

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ УПРАВЛЕНИЯ
ИМ. В. А. ТРАПЕЗНИКОВА

**Международная научно-практическая
Мультиконференция
«Управление большими
системами – 2009»**

ТЕОРИЯ АКТИВНЫХ СИСТЕМ – 2009

**ТРУДЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
(17-19 ноября 2009 г., Москва, Россия)**

ТОМ I

Общая редакция – В.Н. Бурков, Д.А. Новиков

МОСКВА – 2009

УДК 007
ББК 32.81
Т33

Теория активных систем / Труды международной научно-практической конференции (17-19 ноября 2009 г., Москва, Россия). Том I. Общая редакция – В.Н. Бурков, Д.А. Новиков. – М.: ИПУ РАН, 2009. – 314 с.

В сборнике представлены труды международной научно-практической конференции «ТАС-2009» по следующим направлениям теории и практики управления социально-экономическими системами: базовые модели и механизмы теории активных систем; принятие решений и экспертные оценки (том 1); управление проектами, прикладные задачи теории активных систем; управление финансами и управление образовательными системами (том 2).

Издание осуществлено при поддержке РФФИ (грант № 09-07-06062-г).

Утверждено к печати Программным комитетом конференции.

ISBN 978-5-91450-042-6
ISBN 978-5-91450-044-0

© ИПУ РАН, 2009

СОДЕРЖАНИЕ

ТОМ I

ТЕОРИЯ АКТИВНЫХ СИСТЕМ – 40 ЛЕТ	14
Бурков В.Н., Новиков Д.А.	
ВЛАДИМИР НИКОЛАЕВИЧ БУРКОВ –	34
70 АКТИВНЫХ ЛЕТ Буркова И.В.	

СЕКЦИЯ 1-Базовые модели и механизмы теории активных систем	1
---	----------

БАЗОВЫЕ АЛГЕБРАИЧЕСКИЕ СТРУКТУРЫ УНИВЕРСАЛЬНЫХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКИХ СИСТЕМ	42
Блюмин С.Л., Погодаев А.К., Сараев П.В.	
БАЗОВЫЕ ОКРЕСТНОСТНЫЕ МОДЕЛИ УНИВЕРСАЛЬНЫХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКИХ СИСТЕМ	46
Блюмин С.Л., Погодаев А.К., Сараев П.В.	
ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К МОДЕЛИРОВАНИЮ СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЕЙ	50
Бреер В.В.	
СОГЛАСОВАННАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ В РАСПЛЫВЧАТЫХ УСЛОВИЯХ Бурков В.Н., Кузнецов В.Н., Павлов В.А.	55
ПОВЕДЕНЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ	59
Виноградов Г.П.	
УПРАВЛЕНИЕ ИНВЕСТИЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ ТЕРРИТОРИАЛЬНОЙ ГЕНЕРИРУЮЩЕЙ КОМПАНИИ Волков Е.А., Перова М.Б.	63
НЕКОТОРЫЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИЗ ОБЛАСТИ СИСТЕМНОГО ПОДХОДА Выхованец В.С.	68
МОДЕЛИ РЕГУЛИРУЕМОГО РАВНОВЕСИЯ В ТЕОРИИ ИЕРАРХИЧЕСКИХ СИСТЕМ	72
Горелик В.А., Золотова Т.В.	
АНАЛИЗ МОДЕЛИ ИЕРАРХИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ С ГОРИЗОНТАЛЬНЫМИ СВЯЗЯМИ НА НИЖНЕМ УРОВНЕ	76
Горелик В.А., Родюков А.В., Тараканов А.Ф.	

АГРЕГИРОВАНИЕ МОДЕЛИ ГЕРМЕЙЕРА-ВАТЕЛЯ Горелов М.А.	80
ПОДХОД К ИМИТАЦИОННОМУ МОДЕЛИРОВАНИЮ ИНФОРМАЦИОННОГО ВЛИЯНИЯ В СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЯХ – SIM Губанов Д.А.	84
ОБ ОДНОЙ МОДЕЛИ ИНФОРМАЦИОННОГО ВЛИЯНИЯ В СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЯХ Губанов А.А., Чхартишвили А.Г.	91
О ПРОВЕДЕНИИ ИНТЕРНЕТ-ОПРОСОВ ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ АКТИВНЫХ СИСТЕМ Губко М.В., Мишин С.П., Новиков Д.А., Новиков К.В.	95
НАХОЖДЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ ИЕРАРХИИ РОУТЕРОВ ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ МОБИЛЬНЫХ ПОЛЗОВАТЕЛЕЙ ИНТЕРНЕТ Гусев А.А.	99
ОЦЕНКА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ И СОРЕВНОВАТЕЛЬНЫЕ МЕХАНИЗМЫ СТИМУЛИРОВАНИЯ Динова Н.И.	103
РЕФЛЕКСИВНЫЕ ИГРЫ И СИСТЕМНАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ Доленко Г.А., Мановицкая Д.А.	104
ОПТИМАЛЬНЫЙ МЕХАНИЗМ В АКТИВНОЙ СИСТЕМЕ С ОБМЕНОМ ИНФОРМАЦИЕЙ Еналеев А.К.	108
ФОРМИРОВАНИЕ И КОНТРОЛЬ ЦЕЛЕЙ РЕГИОНАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ НА ОСНОВЕ ТРАЕКТОРНОГО ПОДХОДА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДЕЛЕЙ СИСТЕМНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ Ириков В.А., Охрименко М.В.	111
ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПОЛИТИЧЕСКОГО РЕШЕНИЯ В РАМКАХ «КИОТСКОГО ПРОТОКОЛА» Кононенко А.Ф., Шевченко В.В.	115
ЭКВИВАЛЕНТНОСТЬ ПРИОРИТЕТНЫХ МЕХАНИЗМОВ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕСУРСОВ Коргин Н.А.	119
К ПРОБЛЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ СЛУЧАЙНЫМИ МНОГОМЕРНЫМИ СИСТЕМАМИ ПОСРЕДСТВОМ ПРОГРАММИРУЕМЫХ ГРАНИЦ Крупенин В.Л., Тренев В.Н.	123
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ БУХУЧЕТА Кузнецов Л.А.	126
АНАЛИЗ УСПЕШНОСТИ СТРАТЕГИЙ ПОВЕДЕНИЯ АГЕНТА Курулюк Н.В.	130
МЕТОДОЛОГИЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ РАЗВИТИЯ (ТЕОРИЯ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ФЕНОМЕНОВ) Лихтенштейн В.Е., Росс Г.В.	134

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ АКТИВНЫХ СИСТЕМ Мистров Л.Е.	138
О НЕКОТОРЫХ ЗАДАЧАХ НАБЛЮДЕНИЯ В ПОВТОРЯЮЩИХСЯ ИГРАХ С ВОЗМУЩАЮЩИМ ФАКТОРОМ Мохонько Е.З.	143
О РАЗРАБОТКЕ И РАЗВИТИИ УСТОЙЧИВЫХ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ И МОДЕЛЕЙ ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ Орлов А.И.	147
ДВОЙСТВЕННЫЕ СЕТЕВЫЕ МОДЕЛИ БОЛЬШИХ СИСТЕМ Петров А.Е.	154
ИГРОВОЙ ЭКСПЕРИМЕНТ ДЛЯ АНАЛИЗА СХОДИМОСТИ ПРОЦЕДУРЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕСУРСА В СИТУАЦИЮ РАВНОВЕСИЯ Уандыков Б.К., Хулап Т.Я., Щепкин А.В.	158
МЕТОДЫ ИЕРАРХИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ УСТОЙЧИВЫМ РАЗВИТИЕМ АКТИВНЫХ СИСТЕМ Угольницкий Г.А.	160
ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ ДАЛЬНОВИДНОЙ ЛИЧНОСТИ Цыганов В.В.	164
МОДЕЛИ ПЕРЕКЛЮЧАЕМЫХ СИСТЕМ Шпилевая О.Я.	168
КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ПРИ СТИМУЛИРОВАНИИ В КОЛЛЕКТИВЕ Щепкин А.В.	172
СЕКЦИЯ 2-Принятие решений и экспертные оценки	75
ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ КРИТЕРИЯ ПИРСОНА ПРИ МАТЕМАТИКО-СТАТИСТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ РЕГЕНЕРАЦИИ КАТИОНИТОВЫХ ФИЛЬТРОВ Авалиани З.Н, Дидманидзе И. Ш., Мегрелишвили З.Н.	176
СЕРТИФИКАЦИЯ МАТРИЧНЫХ МОДЕЛЕЙ ПРЕДПОЧТЕНИЙ Алексеев А.О., Белых А.А., Шайдулин Р.Ф	178
МЕХАНИЗМ КЛАССИФИКАЦИИ ОБЪЕКТОВ ПО СТЕПЕНИ ВОЗНИКНОВЕНИЯ РИСКА ЧРЕЗВЫЧАЙНОЙ СИТУАЦИИ Арутюнян Э.А., Некрасов Д.П., Половинкина А.И.	183

ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ЗНАНИЙ ЭКСПЕРТОВ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ НЕЧЕТКОГО ЛОГИЧЕСКОГО ВЫВОДА Астахова Ю. Ю.	186
ПРИМЕНЕНИЕ БАЙЕСОВЫХ СЕТЕЙ К РЕШЕНИЮ НЕКОТОРЫХ ПРОБЛЕМ УПРАВЛЕНИЯ БОЛЬШИМИ СИСТЕМАМИ Бабилов В.М., Панасенко И.М.	191
МЕТОДЫ СТОХАСТИЧЕСКОЙ АППРОКСИМАЦИИ В ЗАДАЧАХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА СЛОЖНО ОРГАНИЗОВАННЫХ ДАННЫХ Бауман Е.В., Гольдовская М.Д., Дорофеев А.А.	195
АЛГОРИТМ СТРУКТУРИЗАЦИИ ПАРАМЕТРОВ ДОЛЕВОГО ТИПА И ЕГО КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ Бауман Е.В., Киселева Н.Е., Кулькова Г.В.	199
КОМПЕТЕНТНОСТНЫЙ АЛГОРИТМ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ АСПИРАНТА Белоусов В.Е., Добросоцкая И.В., Крафт Л.Н.	203
РАЗРАБОТКА ПРОЦЕДУРЫ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ ДЛЯ БЮДЖЕТНОГО ФИНАНСИРОВАНИЯ КОНКУРСНЫХ ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ ОТРАСЛЕВЫХ НАУЧНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ Бессарабов А.М., Коче- тыгов А.Л., Квасюк А.В., Санду Р.А.	207
КОНЦЕПЦИЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ РАЗВИТИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ МНОГОАГЕНТНЫХ СИСТЕМ Виноградов Г.П.	211
ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТРУКТУРЫ ДЕРЕВА СВЕРТОК Власова Е.А., Набиуллин И.Ф., Сидоренко Е.А.	215
УПРАВЛЕНИЕ СОЦИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ С УЧЕТОМ НЕЧЕТКИХ ПРЕДПОЧТЕНИЙ Гитман М.Б., Столбов В.Ю.	220
АЛГОРИТМЫ ЭКСПЕРТНО- КЛАССИФИКАЦИОННОГО АНАЛИЗА КВАЗИПЕРИОДИЧЕСКИХ БИОСИГНАЛОВ В ЗАДАЧАХ МЕДИЦИНСКОЙ ДИАГНОСТИКИ Гольдовская М.Д., Гучук В.В., Десова А.А. Покровская И.В.,	225
ПРОЦЕДУРА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ	230

