1(u_{ik}^0) \equiv u_{ik}^0$. В соответствии с изложенным подходом, для каждой группы пользователей необходимо выработать свой интегральный показатель оценки качества функционирования сети в целом – $F_i^1(V_k^1)$, где i – номер группы. Для этого необходимо определить нечеткое отношение $\tilde{R}_j^1(V_a^1, V_b^1)$, заданное своей функцией принадлежности $\mu_{\tilde{R}^1}(V_a^1, V_b^1)$. Предположим, выбрана функция принадлежности (1), т. е. уровень некомпенсированности критериев α равен нулю.

Тогда для демонстрационного примера:

$$\mu_{\tilde{R}^1}(V_1^1, V_2^1, \bar{\mu}_{i1}^1) = \frac{1}{2} \left(1 + \frac{\sum_i \bar{\mu}_{i1}^1 (\mu_1^1(u_{i1}^0) - \mu_1^1(u_{i2}^0))}{\sum_i \bar{\mu}_{i1}^1} \right) =$$

$$= \frac{1}{2} \left(1 + \frac{1(0,3) + 1(-0,5) + 0,8(-0,1)}{(1+1+0,8)} \right) = 0,450.$$

Аналогично вычисляются остальные значения функции принадлежности. Результат сравнения вариантов построения сети приведен в таблице 6.

Таблица 6. Результат сравнения вариантов построения сети с точки зрения различных групп пользователей

Варианты	V_1	V_2	V_3
Домашние пользователи			
V_1	-	0,450	0,507
V_2	0,550	-	0,557
V_3	0,493	0,443	-
Корпоративные пользователи			
V_1	-	0,483	0,530
V_2	0,517	-	0,548
V_3	0,470	0,452	-

С учетом таблицы 6 имеем:

$$u_{11}^1 \equiv F_1^1(V_1^1) = \min_{b, b \neq 1}(\mu_{\bar{R}P}(V_1^1, V_b^1)) = \min(0,450; 0,507) = 0,450$$

Аналогично вычисляются остальные значения оптимальности вариантов построения сети с точки зрения групп пользователей. Результаты вычислений приведены в таблице 7.

Таблица 7. Оптимальность вариантов построения сети с точки зрения групп пользователей (u_{ik}^1)

Группа пользователей / вариант	V_1	V_2	V_3
U_1^1 (домашние пользователи)	0,450	0,550	0,443
U_2^1 (корпоративные пользователи)	0,482	0,517	0,452

Предположим, что $\mu_j^2(u_{ik}^1) \equiv \begin{cases} u_{ik}^1, & \text{если } u_{ik}^1 < 0,3 \\ 0, & \text{иначе} \end{cases}$. Т.е. оператор считает, что, если оценка группой пользователей варианта построения сети меньше 0,3, то такой вариант полностью не устраивает группу и выбор этого варианта приведет к отказу использования сети. Оператор сети также устанавливает важность групп пользователей $\bar{\mu}_{ij}^2$. Важность может быть пропорциональна количеству пользователей в группе или ожидаемому доходу от подключения группы пользователей.

Таблица 8. Матрица важности групп пользователей с точки зрения оператора сети ($\bar{\mu}_{i0}^2$)

Группа пользователей	U_0^2 (общая оценка сети)
U_1^1 (домашние пользователи)	1
U_2^0 (корпоративные пользователи)	0,9

Далее оператор сети строит свою интегральную оценку вариантов построения сети на основании аналогичных оценок групп пользователей (u_{ik}^1).

В рассматриваемом случае:

$$\mu_{\bar{R}^2}(V_1^2, V_2^2) = \frac{1}{2} \left(1 + \frac{\sum_i \bar{\mu}_{i0}^2 (\mu_0^2(u_{i1}^1) - \mu_0^2(u_{i2}^1))}{\sum_i \bar{\mu}_{i0}^2} \right) =$$

$$= \frac{1}{2} \left(1 + \frac{1(0,450 - 0,550) + 0,9(0,482 - 0,517)}{(1 + 0,9)} \right) = 0,465.$$

Результат сравнения вариантов построения сети оператором приведен в таблице 9.