КОЛЛЕГИАЛЬНЫХ РЕШЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АКТИВНОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ Гуреев К.А., Лыков М.В., Шайдулин Р.Ф.	
МЕТОДЫ РАЗМЫТОЙ СТРУКТУРНОЙ АППРОКСИМАЦИИ В ЗАДАЧАХ ИДЕНТИФИКАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ СЛОЖНЫМ ОБЪЕКТОМ Дорофеюк А.А., Дорофеюк Ю.А.	233
АДАПТИВНЫЙ ПО ЧИСЛУ КЛАССОВ АЛГОРИТМ АВТОМАТИЧЕСКОЙ КЛАССИФИКАЦИИ В УСЛОВИЯХ СУЩЕСТВЕННОЙ СТРУКТУРНОЙ ДИНАМИКИ Дорофеюк Ю.А.	237
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ АЛГОРИТМА АДАПТИВНОГО СТРУКТУРНОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ Дорофеюк Ю.А.	241
МЕТОДИКА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ИННОВАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ Ерошкин С.Ю.	245
СИНТАКСИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ: РАЗБИЕНИЕ РУССКОГО ТЕКСТА НА ПРОСТЫЕ ПРЕДЛОЖЕНИЯ Капнин А. В., Кузнецов Л. А.	251
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДОВ КЛАСТЕРИЗАЦИИ В ЗАДАЧАХ ПРЕДПРОЕКТНОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ АВТОМАТИЗИРУЕМЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ СНАБЖЕНИЕМ И ЛОГИСТИКИ Коновалов А.С., Барладян И.И., Токмакова А.Б.	255
ПРИМЕНЕНИЕ ФИЛЬТРА КАЛМАНА ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СПРОСА ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ Коновалов А.С., Мандель А.С.	259
О КЛАСТЕРИЗАЦИИ ЭКСПЕРТНЫХ ОЦЕНОК В ЗАДАЧЕ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОГО РАНЖИРОВАНИЯ Костюченко О.В., Титова Н.В.	263
СИСТЕМА МОРФОЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА Кузнецов Л.А., Тищенко А.Д.	265
ВОЗМОЖНЫЙ ПОДХОД К ОБЩЕМУ ЛИНГВИСТИЧЕСКОМУ АНАЛИЗУ ТЕКСТА Кузнецов Л.А., Фарафонов А.С.	269

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДОСТОВЕРНОСТИ ПРИНИМАЕМЫХ РЕШЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ВОЗНИКНОВЕНИЯ НЕИСПРАВНОСТЕЙ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ Лобанов А.В.	271
О ПАРАДИГМАХ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЁННОСТИ Мандель А.С.	275
СЕТИ ЭКСПЕРТОВ В НЕФОРМАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ ЭКОНОМИКЕ БУДУЩЕГО Орлов А.И.	279
ВАРИАНТНОСТЬ СТРУКТУРЫ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ В МОДЕЛИ ЦЕЛЕНАПРАВЛЕННОГО ВЫБОРА Павелъев В.В.	287
ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНИМОСТИ БАЗОВОГО ЭКСПЕРТНОГО МЕТОДА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ЗАДАННЫХ УРОВНЕЙ СЛОЖНОСТИ И ОБШИРНОСТИ Салтыков С.А., Сидельников Ю.В.	291
О ПРОГРАММНОМ МОДУЛЕ НЕЧЕТКОГО ИЕРАРХИЧЕСКОГО ОЦЕНИВАНИЯ Титова Н.В.	300
СРЕДНЕ-МЕДИАННЫЙ ПОКАЗАТЕЛЬ ПОЛОЖЕНИЯ ВЫБОРКИ ЭКСПЕРТНЫХ ОЦЕНОК Цейтлин Н. А.	302
МЕТОД ЦЕНТРАЛЬНОГО ЛУЧА В ЗАДАЧЕ КВАНТИФИКАЦИИ ИНТЕНСИВНОСТИ ПРЕДПОЧТЕНИЙ НА ОСНОВЕ ПАРНЫХ СРАВНЕНИЙ Шахнов И.Ф.	312

ТОМ II

СЕКЦИЯ 3-Управление проектами	15
HARMONIZATION MODELING FOR PROJECTS' PORTFOLIO Avner Ben-Yair, Dimitri Golenko-Ginzburg, Doron Greenberg	16
ОПТИМИЗАЦИЯ ИНВЕСТИЦИОННОЙ ПРОГРАММЫ СТРОИТЕЛЬНОЙ КОМПАНИИ Богатырев В.Д., Гриценко С.А.	21

ЗАДАЧА ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНОЙ СТРАТЕГИИ ИНТЕГРИРОВАНИЯ КОМПАНИЙ Буркова И.В., Захарченко О.С., Руденко З.Г.	25
ПРОАКТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПРОЕКТАМИ – ГЛОБАЛЬНЫЙ ТРЕНД МИРОВОГО РАЗВИТИЯ Бушуев С.Д. Бушуева Н.С.	27
МОДЕЛИ МОНИТОРИНГА СЛОЖНЫХ ИНВЕСТИЦИОННО- СТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОЕКТОВ Воропаев В.И., Голенко-Гинзбург Д., Любкин С.М.	32
ДВУХОЦЕНОЧНАЯ СИСТЕМА КОМПЛЕКСНОГО ОЦЕНИВАНИЯ Кашенков А.Р., Колесников С.П., Уандыков Б.К.	37
ПРИМЕНЕНИЕ ОБЪЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ ПРИ СОЗДАНИИ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ СРЕДЫ DECISION В КОНТЕКСТЕ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ Кудрявцев Р.В.	39
РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РЕСУРСОВ ПО МНОЖЕСТВУ НЕЗАВИСИМЫХ ПРОЕКТОВ Кулик В.Б., Русаковский А.М.	42
К ВОПРОСУ УПРАВЛЕНИЯ ПОРТФЕЛЕМ ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ Отарашвили З.А.	45
ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ДИСКРЕТНЫМИ ПРОЦЕССАМИ ДЛЯ ВЫБОРА ИНВЕСТИЦИОННЫХ РЕШЕНИЙ Павлов О.В.	50
МЕТОДИКА УПРАВЛЕНИЯ ЧЕЛОВЕЧЕСКИМИ РЕСУРСАМИ НА ПРЕДПРИЯТИИ С ПОТОЧНОЙ ТЕХНОЛОГИЕЙ ПРОИЗВОДСТВА Шпиленко А.В.	58
УПРАВЛЕНИЕ ПРОЕКТАМИ НА ОСНОВЕ ГРАФИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ С ОПИСАНИЕМ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СЕМАНТИКИ Яцутко А.В.	61
СЕКЦИЯ 4-Прикладные задачи теории активных систем	65
МОДЕЛИРОВАНИЕ РИСКОВ НА ОСНОВЕ МАТРИЧНОЙ СВЕРТКИ РИСКООБРАЗУЮЩИХ ПАРАМЕТРОВ Алексеев А.О., Харитонов В.А.	66

О СТРУКТУРНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ И ПАРАМЕТРИЧЕСКОМ РЕГУЛИРОВАНИИ НА ПРИМЕРЕ ОДНОЙ МОДЕЛИ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ Ашимов А.А., Боровский Ю.В., Новиков Д.А., Нижегородцев Р.М., Султанов Б.Т.	70
МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ ОБЕСПЕЧЕНИЕМ ПОСТРАДАВШИХ НА ПРОИЗВОДСТВЕ И ИНВАЛИДОВ ТЕХНИЧЕСКИМИ СРЕДСТВАМИ РЕАБИЛИТАЦИИ Гладков Ю.М., Мартынов В.Л., Шелков А.Б.,	74
ПОСТРОЕНИЕ ИЕРАРХИЧЕСКОГО МЕНЮ ДЛЯ МИНИМИЗАЦИИ ВРЕМЕНИ ПОИСКА Губко М.В., Даниленко А.И.	78
МОДЕЛИ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ В ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ С НАЛОГООБЛОЖЕНИЕМ Гусев В.Б.	82
ПОСТРОЕНИЕ СИСТЕМНО-ДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ Датьев И.О.	86
О РЕШЕНИИ ЗАДАЧИ УПРАВЛЕНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ ФУНКЦИОНИРУЮЩИХ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ПАРАМЕТРОВ Еременко Ю.И., Уварова Л.В.	90
ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛА ПРЕДПРИЯТИЯ С УЧЕТОМ ЕГО ВОСПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СТРУКТУРЫ Заруба В. Я., Потрашкова Л.В.	97
ПРИНЦИПЫ СИСТЕМНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПОВЕДЕНИЯ МАКРОЭКОНОМИЧЕСКИХ АГЕНТОВ Ильясов Б.Г., Карташева Т.А., Макарова Е.А., Павлова А.Н.	101
АКТИВНОЕ ИННОВАЦИОННОЕ АНТИКРИЗИСНОЕ УПРАВЛЕНИЕ: ЦЕЛИ, МОДЕЛИ, МЕХАНИЗМЫ, ОПЫТ Ириков В.А.	105
ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТРАВМАТИЗМА С ПОМОЩЬЮ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ Киселева Т.В., Максимова Н.Н., Трофимов В.Б.	106
ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПЕРСОНАЛОМ ОРГАНИЗАЦИИ НА ОСНОВЕ КОНЦЕПЦИИ КОНТРОЛЛИНГА Ковалев С. В.	110
СИСТЕМОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД в СОВЕЩЕНСТВОВАНИИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ОРГАНИЗАЦИИ Ковалев С. В.	114
АЛГОРИТМ ОПТИМИЗАЦИИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ ОПЕРАТОРА МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ С ДРУГИМИ УЧАСТНИКАМИ РЫНКА ПРИ РАВНОВЕСИИ НЭША	118

Кореева Е. Б.	
ВЛИЯНИЕ РЕФЛЕКСИВНЫХ АГЕНТОВ НА ТРАНСПОРТНЫЙ ПОТОК Корепанов В.О.	122
ПОВЫШЕНИЕ УПРАВЛЯЕМОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ КАК СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ Куликов В.Г., Рыбалкина З.М.	126
ДИАГНОСТИКА КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЕЙ НА ОСНОВЕ ИДЕНТИФИКАЦИИ МОДЕЛЕЙ ТРАФИКА В РЕЖИМЕ НОРМАЛЬНОГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ Лаптев Н.В., Никульчев Е.В., Паяин С.В.	130
МЕТОДИКА ВЫДЕЛЕНИЯ ТИПОВ ТРАФИКА ДЛЯ АЛГОРИТМА ДИСПЕТЧЕРАЗАЦИИ ЗАГРУЗКОЙ СЕТИ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ Лаптев Н.В., Никульчев Е.В., Паяин С.В.	133
МОДЕЛИРОВАНИЕ РАЗВИТИЯ РЕГИОНА В СИСТЕМЕ ГОСУДАРСТВЕННОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ Лепа Р.Н.	136
О НЕКОТОРЫХ ПОДХОДАХ К ИССЛЕДОВАНИЮ РОССИЙСКОГО НАУЧНОГО ВЕБА Печников А.А.	140
О ВЗАИМОСВЯЗИ ЭКОНОМИЧЕСКОГО РОСТА И УРОВНЯ БЕЗРАБОТИЦЫ: ЭКОНОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ Промахина И.М.	144
ЦЕПНОЙ ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ФАКТОРНЫЙ АНАЛИЗ Рязанцева Ю.В.	148
ОПТИМИЗАЦИЯ ТРЕХИНДЕКСНОЙ ТРАНСПОРТНОЙ ЗАДАЧИ Фарафонова Я. В.	152
МЕТОДЫ И АЛГОРИТМЫ ПЛАНИРОВАНИЯ ПРОЦЕДУР КОНТРОЛЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ЦЕЛЕВЫХ ПРОГРАММ Шелков М.А.	156
СЕКЦИЯ 5-Управление финансами	160
АНАЛИЗ КОРРЕКТНОСТИ СЕМЕЙСТВ ФУНКЦИЙ РИСКОВЫХ ПРЕДПОЧТЕНИЙ ИНВЕСТОРА Агасандян Г.А.	161
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВАРИАНТОВ СЦЕНАРНОГО ПРИМЕНЕНИЯ КОНТИНУАЛЬНОГО КРИТЕРИЯ VAR Агасандян Г.А.	165
НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ УСТОЙЧИВОСТИ ДИНАМИЧЕСКИХ ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ НА СЕТЯХ Алексеева Е.И.	169

ОБ ОЦЕНКЕ СТРАТЕГИЙ ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ССУДНО-СБЕРЕГАТЕЛЬНЫМИ КАССАМИ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ Байрамов О.Б.	173
ПРОБЛЕМЫ РАСЧЁТА КРЕДИТНЫХ ВЫПЛАТ В ССУДНО- СБЕРЕГАТЕЛЬНЫХ КОАЛИЦИЯХ ПРИ НЕОПРЕДЕЛЁННОЙ ДИНАМИКЕ ВХОДА И ВЫХОДА УЧАСТНИКОВ Ерешко Арт.Ф., Сытов А.Н.	177
О ПРИЛОЖЕНИИ ТЕОРИИ АКТИВНЫХ СИСТЕМ (ТАС) К ИССЛЕДОВАНИЮ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ МЕХАНИЗМОВ ФИНАНСОВЫХ КРИЗИСОВ Ерешко Ф.И.	181
О ЗАДАЧЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ВЫПОЛНЕНИЯ МЕРОПРИЯТИЙ ИНВЕСТИЦИОННОГО ПРОЕКТА Колпачев В.Н., Нильга О.С., Овсянникова А.Н.	191
МОДЕЛЬ ПОВЕДЕНИЯ ПЛАТЕЛЬЩИКОВ НАЛОГОВ С УЧЕТОМ ЭКОНОМИЧЕСКИХ И МОРАЛЬНО- ПСИХОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ ИХ МОТИВАЦИИ Кузьминчук Н.В.	195
МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕХАНИЗМА ОПТИМИЗАЦИИ ЭКОНОМИЧЕСКОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В СТРУКТУРАХ ХОЛДИНГОВОГО ТИПА Матвеева Ю.В.	198
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТЫ ПО РАСЧЕТУ КРЕДИТНЫХ СТАВОК В КОАЛИЦИЯХ ЗАЕМЩИКОВ ПРИ ОПЕРАТИВНОМ УПРАВЛЕНИИ Сытов А.Н.	202
Секция 6-Управление образовательными системами	207
УПРАВЛЕНИЕ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ В РЕГИОНАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ Агранович М.	208
СТРУКТУРНО-ДЕЯТЕЛЬНОСТНЫЙ ПОДХОД К УПРАВЛЕНИЮ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫМИ УЧРЕЖДЕНИЯМИ Асмолова Л. М.	218
О ТЕРМИНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ ДЛЯ МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ Бельтюков А.П., Маслов С.Г.	232
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМОЙ ОБРАЗОВАНИЯ НА ОСНОВЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ Беляков С.А.	236
ПЕРЕХОД К УПРАВЛЕНИЮ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ В СИСТЕМЕ ОБРАЗОВАНИЯ Груздев М.В.	241

РЕГИОНАЛЬНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЕМ ОБРАЗОВАНИЯ И ИНДИКАТОРЫ ПЕДАГОГИЧЕСКОГО КАЧЕСТВА ШКОЛЫ Загвоздкин В.К.	244
ПРОБЛЕМЫ СТАНОВЛЕНИЯ ОБЩЕРОССИЙСКОЙ СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ОБРАЗОВАНИЯ Казакова Ю.В., Пуденко Т.И.	257
ПЕРСПЕКТИВЫ МЕНЕДЖМЕНТА ЗНАНИЙ В СФЕРЕ ОБРАЗОВАНИЯ Косарецкий С.Г.	271
ОБ АКТУАЛЬНОСТИ ОСВОЕНИЯ СТРАТЕГИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ШКОЛОЙ Моисеев А.М.	280
ЗАДАЧА ФОРМИРОВАНИЯ ФЕДЕРАЛЬНОЙ ЦЕЛЕВОЙ ПРОГРАММЫ РАЗВИТИЯ ОБРАЗОВАНИЯ В ЧАСТИ УКРЕПЛЕНИЯ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ Набиуллин И.Ф.	285
К ВОПРОСУ ОСОБЕННОСТЕЙ УПРАВЛЕНИЯ УЧРЕЖДЕНИЯМИ ОБРАЗОВАНИЯ Немова Н. В.	287
РАЗРАБОТКА ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ И ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ СТАНДАРТОВ НА БАЗЕ ЭКСПЕРТНО-КЛАССИФИКАЦИОННЫХ МЕТОДОВ Никитин В.В., Покровская И.В., Чернявский А.Л.	297
ПРОБЛЕМА УСТОЙЧИВОСТИ РАЗВИТИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ И ПОДХОДЫ К ЕЕ РЕШЕНИЮ Пуденко Т.И.	301
УПРАВЛЕНИЕ ВВЕДЕНИЕМ ПРОФИЛЬНОГО ОБУЧЕНИЯ НА СТАРШЕЙ СТУПЕНИ ОБЩЕГО ОБРАЗОВАНИЯ Сергеев И.С.	309
О СПОСОБЕ ИЗМЕРЕНИЯ СЛОЖНОСТИ ЯЗЫКА ИЗЛОЖЕНИЯ В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ОБУЧАЮЩИХ СИСТЕМАХ Тазетдинов А.Д.	313
РАЦИОНАЛЬНАЯ ЭКСПЕРТНАЯ ОЦЕНКА ЗНАНИЙ УЧАЩИХСЯ Цейтлин Н. А.	317
СОЦИОКУЛЬТУРНЫЙ ПОДХОД В УПРАВЛЕНИИ И РАЗВИТИИ ОБЩЕГО ОБРАЗОВАНИЯ Цирульников А.М.	322

ТЕОРИЯ АКТИВНЫХ СИСТЕМ – 40 ЛЕТ

В.Н. Бурков, Д.А. Новиков

(ИПУ РАН, Москва)

Vlab17@bk.ru, novikov@ipu.ru

Описано становление, развитие и современное состояние теории активных систем – раздела теории управления, отличительная черта которого состоит в учете человеческого фактора. Приведены основные теоретические и прикладные результаты; отмечены научные коллективы, внесшие весомый вклад в развитие теории.

Ключевые слова: активные системы, человек в системе управления, механизмы управления составом и структурой системы, институциональное, мотивационное, информационное управление.

Введение

Наука управления развивается естественным путем развития любой науки – от простого к сложному, от простых регуляторов до сложных систем управления производством, космическими кораблями и др.

К концу 1960-х гг. наука управления вплотную подошла к, пожалуй, самой сложной задаче – задаче управления человеком, коллективом, обществом. Дело в том, что человек в отличие от любой самой сложной технической системы обладает свойствами активности, т. е. имеет собственные цели, дальновиден, для достижения своих целей способен искажать информацию, передаваемую органу управления (способен обманывать), а также способен сознательно не выполнять предписанных заданий (планов). Задача управления такими активными объектами и составляет существо *теории активных систем*.

В настоящей статье кратко описаны этапы становления и развития теории (см. также обзор¹ [1]), перечислены основные теоретические и прикладные результаты и отмечены ведущие научные коллективы, внесшие весомый вклад в ее развитие.

1. Становление и развитие (1970 – 1980-е гг.)

Начало теории активных систем относится к 1969 году, когда сотрудником ИАТа В.Н. Бурковым было введено понятие «*активный элемент*», т. е. объект управления, обладающий свойством активности (наличием своих интересов, способностью сознательно сообщать недостоверную информацию и не выполнять назначенные планы).

Для управления системами с активными элементами (активными системами) был предложен *принцип открытого управления*. Его суть состоит в следующем. Пусть имеется организационная система из *элементов* со своими интересами. Интересы системы в целом выражает *Центр*, который вырабатывает управляющие воздействия (планы) для элементов. Если Центр решает задачу выбора оптимального плана исходя, из интересов системы в целом, то этот план, в общем случае, не будет оптимальным для элементов. Отстаивая свои интересы, элементы будут искажать информацию, представляемую Центру. Чтобы избежать этого, Центр должен назначать элементам выгодные для них планы, даже в ущерб интересам системы. Таким образом, Центр должен решать задачу оптимизации на множестве так называемых совершенно согласованных планов, т. е. планов, оптимальных для элементов. Ясно, что в этом случае элементам выгодно представлять в Центр достоверную информацию. Это и была первая формулировка принципа открытого управления [2, 3]. Идею принципа открытого управле-

¹ Отбирая источники для списка литературы, авторы стремились ссылаться, в первую очередь, на ключевые книги и брошюры, которые находятся в свободном доступе в Интернете.

ния В.Н. Бурков обсудил со своим научным руководителем – Лернером Александром Яковлевичем. Человек с широким научным кругозором, Александр Яковлевич сразу оценил перспективность этого направления. В результате совместной работы появилась первая статья в сборнике «Дифференциальные игры и смежные вопросы» (на английском языке), а затем статья в журнале «Автоматика и телемеханика» – «Принцип открытого управления активными системами».

В это время в группу В.Н. Буркова пришел молодой сотрудник Ивановский Александр, который вместе с аспирантом из Тбилиси Горгидзе Иваном включился в развитие тематики активных систем. Позднее к этой группе присоединился аспирант из Алма-Ата Кулжабаев Насанбадрядден. Это были первые кандидаты наук по теории активных систем.

Примерно в это же время в начале 1970-х гг. в Вычислительном центре АН СССР под руководством Никиты Николаевича Моисеева и Юрия Борисовича Гермейера развернулись исследования по созданию информационной теории иерархических систем на основе *теории игр с противоположными интересами* [4].

Сначала было неясно, какие из постановок задач – задач информационной теории иерархических систем (игры Γ_1 , Γ_2 и др.) или задач синтеза механизмов функционирования в теории активных систем – являются более общими. Однако доказательство эквивалентности постановок этих задач прекратило споры на эту тему [5].

Большую поддержку в становлении и развитии теории на начальном этапе оказал Станислав Васильевич Емельянов. Во-первых, он взял всю группу В.Н. Буркова после «разгона» лаборатории А.Я. Лернера в свою лабораторию, что позволило сохранить и тематику, и коллектив. Во-вторых, как заведующий лабораторией, он детально изучил состояние исследований на этот период (в 1975 году вместе с С.В. Емельяновым был подготовлен первый обзор по теории активных систем).