Таблица 9. Результат сравнения вариантов построения сети оператором

Варианты	V_1	V_2	V_3
V_1	-	0,465	0,509
V_2	0,535	-	0,544
V_3	0,491	0,456	-

$$u_{01}^2 \equiv F_0^2(V_1^2) = \min_{b, b \neq 1} (\mu_{\bar{R}^2}(V_1^2, V_b^2)) = \min(0,465; 0,509) = 0,465,$$

$$u_{02}^2 \equiv F_0^2(V_2^2) = \min_{b, b \neq 2} (\mu_{\bar{R}^2}(V_2^2, V_b^2)) = \min(0,535; 0,544) = 0,535,$$

$$u_{03}^2 \equiv F_0^2(V_3^2) = \min_{b, b \neq 3} (\mu_{\bar{R}^2}(V_3^2, V_b^2)) = \min(0,491; 0,456) = 0,456.$$

Следовательно, при сделанных допущениях вариант V_2 лучше варианта V_3 , который, в свою очередь, лучше варианта V_1 . Поэтому оператору сети выгодно выбирать вариант V_2 . С учетом весов критериев опти-

мальности вариант 2 имеет наибольшую среднюю степень удовлетворенности пользователей качеством функционирования сети (0,56 для домашних пользователей и 0,44 для корпоративных). Поэтому при нулевом уровне некомпенсируемости критериев оптимальным оказался вариант 2. В то же время в приведенном примере трудно предположить нулевой уровень некомпенсируемости критериев. Например, плохое качество услуг Интернета, предоставляемых сетью, не может компенсироваться отличным качеством телефонии и, наоборот, плохое качество телефонии не может компенсироваться отличным доступом в Интернет. При условии полной некомпенсируемости критериев ($\alpha = 1$) лучшим окажется вариант 1. При этом $u_{01}^2 = 0,636$, $u_{02}^2 = 0,364$, $u_{03}^2 = 0,279$. График зависимости значений обобщенного критерия оптимальности от уровня некомпенсируемости критериев изображен на рис. 4.

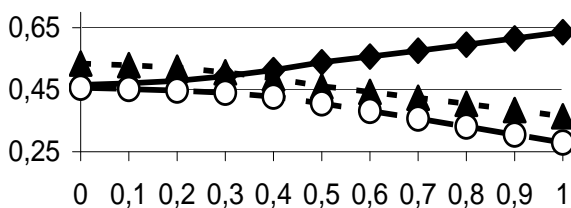


Рис 4. Зависимость значений обобщенного критерия оптимальности от уровня некомпенсируемости критериев для 3-х вариантов

построения сети (—◆— u_{01}^2 , —▲— u_{02}^2 , —○— u_{03}^2)

Из рисунка видно, что задание уровня некомпенсируемости критериев оптимальности в значительной мере влияет на выбор оптимального решения. При значениях $\alpha \leq 0,336$ второй вариант построения сети с точки зрения оператора намного выгоднее других. Это связано с тем, что оператор сети судит о качестве предоставляемых услуг через оценки пользователей. Если оператор убежден, что для пользователей услуг важны средние оценки качества функционирования сети ($\alpha \leq 0,336$), то второй вариант предпочтительнее. Но если оператор считает, что для пользователей важен каждый показатель качества предоставляемых услуг и нельзя добиться успеха за счет высокого качества одних услуг в ущерб другим, то ему следует выбрать первый вариант построения сети. Равнооптимальность вариантов V_1 и V_2 достигается при значении $\alpha \approx 0,336$. Эту точку можно считать началом отрезка значений параметра α , при которых уровень некомпенсируемости критериев оптимально-

сти для данной системы можно считать значительным. В данном примере для упрощения представления результатов параметр α выбирался общим для всех уровней принятия решений. Однако, как отмечалось выше, каждое лицо, принимающее решение, может выбирать свой уровень некомпенсируемости критериев, что позволит более правильно учитывать предпочтения всех групп пользователей.

Заключение

Предложена методика учета иерархической структуры конфликтных нечетко формализованных интересов различных социальных групп (потребителей и технических исполнителей) социально-технической системы в соответствии с принятой иерархией принятия коллективного решения. Для учета требований к качеству функционирования системы со стороны каждой группы внешних и внутренних потребителей построены нечеткие критерии. Для устранения многокритериальной неопределенности предложен оригинальный подход, учитывающий уровень некомпенсируемости критериев оптимальности (эффективности функционирования) всей рассматриваемой социально-технической системы. Учет интересов всех социальных групп производится с помощью обобщенного критерия в виде нечеткого множества с нечетким носителем. Сравнение вариантов построения сети с учетом нечетких предпочтений различных социальных групп осуществляется с использованием специальных индексов ранжирования. Для демонстрации предложенной методики приведен пример выбора лучшего варианта построения мультисервисной сети связи для двух групп пользователей и трех вариантов построения сети.