Период бурного развития теории с середины 1970-х до конца 1980-х гг., как в направлении углубления теоретических исследований, так и расширения практических приложений, связан с двумя факторами. Первый – это приход в руководимую В.Н. Бурковым лабораторию сначала в качестве студентов, а затем сотрудников, выпускников Московского физико-технического института – Вячеслава Кондратьева, Александра Щепкина, несколько позднее – Анвера Еналеева, Валерия Опойцева, Александра Цветкова, Сергея Андреева, Владимира Цыганова. Второй – это расширение связей с другими научными центрами – в Грузии, Казахстане, Литве, Украине, Узбекистане, Белоруссии, Новокузнецке, Ленинграде (Санкт-Петербурге), Куйбышеве (Самаре), Калинин (Твери), а также с ведущими отраслями (приборостроением, радиопромышленностью черной и цветной металлургией, промышленностью средств связи и др.).

Нет возможности перечислить весь коллектив единомышленников, названный позднее образно «Большой лабораторией активных систем». Остановимся на основных направлениях и «ключевых фигурах». Наибольшее развитие в теории за это период получил *принцип согласованного планирования*, суть которого в назначении элементам только таких планов, которые им выгодно выполнять (согласованных планов) [5]. Оказалось, что во многих практически важных случаях оптимальный механизм должен быть механизмом согласованного планирования. Классическим и первым в этом направлении стал результат Анвера Еналеева. Он доказал, что если функции штрафа удовлетворяют «неравенству треугольника», то оптимальный механизм существует на множестве механизмов согласованного планирования. Более того, поскольку множество согласованных планов увеличивается с ростом «силы штрафов» за невыполнение плана, то оптимальной системой стимулирования является система с максимальными штрафами (максимальной степенью централизации) [5, 6]. Разработка методов решения задач согласованной оптимизации и внедрение первых *систем согласованного планирования* на предприятиях – несомненная заслуга

Казахской школы теории активных систем под руководством академика А.А. Ашимова (Борис Джапаров, Насанбадрядден Кулжабаев, Калиоскар Сагынғалиев, Берик Уандыков, Жанбек Шанкитбаев и многие другие) [7].

Дальнейшее развитие методы согласованного планирования получили в работах Виктора Засканова, Геннадия Гришанова и их учеников (Самара) [8], Владимира Кузнецова (Тверь), Грузинской группы под руководством Ивана Горгидзе [9].

Другое крупное направление связано с Новокузнецкой школой профессора Виталия Авдеева и его сотрудников (Тамара Киселева, Станислав Кулаков и др.). Разработка теории *многоканальных активных систем* (многовариантных активных систем – по современной терминологии) и внедрение на предприятиях черной металлургии автоматизированных систем «советчик оператора», реализующих принцип многоканального управления [10] – несомненно заслуга профессора В.П. Авдеева и его учеников (премия Совета Министров СССР и Государственная премия СССР за эти работы говорят сами за себя). Незаурядный, сильный человек, талантливый ученый, Виталий Павлович был большим энтузиастом теории активных систем.

Большая группа работ в 1980-е гг. связана с *задачей распределения ресурсов*. Широко распространенная на практике, достаточно простая по формулировке, эта задача стала классическим примером для проверки различных механизмов. Доказательство инвариантности широкого класса механизмов управления (Валерий Опойцев) [11], обоснование гипотезы слабого влияния (Вячеслав Кондратьев) [5], доказательство оптимальности механизмов честной игры – все это впервые было сделано для задачи распределения ресурсов [12]. В прикладном плане этой задачей занимался Станислав Фокин (Минск), Бахтияр Юсупов (Ташкент), Татьяна Нанева (София). Глубокое исследование механизмов распределения ресурсов выполнил Виктор Заруба (Харьков). Татьяна Нанева, аспирант нашего института в те годы, – связующее звено с Болгарской школой профессора Ивана Попчева (Б. Метев, И. Цветанов, И. Гувески, Б. Ланев и

др.). Ряд результатов совместных исследований нашли отражение в монографии [13].

Следующее направление, получившее развитие за этот период, связано с разработкой *систем оценки деятельности и стимулирования*, их внедрением в приборостроении и радиопромышленности. Эту работу возглавил Александр Черкашин вместе с молодыми сотрудниками лаборатории (Елена Умрихина, Светлана Рапацкая, Ирина Явчуновская, Александр Балабаев и др.) Началась работа по созданию эффективных механизмов управления циклом «исследование – производство» (Владимир Цыганов). Активное участие в этих работах принимали работники научно-технического управления Минприбора Николай Гореликов, Валерий Зимоха, Алексей Толстых. В отрасли радиопромышленности развернулись работы по созданию типовой комплексной системы управления отраслевыми НИИ и КБ (комплексные системы высокой эффективности и качества работ) [14]. В их основе также лежала комплексная система оценки результатов деятельности подразделений [6].

Следующая группа работ связана с разработкой так называемых *противозатратных механизмов* ценообразования и налогообложения. Задача состояла в том, чтобы разработать механизмы, побуждающие даже монополиста снизить затраты и цены на свою продукцию. И такие механизмы были разработаны [13, 15]! Более того, они прошли практическую проверку. Дело в том, что к концу 1980-х гг. наука перешла на договорные цены. Это привело к существенному росту средств, получаемых научными институтами (и, соответственно, зарплаток). Госплан и Госкомитет по науке и технике СССР приняли решение провести двухгодичный эксперимент по отработке новых налоговых механизмов в науке, сдерживающих тенденцию роста стоимости работ. И вот два института (Институт проблем управления и Московский телевизионный институт) приняли решение включиться в эксперимент, предложив принципиально новый механизм налогообложения научных организаций. Благодаря поддержке руководства отраслей (Минприбора и Мин-

прома средств связи), нам удалось попасть в число участников эксперимента.

Два года мы жили в новых условиях. Эксперимент убедительно подтвердил теорию. Помнится, в последний день первого года эксперимента дирекция, плановый отдел и бухгалтерия нашего института решила проблему: как уменьшить стоимость уже выполненных работ (т. е. снизить их цену) на довольно значительную сумму, поскольку в противном случае мы должны были перечислить в виде налогов гораздо большую сумму.

К сожалению, этот уникальный эксперимент (не только в Союзе, но, наверное, и в мире) был забыт, когда началась перестройка.

Последнее, что отметим из этого периода, это ряд работ по прогрессивным *механизмам обмена*, выполненных совместно с Акопом Мамиконовым и Михаилом Кацнельсоном [16]. Речь идет о разработке механизмов обмена ресурсами, побуждающих участников предъявлять к обмену весь ресурс. Эти работы получили продолжение уже в настоящее время [17, 18].

Параллельно с развитием теории активных систем развернулись работы по созданию средств экспериментального исследования механизмов управления на основе метода *деловых игр*. Возник новый класс деловых игр, получивших название «игры ИПУ» [19]. Первые игры такого типа были разработаны Александром Ивановским, Александрой Немцовой, Наталией Диновой, Александром Щепкиным. В дальнейшем это направление возглавил Александр Щепкин [20].

Громадную роль в развитии теории сыграли школы-семинары по большим системам. Инициатором первых школ выступил Иван Горгидзе, и первые школы были проведены в Тбилиси. Затем несколько школ в Алма-Ате, Литве (Нида, Малетай), снова Алма-Ата, Тбилиси. Каждая школа давала толчок развитию теории, ставила новые задачи, привлекала новых сторонников.

Подводя итог периода бурного развития и вширь, и вглубь, можно констатировать, что к началу 1990-х гг. теория активных

систем накопила потенциал, достаточный для решения проблем повышения эффективности плановой экономики. Действительно, была разработана и экспериментально внедрена в Минприборе гибкая система комплексной оценки результатов деятельности предприятий, стимулирующая научно-технический прогресс, разработана теория противозатратных механизмов ценообразования и налогообложения и начался эксперимент ее проверки на двух научных организациях, внедрена система согласованного планирования и оперативного управления на целом ряде предприятий разных отраслей, разработаны и внедрены гибкие интегрированные системы высокой эффективности и качества работ в радиопромышленности, созданы эффективные автоматизированные системы типа «советчик оператора» в черной металлургии.

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

2. Перестроечный период (1990-е гг.)

Нужно было переориентировать основные задачи на рыночную экономику (точнее, на экономику переходного периода). А для этого, в первую очередь, более детально изучить состояние зарубежных исследований в близких областях. Эту трудоемкую работу возглавил еще студентом, а затем сотрудником лаборатории молодой ученый Дмитрий Новиков вместе со столь же молодыми своими студентами, аспирантами и докторантами (Михаилом Губко, Михаилом Исаковым, Николаем Коргиным, Сергеем Мишиным, Александром Чхартишвили и др.). И работа была выполнена. В результате появился ряд

обзоров, в которых результаты теории активных систем сопоставлялись с зарубежными результатами теории контрактов, теории реализуемости и других близких теорий. Вывод нас обнадежил – мы были на уровне (где-то отставали, но где-то были впереди) [21]. К слову сказать, Дмитрий Новиков уже в 27 лет стал доктором наук – самым молодым доктором в Институте, а в 38 лет – член-корреспондентом РАН.

Затем, нужно было найти новые точки приложения сил, прикладные задачи в новых экономических условиях. Одна из таких задач связана с проблемой реформирования и реструктуризации предприятий, от решения которой зависит будущее России. Объединение теории принятия решений в распределенных системах с теорией активных систем и создание на этой основе практических методик и технологий реформирования оказалось крайне плодотворным [22, 23]. На уровне задач государственного регулирования Институт включился в Федеральную программу «Безопасность», где задача заключалась в разработке экономических механизмов обеспечения безопасности (экологической, от катастроф и чрезвычайных ситуаций) [24 – 26]. Появился и ряд других важных прикладных задач [1].

3. Наши дни

За последнее десятилетие теория активных систем трансформировалась в более широкое направление – теорию управления организационными системами (ОС), включив в себя в том или ином смысле ряд подходов к управлению организациями – теорию активных систем, теорию иерархических игр [4], элементы системного анализа [27] и *mechanism design* (см. обзоры в книгах [28, 29]).

Традиционные задачи управления также получили свое развитие. Определенное завершение получила теория механизмов стимулирования, развиваемая под руководством Д.А. Новикова [8, 30]. Активно развиваются задачи многокритериального планирования (В.Н. Бурков, Н.А. Коргин, М.Б. Исаков [31]). Ведутся

исследования в области управления проектами (С.А. Баркалов, В.Н. Бурков, Д.А. Новиков, А.В. Цветков [32 – 34]). Существенные результаты получены в области управления регионами и предприятиями в условиях рынка (В.А. Ириков, А.Ю. Заложнев, А.К. Еналеев [22, 35]); информационных войн и информационного менеджмента (В.В. Цыганов [36]); экономики инноваций, управления региональной экономикой и прогнозирования экономической динамики (Р.М. Нижегородцев [37 – 39]).

Значительные результаты, в первую очередь теоретические, получены молодыми учеными. В частности, сформировалось и интенсивно развивается теория оптимизации иерархических структур (Воронин А.А., Губко М.В., Мишин С.П. [40 – 43]). Получены интересные результаты в области теории игр – оформлена в виде отдельного направления теория рефлексивных игр (Новиков Д.А., Чхартишвили А.Г. [44, 45]), предложена новая концепция равновесия – равновесие в безопасных стратегиях (М.Б. Исаков [46]). Значительное внимание уделяется постановкам задач оптимизации и управления в распределенных, сетевых структурах (И.В. Буркова [47]).

В целом на сегодня складывается следующая картина. Управление ОС, понимаемое как воздействие на управляемую систему с целью обеспечения требуемого ее поведения, может затрагивать каждый из пяти параметров ее модели (состав, структура, ограничения и нормы деятельности, предпочтения и информированность). Поэтому выделяют [29]:

- управление составом [48, 49];
- правление структурой [40 – 43, 49, 50];
- институциональное управление (управление «допустимыми множествами» и нормами деятельности) [51];
- мотивационное управление [30, 21] (управление предпочтениями и интересами);
- информационное управление (управление информацией, которой обладают участники ОС на момент принятия решений) [52, 53, 44, 45];

- управление порядком функционирования (управление последовательностью получения информации и выбора стратегий участниками ОС) [50].

Обсудим кратко специфику различных типов управлений.

Управление составом касается таких вопросов как кто войдет организацию, кого следует уволить, кого нанять. Обычно к управлению составом относят и задачи обучения и развития персонала.

Задача управления структурой обычно решается параллельно с задачей управления составом и позволяет дать ответ на вопрос – кто какие функции должен выполнять, кто кому должен подчиняться, кто кого контролировать и т. д.

Институциональное управление наиболее жесткое и заключается в том, что управляющий орган – Центр – целенаправленно ограничивает множества возможных действий и результатов деятельности управляемых субъектов – агентов. Такое ограничение может осуществляться явными или неявными воздействиями – правовыми актами, распоряжениями, приказами и т. д. или морально-этическими нормами, корпоративной культурой и т. д.

Мотивационное управление более «мягкое», чем институциональное, и заключается в целенаправленном изменении предпочтений (функции полезности) агентов. Такое изменение может осуществляться введением системы штрафов и (или) поощрений за выбор тех или иных действий и (или) достижение определенных результатов деятельности.

Наиболее «мягким» (косвенным), по сравнению с институциональным и мотивационным, и, в то же время, наименее исследованным (в аспекте формальных моделей) является *информационное управление*. В соответствии с введенной в работе [52] классификацией, частные случаи информационного управления: рефлексивное управление [44], при котором Центр воздействует на представления агента о параметрах других участников ОС; активный прогноз, при котором Центр сообщает агентам информацию о будущих результатах (осуществляет прогноз) их деятельности [52]; информационное регулирование

[52], при котором центр сообщает агентам информацию о внешней обстановке, влияя тем самым на их поведение.

Простейшая (базовая) модель ОС включает в себя одного управляемого субъекта – агента – и одного управляющего органа – центра, которые принимают решения однократно и в условиях полной информированности. Расширения базовой модели:

- динамические ОС (в которых участники принимают решения многократно) [54];
- многоэлементные ОС (в которых имеется несколько агентов, принимающих решения одновременно и независимо) [55];
- многоуровневые ОС (имеющие трех- и более уровневую иерархическую структуру) [41, 49, 50];
- ОС с распределенным контролем (в которых имеются несколько центров, осуществляющих управление одними и теми же агентами) [29, 48, 55];
- ОС с неопределенностью (в которых участники не полностью информированы о существенных параметрах) [21, 29];
- ОС с ограничениями совместной деятельности (в которых существуют глобальные ограничения на совместный выбор агентами своих действий – расширение по предмету управления «множества допустимых стратегий») [51];
- ОС с сообщением информации (в которых одним из действий агентов является сообщение информации друг другу и (или) центру – расширение по предмету управления «множества допустимых стратегий») [56].

На рисунке 1 представлена динамика развития теоретических моделей. В качестве «точки отсчета» выбрана наиболее детально исследованная статическая детерминированная модель мотивационного управления одним агентом. По «осям» отложена относительная степень исследованности (оцениваемая автором экспертно) того или иного класса моделей. 1974 год соответствует моменту основания лаборатории активных систем

ИПУ РАН. Далее для наглядности представлены данные за 1999 год, 2001 год, 2004 год и текущее положение дел. Рисунок 1 позволяет увидеть, по какому из классов моделей удалось достичь наибольшего продвижения в тот или иной временной период.

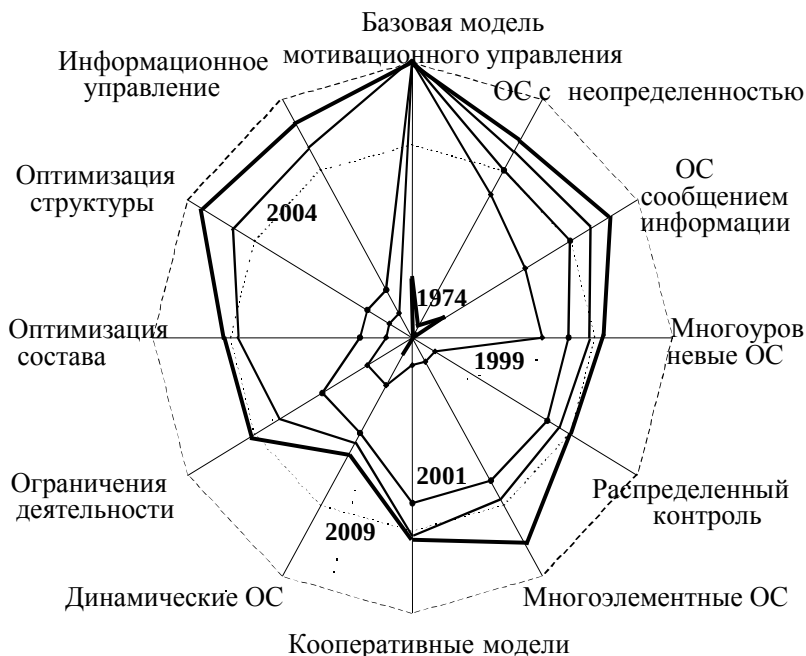


Рис. 1. Динамика развития теоретических моделей

На рисунке 2 представлена динамика основных публикаций (монографий и статей в ведущих журналах) по теории активных систем за 1968-2009 гг.

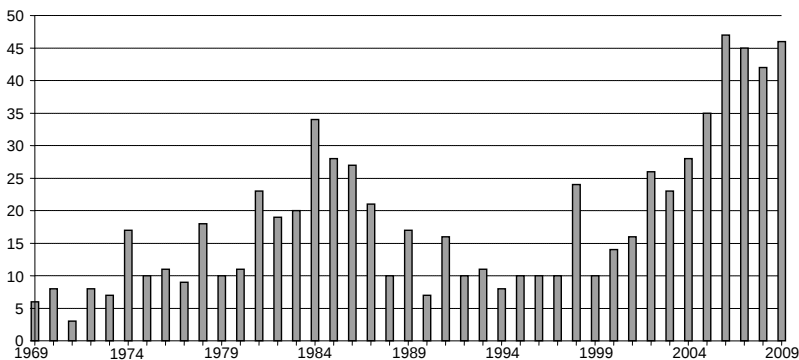


Рис. 2. Динамика числа основных публикаций

Заключение

Завершая краткое изложение сорокалетней истории развития теории активных систем, отметим, что, несмотря на все трудности, мы сохраняем оптимизм. Он подкрепляется тем, что идет процесс восстановления старых связей, расширения новых, приходят молодые талантливые сотрудники. Результаты теоретического исследования моделей и методов управления организационными системами (современное состояние отражено в монографии [29] и учебнике [31]) находят свое применение при решении широкого круга практических задач в самых разных областях. Примерами служат задачи управления:

- предприятиями, корпорациями и регионами [8, 30, 37 – 39];
- проектами и программами [10, 33, 57 – 59];
- образовательными системами [60];
- политическими системами [36];
- мультиагентными системами [61];
- организационно-техническими системами [6, 13, 62];
- эколого-экономическими системами [25].

Полученные в теории и практике управления организационными системами результаты свидетельствуют, что применение

ние моделей теории управления представляют собой действенное средство повышения эффективности управления социально-экономическими и организационными системами самого разного масштаба – от бригады и цеха до отрасли и региона. В то же время, практика все время ставит перед специалистами по управлению все новые и новые задачи.

В смысле актуальности дальнейшего развития теории можно выделить следующие классы задач: адекватного учета и дальнейшего развития в формальных моделях современных представлений психологии, экономики и социологии; разработки моделей и методов синтеза состава и структуры организационных систем, в том числе многоуровневых, динамических и сетевых структур управления; разработки моделей и методов информационного управления; разработки методов оценки эффективности и синтеза комплексных механизмов на основе системы базовых механизмов.

С практической точки зрения следует выделить необходимость обобщения опыта практического применения различных механизмов управления в целях создания прикладных методик и автоматизированных информационных систем, которые позволили бы в каждом конкретном случае применять адекватные и эффективные процедуры управления.

Кроме того, важными организационными задачами представляются, прежде всего, подготовка специалистов по управлению, оснащенных полным арсеналом современных знаний и навыков в области управления, а также популяризация теоретических результатов и установление более тесных содержательных и информационных связей с близкими разделами науки и практики управления, ведь дальнейшее успешное решение теоретических и практических задач управления организационными системами возможно только совместными усилиями математиков, психологов, экономистов, социологов и представителей других отраслей науки.

Литература¹

1. *БУРКОВ В.Н., НОВИКОВ Д.А. *Теория активных систем: состояние и перспективы*. – М.: СИНТЕГ, 1999.
2. БУРКОВ В.Н., ЛЕРНЕР А.Я. *Принцип открытого управления*. – М.: ИАТ, 1974.
3. *БУРКОВ В.Н. *Основы математической теории активных систем*. – М.: Наука, 1977.
4. *ГЕРМЕЙЕР Ю.Б. *Игры с непротивоположными интересами*. – М.: Наука, 1976.
5. **Механизмы функционирования организационных систем* / В.Н. Бурков, В.В. Кондратьев. – М.: Наука, 1981.
6. *Теория активных систем и совершенствование хозяйственного механизма* / В.Н. Бурков, В.В. Кондратьев, В.В. Цыганов, А.М. Черкашин. – М.: Наука, 1984.
7. *Согласованное управление активными производственными системами* / А.А. Ашимов, В.Н. Бурков, Б.А. Джапаров, В.В. Кондратьев. – М.: Наука, 1986.
8. **Модели и методы материального стимулирования: теория и практика* / О.Н. Васильева, В.В. Засканов, Д.Ю. Иванов и др. – М.: Ленанд, 2007.
9. БУРКОВ В.Н., ГОРГИДЗЕ И.А., ЛОВЕЦКИЙ С.Е. *Прикладные задачи теории графов*. – Тбилиси: Мецниереба, 1974.
10. *Многоканальные организационные механизмы (Опыт применения в АСУ)* / В.П. Авдеев, В.Н. Бурков, А.К. Еналеев, Т.В. Киселева. – М.: ИПУ, 1986.
11. ОПОЙЦЕВ В.И. *Равновесие и устойчивость в моделях коллективного поведения*. – М.: Наука, 1977. – 248 с.

¹ Работы, отмеченные звездочкой, можно найти в свободном доступе на сайте теории управления организационными системами www.mtas.ru.