Список литературы

1. *Новиков Д.А.* Теория управления организационными системами. – М.: Издательство физико-математической литературы, 2007. – 584 с.
2. *Подinovский В.В.* Введение в теорию важности критериев в многокритериальных задачах принятия решений. – М.: Физматлит, 2007.
3. *Бурков В.Н., Коргин Н.А., Новиков Д.А.* Введение в теорию управления организационными системами. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009. – 264 с.
4. *Микони С.В.* Теория и практика рационального выбора. – М.: Маршрут, 2004. – 463 с.

5. Горский Ю.М. Системно-информационный анализ процессов управления. – Новосибирск: Наука, 1988. – 327 с.

6. Воронин А.А., Губко М.В., Мишин С.П., Новиков Д.А. Математические модели организации. Учебное пособие. – М.: ЛЕНАНД, 2008. – 360 с.

7. Человеческий фактор в управлении / под. ред. Н.А. Абрамовой, К.С Гинсберга, Д.А. Новикова. – М.: Комкнига, 2006. – 496 с.

8. Введение в математическое моделирование / В.А. Ашихмин, М.Б. Гитман и др. – М.: ЛОГОС, 2004. – 440 с.

9. Гитман М.Б. Введение в теорию нечетких множеств и интервальную математику: Ч. 1: Применение лингвистической переменной в процессе принятия решений. Учебное пособие. – Пермь: Изд-во ПГТУ, 1998. – 45 с.

10. Губко М.В. Математические модели оптимизации иерархических структур. – М.: ЛЕНАНД, 2006. – 264 с.

11. Гилязов Р.Л., Столбов В.Ю. Проектирование распределительного уровня мультисервисной сети связи с учетом конфликтных интересов различных групп пользователей // Телекоммуникации. – 2008. – № 11. – С. 15–21.

12. Гилязов Р.Л., Столбов В.Ю. Об одном подходе к учету иерархической структуры критериев оптимальности мультисервисной сети передачи данных // Проблемы управления. – 2009. – №1. – С. 44–52.

13. Котов С.С., Столбов В.Ю. Управление структурой образовательных программ компетентностного содержания с учетом нечетких предпочтений различных социальных групп // Системы управления и информационные технологии. – 2009. – № 1.3 (35). – С. 411–416.

14. Кулешов К.В., Нетес В.А. Опыт совершенствования процессов управления трафиком и качеством работы телефонной сети // Электро-связь. – 2006. – № 9. – С. 2–5.

15. Гилязов Р.Л., Столбов В.Ю. Моделирование цифровой сети передачи данных с учетом случайных потребностей в доставке информации // Труды XXXIV Междунар. конф. «IT-S&E'07», Украина, г. Гурзуф, 2007. – С.84–86.

16. Давыдов Г.Б. Информатизация и сети связи. – М.: Наука 1984. – 128 с.

17. Гилязов Р.Л., Столбов В.Ю. Киндеркнехт С.В. Имитационное моделирование распределительного уровня цифровой сети передачи данных с учетом предпочтений пользователей и оператора сети // Теоретические и прикладные аспекты информационных технологий. Сборник научных трудов. НИИУМС. – Пермь, 2007. – Вып. 56. – С. 52–55.

18. *Гилязов Р.Л., Столбов В.Ю.* Имитационное моделирование цифровой сети передачи данных с учетом предпочтений различных социальных групп // Вестник ПГТУ. Прикл. математика и механика. – Пермь: Изд-во ПГТУ, 2007. – № 8. – С. 90–101.

19. *Гилязов Р.Л., Гитман М.Б., Столбов В.Ю.* Управление транспортными сетями электросвязи с учетом нечетких предпочтений // Проблемы управления. – 2008. – №1. – С. 62–67.

20. *Сычев К.И.* Многокритериальное проектирование мультисервисных сетей связи // Телекоммуникации. – 2007. – № 9. – С. 2–7.

21. *Королев А.В., Саитов И.А., Трегубов Р.Б., Богачев А.Г.* Оптимизация процедур обслуживания вызовов на узлах коммутации корпоративной мультисервисной сети связи // Телекоммуникации. – 2007. – № 8. – С. 2–8.

22. *Orda A., Rom R., Shimkin N.* Competitive routing in multi-user communication networks // IEEE/ACM Trans. on Networking. – 1993. – № 5. – P. 510–21.

23. *Гальперин В.М., Игнатъев С.М., Моргунов В.И.* Микроэкономика. Том 1. – С. Петербург: Экономическая школа, 1999. – 348 с.

Применение гибридных нейронечетких систем к моделированию процесса центрифугирования

Ханина Н.Ю. (*lisky@lipetsk.ru*)

Липецкий государственный технический университет, г. Липецк

Аннотация

Моделирование процесса центрифугирования заключается в вычислении текущей массы сахара во вращающемся барабане центрифуги. Существующие методы решения данной задачи основаны на некоторых допущениях, что приводит к значительной погрешности при вычислении массы сахара.

Ключевые слова: центрифугирование сахара, масса суспензии в барабане центрифуги, гибридные нейронечеткие системы.

Abstract

Process of centrifuging modelling lies in calculation of the current sugar mass in the centrifuge's drum. Existing method for solving of this problem gives a result, but with significant error.

Введение

В процессе центрифугирования сахара важную роль играет значение текущей массы в барабане центрифуги. Например, загрузка слишком большой или слишком малой массы ведет к нарушению технологии и, как следствие, к ухудшению качества продукта и повышенным затратам энергии. По текущей массе можно определять момент окончания оттока жидкой фазы загруженной суспензии и необходимое количество воды для промывки образовавшихся кристаллов сахара [1].

Исходя из вышесказанного, ясно, что следует контролировать текущую массу в барабане центрифуги, как во время загрузки, так и на дальнейших этапах центрифугирования.

1. Существующие подходы к вычислению текущей массы сахара

Центрифуга представляет собой электромеханическую систему «электродвигатель – барабан с загружаемой массой». Во время вращения барабана эта система описывается основным уравнением движения электропривода:

$$I(t) - M_c = J(t) \frac{d\omega(t)}{dt} + \frac{\omega(t)}{2} \frac{dJ(t)}{dt}. \quad (1)$$

Принцип работы существующих датчиков загрузки основан на решении дифференциального уравнения (1) относительно момента инерции загружаемого барабана $J(t)$. Затем, используя полученное значение $J(t)$ и размеры барабана центрифуги, датчик вычисляет текущую массу сахара.

Дифференциальное уравнение (1) решается численно. Значения силы тока $I(t)$ и скорости вращения барабана $\omega(t)$ снимаются датчиками через определенные промежутки времени. Статический момент на валу двигателя M_c считают постоянным, но в [2] описан способ, позволяющий вывести функцию его зависимости от времени, $y = M_c(t)$. Использование выведенной формулы для статического момента позволяет на десять процентов уменьшить ошибку при вычислении момента инерции $J(t)$, и, соответственно, при определении массы сахара в барабане (по сравнению с массой, рассчитанной при постоянном статическом моменте M_c).

Однако расчет момента инерции $J(t)$ с использованием численных методов имеет недостатки.

Во-первых, при выводе формулы для статического момента [2] было сделано допущение, что вид кривой $y = M_c(t)$ не меняется на каждом цикле центрифугирования.

Во-вторых, значения вычисленной массы оказываются запаздывающими по отношению к текущему моменту времени.

К первому недостатку можно отнести, например, постепенное уменьшение диаметра отверстий в барабане центрифуги при оттоке жидкости, происходящее из-за их засахаривания. Это будет неизбежно присутствовать ввиду противоречия между качеством промывки барабана и стоимостью горячей воды (длительную промывку делают не от цикла к циклу, а гораздо реже, например, через 100–200 циклов). Размер отверстий в барабане, которые от цикла к циклу постепенно засахариваются, вычислить невозможно, но он оказывает влияние на вид зависимости $y = M_c(t)$.

На изменение вида кривой $y = M_c(t)$ также влияет неидеальная форма цилиндра загружаемой массы во вращающемся барабане. Загрузка происходит на определенной скорости вращения барабана центрифуги, которая в процессе эксплуатации практически не меняется. В результате на вязкостях, отличающихся от средней, при загрузке суспензия в барабане образует не цилиндр, а конус. Поэтому при определении момента инерции желательно учитывать значение вязкости, которое также невозможно вычислить точно.