12. * *Модели и механизмы распределения затрат и доходов в рыночной экономике* / В.Н. Бурков, И.А. Горгидзе, Д.А. Новиков, Б.С. Юсупов. – М.: ИПУ РАН, 1997.
13. * *Большие системы: моделирование организационных механизмов* / В.Н. Бурков, Б. Данев, А.К. Еналеев и др. – М.: Наука, 1989.
14. ЦЫГАНОВ В.В. *Адаптивные механизмы в отраслевом управлении*. – М.: Наука, 1991.
15. БУРКОВ В.Н., ИРИКОВ В.А. *Модели и методы управления организационными системами*. – М.: Наука, 1994.
16. *Управление перераспределением ресурсов путем натурального обмена* / О.С. Багатурова, М.Б. Кацнельсон, Л.М. Красицкая, А.Г. Мамиконов. – М.: ИПУ, 1978.
17. * БУРКОВ В.Н., БАГАТУРОВА О.С., ИВАНОВА С.И. *Оптимизация обменных производственных схем в условиях нестабильной экономики*. – М.: ИПУ, 1996.
18. * КОРГИН Н.А. *Механизмы обмена в активных системах*. – М.: ИПУ, 2003. – 124 с.
19. КОНДРАТЬЕВ В.В., ЩЕПКИН А.В. *Реализация деловых игр на ЭВМ*. – М.: ИАТ, 1974.
20. * ЩЕПКИН А.В. *Внутрифирменное управление (модели и механизмы)*. – М.: ИПУ РАН, 2001. – 80 с.
21. * НОВИКОВ Д.А. *Стимулирование в социально-экономических системах (базовые математические модели)*. – М.: ИПУ, 1998. – 216 с.
22. БАЛАШОВ В.Г., ИРИКОВ В.А. *Технологии повышения финансового результата предприятий и корпораций*. – М.: ПРИОР, 2002. – 512 с.
23. * ИРИКОВ В.А., ТРЕНЕВ В.Н. *Распределенные системы принятия решений*. – М.: Наука, 1999.
24. * *Модели и методы управления безопасностью* / В.Н. Бурков, Е.В. Грацианский, С.И. Дзюбко, А.В. Щепкин. – М.: СИНТЕГ, 2001.

25. * БУРКОВ В.Н., НОВИКОВ Д.А., ЩЕПКИН А.В. *Механизмы управления эколого-экономическими системами*. – М.: Физматлит, 2008.
26. * БУРКОВ В.Н., ЩЕПКИН А.В. *Экологическая безопасность*. – М.: ИПУ РАН, 2003. – 92 с.
27. * НОВИКОВ А.М., НОВИКОВ Д.А. *Методология*. – М.: СИНТЕГ, 2007. – 664 с.
28. * ГУБКО М.В., НОВИКОВ Д.А. *Теория игр в управлении организационными системами*. – М.: СИНТЕГ, 2002. – 148 с.
29. * НОВИКОВ Д.А. *Теория управления организационными системами*. – М.: Физматлит, 2005.
30. * НОВИКОВ Д.А. *Стимулирование в организационных системах*. – М.: СИНТЕГ, 2003.
31. * БУРКОВ В.Н., КОРГИН Н.А., НОВИКОВ Д.А. *Введение в теорию управления организационными системами: Учебник*. – М.: Либроком, 2009.
32. БАРКАЛОВ С.А., БУРКОВ В.Н., ВОРОПАЕВ В.И. *Математические основы управления проектами*. – М.: Высшая школа, 2005. – 420 с.
33. * НОВИКОВ Д.А. *Управление проектами: организационные механизмы*. – М.: ПМСОФТ, 2007.
34. * ЦВЕТКОВ А.В. *Стимулирование в управлении проектами*. – М.: Апостроф, 2001. – 144 с.
35. * ЗАЛОЖНЕВ А.Ю. *Модели и методы внутрифирменного управления*. – М.: Сторм-Медиа, 2004. – 320 с.
36. ЦЫГАНОВ В.В., БОРОДИН В.А., ШИШКИН Г.Б. *Преемник: механизмы эволюции России*. – М.: Академический проект, 2007. – 396 с.
37. * ИВАЩЕНКО А.А., НОВИКОВ Д.А. *Модели и методы организационного управления инновационным развитием фирмы*. – М.: КомКнига, 2006.
38. *Нелинейные методы прогнозирования экономической динамики региона* / Р.М. Нижегородцев, Е.Н. Грибова, Л.П. Зенькова, А.Ю. Хатько. – Харьков: ИД «Инжэк», 2008, 320 с.

39. *Проблемы информационной экономики. Вып. VII. Стратегия инновационного развития российской экономики: Сб. науч. трудов/ Под ред. Р.М. Нижегородцева. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2008. – 400 с.*
40. **Математические модели организаций / А.А. Воронин, М.В. Губко, С.П. Мишин, Д.А. Новиков. – М.: Ленанд, 2008.*
41. **ВОРОНИН А.А., МИШИН С.П. Оптимальные иерархические структуры. – М.: ИПУ РАН, 2003. – 210 с.*
42. **ГУБКО М.В. Математические модели оптимизации иерархических структур. – М.: Ленанд, 2006. – 264 с.*
43. **МИШИН С.П. Оптимальные иерархии управления в социально-экономических системах. – М.: ПМСОФТ, 2004. – 207 с.*
44. **НОВИКОВ Д.А., ЧХАРТИШВИЛИ А.Г. Рефлексивные игры. – М.: СИНТЕГ, 2003. – 160 с.*
45. **ЧХАРТИШВИЛИ А.Г. Теоретико-игровые модели информационного управления. – М.: ПМСОФТ, 2004. – 240 с.*
46. **ИСКАКОВ М.Б. Модели и методы управления привлечением вкладов в банковскую сберегательную систему. – М.: ИПУ РАН, 2006. – 156 с.*
47. **БУРКОВА И.В. Метод дихотомического программирования в задачах управления проектами. – Воронеж: ВГАСУ, 2004 – 100 с.*
48. **КАРАБАЕВ А.П. Модели и методы управления составом активных систем. – М.: ИПУ РАН, 2003. – 151 с.*
49. **НОВИКОВ Д.А. Механизмы функционирования многоуровневых организационных систем.– М.: Фонд «Проблемы управления», 1999. – 150 с.*
50. **НОВИКОВ Д.А. Сетевые структуры и организационные системы. – М.: ИПУ РАН, 2003. – 102 с.*
51. **НОВИКОВ Д.А. Институциональное управление организационными системами. – М.: ИПУ, 2003. – 68 с.*
52. **НОВИКОВ Д.А., ЧХАРТИШВИЛИ А.Г. Активный прогноз. – М.: ИПУ, 2002. – 101 с.*

53. *НОВИКОВ Д.А., ЧХАРТИШВИЛИ А.Г. *Прикладные модели информационного управления*. – М.: ИПУ, 2004. – 130 с.
54. *НОВИКОВ Д.А., СМЕРНОВ И.М., ШОХИНА Т.Е. *Механизмы управления динамическими активными системами*. – М.: ИПУ, 2002. – 124 с.
55. *ГУБКО М.В. *Механизмы управления организационными системами с коалиционным взаимодействием участников*. – М.: ИПУ, 2003. – 118 с.
56. *ПЕТРАКОВ С.Н. *Механизмы планирования в активных системах: неманипулируемость и множества диктаторства*. – М.: ИПУ, 2001. – 135 с.
57. *БУРКОВ В.Н., НОВИКОВ Д.А. *Как управлять проектами*. – М.: СИНТЕГ, 1997.
58. *ГЛАМАЗДИН Е.С., НОВИКОВ Д.А., ЦВЕТКОВ А.В. *Механизмы управления корпоративными программами: информационные системы и математические модели*. – М.: Спутник, 2004.
59. *МАТВЕЕВ А.А., НОВИКОВ Д.А., ЦВЕТКОВ А.В. *Модели и методы управления портфелями проектов*. – М.: ПМСОФТ, 2005.
60. *НОВИКОВ Д.А. *Теория управления образовательными системами*. – М.: Народное образование, 2009.
61. *НОВИКОВ Д.А. *Математические модели формирования и функционирования команд*. – М.: Физматлит, 2008.
62. **Человеческий фактор в управлении* / Под ред. Н.А. Абрамовой, Д.А. Новикова. – М.: КомКнига, 2006.

ВЛАДИМИР НИКОЛАЕВИЧ БУРКОВ – 70 АКТИВНЫХ ЛЕТ

Буркова И.В.
(ИПУ РАН, Москва)
Irbur27@mail.ru



Бурков Владимир Николаевич родился в 1939 году в городе Вологда. Семья, в которой все имели отношение и к педагогике, и к математике (отец – проректор Вологодского педагогического университета, преподаватель математики, по его стопам пошла старшая сестра, мама преподает математику в школе) стала естественной стартовой площадкой, откуда после окончания школы Володя отправляется в Москву для поступления в Московский физико-технический институт на радиотехнический факультет. В Институт автоматики и телемеханики пришел в 1959 году, студентом третьего курса, поскольку ИАТ был базовой кафедрой МФТИ. В 1964 году защитил дипломную работу под руководством А.М. Петровского и в том же году поступил в аспирантуру МФТИ.

В начале 60-х годов во всем мире огромную популярность получили системы управления проектами (в Советском Союзе – системы сетевого планирования и управления – ССПУ). Научный руководитель Владимира Буркова, Александр Яковлевич Лернер, посоветовал ему заняться разработкой методов распределения ресурсов в системах СПУ. В рамках этой тематики Бурковым был получен ряд значимых результатов. Одним из них была постановка задачи распределения ресурсов, как задачи оптимального быстродействия (была доказана выпуклость задачи распределения ресурсов при заданной очередности совершения событий сети, а также при степенных зависимостях

скоростей операций от количества ресурсов, поставлен и решен ряд дискретных задач распределения ресурсов («задача редактора» и др.)). Кроме того были предложены эвристические алгоритмы решения различных задач.

О значимости полученных в этот период результатов говорит факт выступления В.Н. Буркова с пленарным докладом от Советского Союза на Первом Международном Конгрессе «Интернет», на котором была создана международная ассоциация управления проектами.

Кандидатская диссертация успешно защищена в 1967 году. И тут возникает выбор – продолжить развивать направление, связанное с системами СПУ, или начать что-то новое. После окончания аспирантуры Владимир Николаевич приходит в лабораторию своего научного руководителя, профессора Лернера, и Александр Яковлевич советует ему не ограничиваться одним, хотя и весьма перспективным направлением. В 1969 году появляется возможность стажировки на фирме СЕМА (Общество экономики и прикладной математики) в Париже.

И именно в Париже рождается идея теории активных систем (ТАС). Что же за система получила название активной?

Предпосылки были просты. Механизмом управлять легко, человеком – очень сложно. Но нельзя ли найти несколько принципиальных отличий человека (или коллектива людей) от механизма, которые позволят адаптировать наши знания в управлении машиной к управлению человеком? Когда красивое решение высказывается сразу, оно кажется простым и естественным. Но если не подглядывать в ответ, поставленная выше проблема может стать и глобально философской и неразрешимой. И все-таки подглядим. Человек отличается от любой, самой сложной, технической системы свойствами активности, т.е., по предложенному Бурковым определению, может работать с различной эффективностью в зависимости от мотивации и сознательно искажать информацию (в менее научном определении, также предложенном Бурковым, «человек лжив, ленив и жаден»). И если мы сумеем создать механизмы управления, учитывающие

эти свойства активности, мы научимся управлять человеком (активным элементом). И коллективом людей – системой, состоящей из активных элементов – активной системой.

Начало было положено.

После возвращения в Москву и обсуждения с А.Я. Лернером возникших идей, высоко оцененных последним, появляются первые статьи с описанием принципа открытого управления – управления, когда управляемым элементам лучше «говорить правду» (т.е. сообщать достоверную информацию), т.к. в этом случае у них будут более выгодные для них планы. Теория получила первые результаты. И первых последователей – в группе Буркова появляется новый сотрудник – Александр Ивановский, первые аспиранты, а затем и первые кандидаты наук – Вано Горгидзе из Тбилиси и Насан Кулжабаев из Алма-Аты.