Второй недостаток возникает из-за невозможности достаточно точно рассчитать производную скорости $\frac{d\omega(t)}{dt}$ в данный момент времени. При

применении численного метода с интерполяцией по пяти ординатам в моменты времени $t - 2, t - l, t, t + l, t + 2$ результат при вычислении ускорения, а, следовательно, и момента инерции получается с запаздыванием примерно на полсекунды. При общем времени загрузки 5–10 секунд – это ощутимая ошибка. Само значение производной скорости достаточно мало, и при вычислениях погрешность может достигать недопустимых значений.

2. Гибридные нейронечеткие системы и возможность их применения к данной задаче

Снизить влияние вышеприведенных недостатков на точность определения массы можно посредством применения аппарата гибридных нейронечетких сетей. В этом случае использовать численные методы для расчета производной скорости и для решения дифференциального уравнения (1) не нужно. Сеть, обученная на примерах, будет по значениям тока и скорости определять момент инерции в текущий момент времени без запаздывания. Ошибки, возникающие из-за неточности допущения постоянства вида кривой $y = M_c(t)$, будут значительно снижены посредством правильного подбора обучающих примеров, в которых присутствуют суспензии с различной вязкостью, и отличаются степени засахаренности отверстий в барабане. Для повышения точности в нейронечеткую модель можно ввести нечеткие переменные, соответствующие различным вязкостям суспензии и различным степеням засахаренности отверстий. Следует также отметить еще одно важное достоинство такого подхода к решению задачи. Входные данные для нейронечеткой сети могут быть нечеткими. Это значит, что точность датчика, снимающего значения тока и скорости, не будет заметно влиять на точность результата.

Гибридная нейронечеткая сеть по структуре идентична многослойной нейронной сети с обучением, но скрытые слои в ней соответствуют этапам функционирования нечеткой системы. Каждый из этих слоев характеризуется набором параметров, настройка которых производится так же, как и для обычных нейронных сетей [3]. Гибридные нейронечеткие сети, как и нейронные, являются универсальными функциональными аппроксиматорами [4].

При центрифугировании момент инерции, сила тока и скорость барабана связаны между собой соотношением (1); между ними существует функциональная зависимость. Это значит, что задача моделирования процесса центрифугирования является задачей аппроксимации, и для ее решения можно применить гибридную сеть. К настоящему моменту была исследована возможность применения нейронечетких систем к решению

данной задачи. В качестве обучающего множества послужили данные нескольких опытов с известными загружаемыми массами. На вход сети подавалось одно значение тока и одно значение скорости, на выход – известное значение момента инерции. Построение и обучение гибридной системы было осуществлено в пакете MATLAB. Для сети была выбрана архитектура ANFIS с гауссовой функцией принадлежности входов. Структура сети представлена на рис. 1.

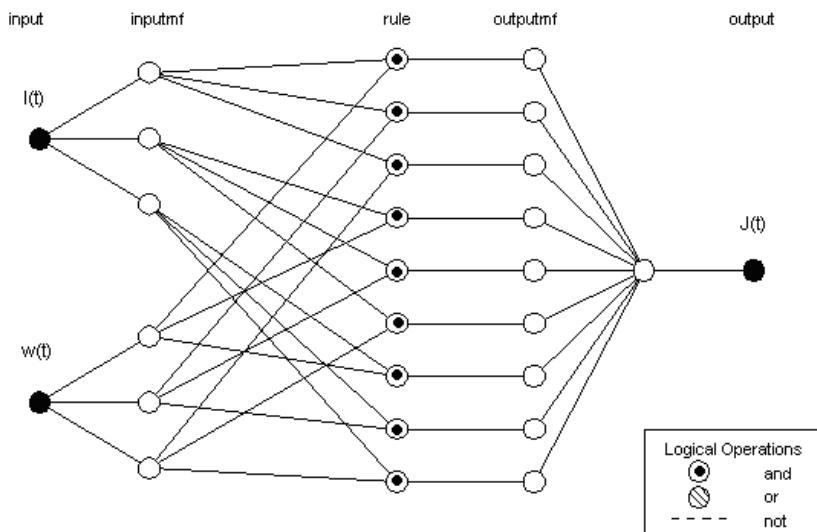


Рис. 1. Структура применяемой гибридной системы

По результатам решения данной задачи с использованием нейронечетких систем была получена формула для вычисления момента инерции $J(2)$, которая является следствием выбранной архитектуры гибридной сети.