В начале 70-х годов Лернер уезжает из России. Его лаборатория расформирована. Но группа Буркова в полном составе переходит в лабораторию Емельянова. Тематика исследований сохраняется и получает полную поддержку нового руководителя. Несколько позже (в 1973 году) благодаря этому группа преобразуется в самостоятельную лабораторию под руководством В.Н. Буркова, названную затем лабораторией активных систем.

Следующие два десятилетия – с начала 70-х по начало 90-х – становятся периодом бурного расцвета ТАС и лаборатории. Лаборатория пополняется сильными кадрами, выпускниками все того же физтеха – Вячеславом Кондратьевым, Александром Щепкиным, Анвером Еналеевым, Валерием Опойцевым, Александром Цветковым, Сергеем Андреевым, Владимиром Цыгановым – людьми молодыми и талантливыми. Появляется много аспирантов из фактически всех республик Советского Союза. Защитившись, они увозят ростки нового направления к себе. Возникают целые школы – Казахская, Грузинская, Украинская, Литовская, Белорусская, Узбекская. Россия тоже покрывается школами, как сетью. Наиболее сильные из них работают в Новокузнецке и Самаре, Санкт-Петербурге и Твери. Впрочем, все перечислить трудно... Результаты находят применение и вне-

дрение в основных отраслях промышленности – приборостроении, черной и цветной металлургии, радиопромышленности... Постоянно проходят совместные школы по теории активных систем – эстафета передается от одной республики к другой, от одного города к другому, в рамках этих школ встречаются уже не просто коллеги, а друзья и единомышленники, интересные и активные люди. Именно в то время возникает понятие «Большая лаборатория активных систем» – лаборатория, не имеющая ни территориальных, ни творческих границ, с бессменным «завлабом» – Бурковым.

Хочется перечислить наиболее ярких людей, которые были и, большинство, остаются активными членами «Большой лаборатории» - Вано Горгидзе (Грузия), Абдыкаппар Ашимов, Насан Кулжабаев, Борис Джапаров, Берик Уандыков (Казахстан), Станислав Фокин (Минск), Бахтияр Юсупов (Ташкент), Татьяна Нанева (София), Виктор Заруба (Харьков), Наримантас Палюлис (Литва), Виталий Авдеев, Тамара Киселева, Станислав Кулаков (Новокузнецк), Виктор Засканов, Геннадий Гришанов (Самара), Владимир Кузнецов (Тверь) ...

Лаборатория снова и снова пополняется новыми яркими людьми – Александр Черкашин, Елена Умрихина, Светлана Рапацкая, Ирина Явчуновская, Александр Балабаев, Михаил Рубинштейн и многие другие. Возникают и решаются – зачастую неожиданно и красиво – новые и новые задачи. Внедряются построенные механизмы – распределения ресурсов, оценки деятельности и стимулирования, управления циклом «исследование – производство». А «Большую лабораторию» пополняют работники Минприбора, радиопрома и других ведомств, участвующих в этом – Валерий Зимоха, Алексей Толстых, Леонид Марин.

Постановки задач звучат фантастически – сделать так, чтобы в условиях дефицита ресурсов предприятие просило меньше, чем ему нужно; монополист снижал стоимость продукта; подчиненный сообщал начальнику чистую правду. И самым фантастическим оказывается то, что все эти задачи имеют решение, причем не только в теории, но и на практике! Двухгодичный

успешный эксперимент по внедрению противозатратного механизма налогообложения в двух институтах (Московский телевизионный институт и ИПУ) – одно из убедительных доказательств этого факта.

Итак, к концу 20-летнего периода школой Буркова накоплен большой теоретический багаж, умение и возможность применять его на практике и огромный человеческий и творческий потенциал. И все это в непростой и довольно специфичной области управления плановой экономикой.

И тут все меняется. Почти мгновенно. Начавшаяся в 90-х годах перестройка задает новые правила игры. От шокового состояния, пришедшего за этим, оправились не все. На это нужны были и душевные и творческие силы. И вот опять – везение или нет? Как и при распаде лаборатории Лернера, когда нашлось то, что оставило и группу, и теорию целостной (но не случайно же, и не из альтруизма Емельянов берет к себе и весь коллектив, и его тематику – значит есть и потенциал, и перспектива), при распаде Союза выясняется, что и в сложившейся ситуации теория активных систем остается жизнеспособной, а накопленный багаж может быть адаптирован к новым, переходным, условиям, где план уступает место конкурентоспособности. Правда управление в условиях рыночной экономики уже серьезно изучено западными учеными, и в российской экономике возникает соблазн полностью опереться на их опыт. Но переходная экономика России не является клоном сложившейся уже капиталистической западной, и западные механизмы без адаптации работают неэффективно.

Любой живой организм жив потому, что постоянно обновляется. В этом было и остается преимущество ТАС. Ведь, как и организм, идеи, если не мертвы, притягивают к себе людей, способных их развить и родить новые идеи. Мощный потенциал МФТИ, где к тому времени уже функционировала кафедра под руководством Буркова, в очередной раз вливается в лабораторию активных систем. Молодые талантливые ученые (Михаил Губко, Михаил Исаков, Николай Коргин, Сергей Мишин,

Александр Чхартишвили и др.) под руководством Дмитрия Новикова, самого молодого доктора наук в институте, берут на себя важную задачу – изучить зарубежные исследования и найти место ТАС с учетом этого опыта. Оказалось, что место у ТАС есть – она не копировала зарубежный опыт, но и не противоречила ему. Некоторые результаты при минимальной адаптации оказались применимы в новых условиях, зато появились новые задачи, которые дали толчок для поиска новых решений. Результаты не заставили себя ждать. В тесном контакте с фирмой РОЭЛ-Консалтинг (Владимир Дорохин, Василий Тренев, Станислав Леонтьев, Владимир Балашов) появились практические методики и технологии реструктуризации и реформирования предприятий, а затем и областей. Была разработана серия экономических механизмов обеспечения безопасности, но кроме того, что не менее важно, снова начал накапливаться багаж фундаментальных исследований – теории, адаптированной к измененной практике. Вместо того чтобы ослабнуть со временем, ТАС стала полноводнее, вобрав в себя массу прилегающих областей. Ярким показателем этого является как постоянное наличие совместных проектов по применению результатов исследований и построенных механизмов на практике – на различных предприятиях, в городах и даже областях, так и постоянно проходящие конференции и семинары, собирающие все большее число ученых, среди которых немало молодых.

Говорят, ничто в нашей жизни не происходит случайно. И сейчас исследования ТАС активно переплетаются с работой СОВНЕТ – Российского отделения той самой международной ассоциации по управлению проектами «Интернет», на первом конгрессе которой звучал пленарный доклад Буркова (в связи с этим нельзя не отметить Воронежскую школу ТАС во главе с Сергеем Баркаловым, серьезно занимающуюся этой темтикой). А работы в области управления регионами и предприятиями в условиях рынка ведутся Валерием Ириковым – другом Володи Буркова еще со времен учебы на Физтехе. Одной из основопола-

гающих черт Владимира Николаевича является способность не терять а приобретать, что относится и к друзьям, и к результатам.

Написанный абзац мог бы быть хорошим завершением юбилейной статьи, подводящей итог под плодотворной жизнью, полной свершений и результатов... Да только эта жизнь не стоит на месте. Начало нового века привело к новому повороту в научной карьере В.Н. Буркова. Совместно с его дочерью, Ириной Бурковой, им был разработан новый метод решения задач – метод сетевого программирования, который позволил на единой основе получить новые алгоритмы решения целого ряда задач нелинейной и дискретной оптимизации (задача о ранце, о камнях, о максимальном потоке, задача размещения объектов, коммивояжера и другие). Было предложено понятие обобщенной двойственной задачи, частным случаем которой является метод множителей Лагранжа, и доказана ее выпуклость. На основе этого метода продолжают ставиться и решаться новые задачи – как самим Бурковым, так и его учениками, недостатка которых у Владимира Николаевича никогда не было и, дай Бог (для них) – не будет.

И все это происходит на фоне постоянной насыщенной общественной деятельности – Владимир Николаевич является членом редколлегий ряда Российских и международных журналов, ученым секретарем НКАУ, членом диссертационных советов ИПУ РАН, Академии управления МВД, председателем секции Информатики и кибернетики и членом Президиума Российской Академии естественных наук. Много лет был экспертом ВАК. В 2008 году Владимиру Николаевичу Буркову присвоено звание Заслуженного деятеля науки Российской Федерации.

Хотелось бы закончить этот краткий обзор достижений юбиляра еще одним штрихом к портрету. Никакие научные и общественные достижения не мешают Владимиру Николаевичу оставаться замечательным человеком с широкой душой, искрометным юмором и неувыдаемым обаянием.

Поздравляем Владимира Николаевича Буркова с 70-летием!

***Секция 1. Базовые модели
и механизмы
теории активных
систем***

Сопредседатели секции

- ❖ д.ф.-м.н., проф. Кононенко А.Ф.
- ❖ д.т.н., проф. Щепкин А.В.

БАЗОВЫЕ АЛГЕБРАИЧЕСКИЕ СТРУКТУРЫ УНИВЕРСАЛЬНЫХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Блюмин С.Л., Погодаев А.К., Сараев П.В.

(ЛГТУ, Липецк)

sabl@lipetsk.ru, pak@stu.lipetsk.ru, psaraev@yandex.ru

Обсуждаются базовые алгебраические структуры, на основе которых построение универсальных интеллектуальных информационно-аналитических систем позволяет обеспечить их необходимую гибкость для решения аналитических задач произвольной сферы деятельности.

Ключевые слова: информационно-аналитические системы, поля, кольца, полукольца, регулярность

Введение

Создание универсальных интеллектуальных информационно-аналитических систем для решения аналитических задач произвольной сферы деятельности требует разработки и исследования фундаментальных принципов построения их программного обеспечения. Основой широкого назначения таких систем являются универсальные структуры и методы, допускающие возможность настройки и применения для решения конкретной задачи.

Общепризнанно, что ведущую роль в классе основных математических структур – алгебраических, порядковых и топологических – играют, как в фундаментальной, так и в прикладной математике и информатике – именно алгебраические структуры. Они образуют костяк методов и алгоритмов, тогда как порядковые структуры связаны с проблемами оптимизации, а топологические – с проблемами сходимости разработанных на алгебраической основе алгоритмов.

Поэтому из упомянутых выше универсальных структур, являющихся основой широкого назначения интеллектуальных информационно-аналитических систем, в первую очередь должны быть исследованы базовые алгебраические структуры искусственного интеллекта. Их арсенал в последнее время существенно расширяется (см., например, [1]). Их эффективное использование способно придать необходимую гибкость разрабатываемым универсальным интеллектуальным информационно-аналитическим системам.

В данной работе представлены некоторые, более или менее традиционные для данной предметной области, базовые алгебраические структуры.

Поля, кольца, полукольца

Линейная алгебра, в наиболее распространенном ее понимании, изучает и использует при решении прикладных задач линейные пространства над числовыми полями и действующие в них линейные операторы.

Линейная алгебра, в наиболее общем ее современном понимании, изучает модули над кольцами и действующие в них линейные отображения.

«Линейная» алгебра, возникшая в последнее время – в значительной степени в связи с прикладными задачами искусственного интеллекта – может быть определена как изучающая полумодули над полукольцами и действующие в них «линейные» отображения.