$$J = \frac{m_{11}J_1 + m_{12}J_2 + m_{13}J_{31} + \dots + m_{31}J_7 + m_{32}J_8 + m_{33}J_9}{m_{11} + m_{12} + m_{13} + \dots + m_{31} + m_{32} + m_{33}}, \quad (2)$$

где

$$J_i = aI_i \cdot I + aW_i \cdot W + a_i, \quad (3)$$

$$m_{ij} = e^{\frac{-(I-bI_i)_2}{2cI_i^2}} \cdot e^{\frac{-(W-bW_i)_2}{2cW_i^2}}. \quad (4)$$

В формулах (3), (4) I и W – входные значения тока и скорости. Коэффициенты ali , aWi , a_i , bli , cli , bWi , cWi были подобраны при обучении сети на данных четырех опытов (табл. 1–2).

Таблица 1. Коэффициенты для формулы (3)

i	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ali	-8.7	76.0	10.2	-25.0	64.4	10.3	45.5	-30.5	10.2
aWi	-84.2	-192.0	30.3	487.4	676.1	12.4	-124.6	-569.4	25.0
CLi	-9.7	454.7	-42.5	63.6	-1947.0	5.0	-621.0	1967.0	-28.1

Таблица 2. Коэффициенты для формулы (4)

i	bli	cli	bWi	cWi
1	6.40	-1.95	0.29	1.17
2	7.87	14.52	0.19	1.36
3	7.85	30.73	0.41	2.19

Заключение

Точность решения получилась выше, чем в [2], несмотря на то, что не были учтены входные переменные с нечеткими значениями. Расхождения реальных значений момента инерции с вычисленными составляли не более пяти процентов. Реальные значения момента инерции определялись благодаря тому, что в циклах, данные которых (ток и скорость) использовались в исследовании, были созданы специальные условия для расчета массы суспензии после загрузки и массы сахара после оттока. С использованием значений масс были получены законы изменения момента инерции барабана с загружаемой массой для каждого из использованных в работе циклов центрифугирования.

Пятипроцентную погрешность можно уменьшить, если добавить входы с нечеткой информацией о размере отверстий в барабане и о степени вязкости.

Для использования полученных результатов в производстве достаточно запрограммировать формулы (2), (3), (4). Они просты и не требуют больших вычислительных ресурсов от контроллера. Описанный способ решения позволяет вычислить момент инерции барабана J без использования методов сглаживания входных данных и численных методов, которые применялись ранее для вычисления производной скорости и решения уравнения (1) [2].

Список литературы

1. *Терешин Б.Н.* Центрифуги в сахарной промышленности – М.: Пищевая промышленность, 1975. – 600 с.
2. *Ханина Н.Ю.* Оптимизация процесса центрифугирования путем определения текущей массы в барабане центрифуги // Сб. трудов Международной конференции молодых ученых и специалистов «Информационные технологии и системы – 2008». ISBN 978-5-901158-08-01: Сб. трудов. – Геленджик, 2008. – С. 138–142.
3. *Круглов В.В., Дли М.И., Голунов Р.Ю.* Нечеткая логика и искусственные нейронные сети – М.: Наука, 2003. – 230 с.
4. *Ярушкина Н.Г.* Нечеткие нейронные сети // VI Всероссийская научно-техническая конференция «Нейроинформатика-2004»: лекции по нейроинформатике. Ч. 1. – М., 2004. – 200 с.

VI Всероссийская
школа-семинар
молодых ученых
Управление большими системами
посвящается памяти А.А. Маркова

Том 2

31 августа – 5 сентября 2009

Печатается в авторской редакции
Корректор *Гусева А.И., Соболева З.Ю.*
Компьютерная верстка
Васютина Е.А., Зайцева Е.Л., Четверикова Н.Г.

Подписано в печать п. Формат 60×84 $\frac{1}{16}$.
Усл. печ. л. 24. Уч. изд. л. 18. Гарнитура Таймс.
Бумага офсетная №1. Печать ризографическая. Тираж 300 экз. Заказ 000741.

ООО ИИЦ «Бон Анца»
426019, г. Ижевск, ул. Нагорная, 32.
E-mail: mail@izhcat.ru