Уже из этих формулировок ясно, что существенную роль в них играет базовая алгебраическая структура – поле, кольцо или полукольцо, и операции в них. Если ограничить рассмотрение линейными пространствами, модулями и полумодулями, образованными конечными наборами – векторами – элементов базовой структуры, то, в свою очередь, операции в них индуцируются из базовой структуры так, что выполняются поэлементно при любой базовой структуре, а линейные операторы, линейные

отображения и «линейные» отображения определяются согласованностью их действия с этими операциями и представляются матрицами из элементов базовой структуры, образующими, в свою очередь, линейные пространства, модули и полумодули с дополнительной операцией композиции, выполняемой, при условии согласования размеров, по «обычному» для матричной алгебры правилу «строка на столбец», «внутри» которого используются операции базовой структуры. Таким образом, базовые операции «пронизывают» как линейную, так и «линейную» алгебры.

Переход от поля к кольцу характеризуется тем, что, кроме нуля, появляются и другие элементы, не имеющие обратных, однако в настоящее время уже хорошо известно, что при решении многих задач роль обратных могут успешно выполнять обобщенные обратные (по поводу обобщенной обратимости, или регулярности по Дж. фон Нейману, см. [1]). Это можно считать основанием не употреблять кавычки для линейной алгебры над кольцами.

Дальнейший переход к полукольцу характеризуется еще и тем, что появляются и элементы, не имеющие противоположных, но в настоящее время еще нет ясности в вопросе о том, в какой мере их могут заменить обобщенные противоположные. Как оказывается, использование полукольца в качестве базовой структуры существенно нарушает «привычные» представления, методы и алгоритмы. В то же время при этом подчас неожиданным образом даже проясняется и упрощается решение сложных в классическом смысле задач, например, нелинейные модели становятся «линейными». Это служит основанием называть алгебру над полукольцами «линейной» в кавычках или нетрадиционной линейной алгеброй. В [1] содержатся указания на работы, посвященные детальному и систематизированному изложению теории и приложений алгебры над полукольцами.

Классическим и простейшим примером служит полукольцо натуральных чисел. Натуральное число может не иметь ни обратного, ни противоположного; в таком случае оно не имеет и

обобщенных обратных и обобщенных противоположных. Стандартное его расширение, с одной стороны, до кольца целых чисел, с другой стороны – до полуполя положительных рациональных чисел, а затем каждого из них – до поля рациональных чисел приводит к появлению даже не обобщенных противоположных и обобщенных обратных, а «обычных» противоположных и обратных (ко всем, кроме 0) чисел.

Основой построения неклассических примеров полуколец являются полные или частичные замена и/или переименование обычных арифметических операций на новые базовые операции, включая идемпотентные операции, такие как максимум и минимум. Типичными представителями являются полуполя $(\max, +)$ и $(\min, +)$, алгебры $(\max, \min)$; их ассортимент весьма широк [1].

Заключение

Использование неклассических базовых алгебраических структур приводит к интересным нетривиальным, нетрадиционным и часто неожиданным, результатам в приложениях математики к современным проблемам искусственного интеллекта. Перспективно их использование и при разработке универсальных интеллектуальных информационно-аналитических систем.

Работа поддержана РФФИ, проект № 09-07-00220-а.

Литература

1. БЛЮМИН С.Л. *Математические проблемы искусственного интеллекта: регулярность по Дж. фон Нейману в линейной и «линейной» алгебрах* // Системы управления и информационные технологии. 2003. № 1-2(12). С. 90 – 94.

БАЗОВЫЕ ОКРЕСТНОСТНЫЕ МОДЕЛИ УНИВЕРСАЛЬНЫХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКИХ СИСТЕМ¹

Блюмин С.Л., Погодаев А.К., Сараев П.В.

(ЛГТУ, Липецк)

sabl@lipetsk.ru, pak@stu.lipetsk.ru, psaraev@yandex.ru

Обсуждаются базовые окрестностные модели, на основе которых построение универсальных интеллектуальных информационно-аналитических систем позволяет обеспечить их необходимую гибкость для решения аналитических задач произвольной сферы деятельности.

Ключевые слова: информационно-аналитические системы, окрестностные модели, клеточные автоматы, графы

Введение

Основой универсальных интеллектуальных информационно-аналитических систем для решения аналитических задач произвольной сферы деятельности должны стать достаточно универсальные модели, обеспечивающие гибкие возможности настройки и применения для решения конкретных задач.

Информационно-аналитические системы (ИАС) являются сопровождающими для организационных систем (ОС).

В [1] рассматриваются возможные соответствия структурам активных ОС моделей пассивных распределенных дискретно-аргументных систем (ДАС), таких как одно- и двумерные одно- и двунаправленные итеративные цепи и сети, клеточные автоматы, их варианты и обобщающие их окрестностные модели [2,3].

¹ Работа поддержана РФФИ, проект № 09-07-00220-а.

В данной работе обсуждаются возможности использования окрестностных моделей в качестве базовых для разработки ИАС.

ИАС естественно моделировать в дискретном пространстве-времени, то есть относительно дискретного аргумента. Пространственная дискретность обусловлена тем, что состав ИАС определяется дискретным (фактически конечным) числом входящих в нее элементов. Временная дискретность обусловлена тем, что действия этих элементов выполняются, вообще говоря, многократно (фактически – в течение конечного числа, вообще говоря, связанных периодов функционирования). При этом, если элементы в некоторой ИАС действуют последовательно в течение некоторого числа периодов ее функционирования, то можно условно рассматривать данную ИАС как многоуровневую иерархическую, переинтерпретируя временной аргумент (номер периода функционирования) как пространственный (номер уровня иерархии). В теории ДАС этому соответствует формализация пространства и/или времени в виде абстрактного дискретного аргумента (той или иной математической природы).

Окрестностные модели

Упрощенное описание окрестностной модели таково (детали см. в [3]). Носителем окрестностной модели является дискретное множество $A = \{a\}$ значений ее аргумента a (для реальных приложений достаточно считать носитель конечным множеством, $|A| = N$). Носитель наделен окрестностной структурой: каждому значению $a \in A$ отнесена его окрестность $O[a] \subseteq A$. Состояния $x[a] \in X[a]$ модели, отвечающие значениям $a \in A$ и принимающие значения в алфавитах $X[a]$, связаны с состояниями $x[\alpha] \in X[\alpha]$, $\alpha \in O[a]$, из окрестностей значений $a \in A$ (для многих приложений достаточно считать алфавиты векторными пространствами над числовыми полями). Связи описываются функциями (правилами) перехода состояний $x[a] = \varphi(a; \{x[\alpha], \alpha \in O[a]\})$.

Переходы относительно аргумента формализуют динамику моделируемого объекта во времени и / или пространстве.

Таким образом, в окрестностной модели сочетаются особенности, в первую очередь, таких дискретных распределенных моделей, как модели на графах и клеточные автоматы (КА), что вполне адекватно моделированию ИАС. При этом КА понимаются в достаточно широком смысле: первоначально введенные Дж. фон Нейманом [4] КА описывались частным случаем уравнений (здесь аргумент $a=[t;s_1,s_2]$ формализует одномерное время и двумерное пространство)

$$x[t; s_1, s_2] = \varphi(t; s_1, s_2; x[t-1; s_1, s_2], x[t-1; s_1-1, s_2], x[t-1; s_1, s_2-1], x[t-1; s_1+1, s_2], x[t-1; s_1, s_2+1], u[t; s_1, s_2]),$$

$$y[t; s_1, s_2] = \psi(t; s_1, s_2; x[t-1; s_1, s_2], x[t-1; s_1-1, s_2], x[t-1; s_1, s_2-1], x[t-1; s_1+1, s_2], x[t-1; s_1, s_2+1], u[t; s_1, s_2])$$

и были известны как однородные структуры: в уравнениях отсутствовала явная зависимость функций φ, ψ от пространственных аргументов s_1, s_2 (кроме того, они были стационарны - отсутствовала явная зависимость функций φ, ψ от временного аргумента t , а также автономны - отсутствовали как уравнение выхода, так и входная связь $u[t; s_1, s_2]$ с внешней средой в уравнении перехода). В приведенных выше уравнениях от однородности осталось только постоянство окрестности внутренних связей - шаблона соседства «крест» - для всех элементов той ИАС, в качестве модели структуры которой можно было бы предложить КА. Дальнейшее развитие этой модели в направлении учета возможных изменений окрестностей внутренних связей во времени и пространстве, соответствующего концепции сетевых структур ИАС, как раз и отражено в окрестностной модели.

С точки зрения ИАС упомянутая выше однородность может быть интерпретирована как «равноправность» входящих в нее элементов, отсутствие необходимого, в соответствии с присущей ИАС иерархичностью, учета их разделения на группы подчиненных элементов. Допускающие подобную возможность

иерархические КА также укладываются в рамки окрестностных моделей.

Заключение

Более подробно рассмотрев клеточно-автоматные аспекты окрестностного моделирования ИАС, из графо-модельных аспектов представляется уместным упомянуть концепцию «малых миров», приобретающую всё большее значение при моделировании как ОС, так и ИАС, в частности, сети Интернет (см, например, [5]), и связанную с кластерной структурой сетевого пространства.

Литература

1. БЛЮМИН С.Л. *Некоторые простейшие дискретно-аргументные модели структур организационных систем / Интернет-конференция «Экономика, управление, информатизация регионов России»*. – Волгоград: ВолГУ, 2007.
http://www.volsu.ru/s_conf/index_4.html
2. БЛЮМИН С.Л., ШМЫРИН А.М. *Новое направление в моделировании систем: окрестностные модели / Сборник докладов Международной научно-технической конференции “Программное обеспечение автоматизированных систем управления”*. Липецк: ЛГТУ, 2000. С. 15 – 29.
3. БЛЮМИН С.Л., ШМЫРИН А.М. *Окрестностные системы*. Липецк: ЛЭГИ, 2005. – 132 с.
4. НЕЙМАН Дж., фон. *Теория самовоспроизводящихся автоматов*. М.: Мир, 1971. – 369 с.
5. BONATO A. *A Course on the Web Graph*. Rhode Island: AMS, 2008. – 184 p.

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К МОДЕЛИРОВАНИЮ СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЕЙ

Бреер В.В.
(ИПУ РАН, Москва)
breer@live.ru

Исследуются модели поведения в социальных сетях, состоящих из большого количества агентов. Поведение агента характеризуется внутренними и внешними факторами. Внутренние факторы поведения описываются вероятностью выбора агентом того или иного действия. Внешние факторы – мерой Гиббса всей сети. Показано, что состояния сетей, при отсутствии взаимодействия между агентами и отсутствии внешнего управления, экспоненциально сильно группируются вблизи равновесных состояний. При наличии взаимодействия и внешнего управления, возможны условия для возникновения спонтанных согласованных действий агентов сети, которые являются аналогом фазового перехода.

Ключевые слова: социальные сети, энтропия, информация, флуктуации, мера Гиббса, управление, фазовый переход.

Введение

Существенной характеристикой современных социальных сетей является большое количество агентов, взаимодействие которых в сети увеличивает ее ценность. Исходя из этого, целесообразно использовать развитый аппарат статистической физики и теории информации, который позволяет описывать поведение больших систем.

Поведение агента в социальной сети зависит от следующих возможных факторов:

индивидуального – внутренней склонности (предпочтений) агента выбрать то или иное действие;

социального – взаимодействия (взаимовлияния) с другими агентами сети;

управляющего – воздействия (влияния) на него со стороны управляющего органа – центра.

На основании этих трех факторов можно ввести следующую классификацию моделей сетей.

Если агент проявляет внутреннюю склонность, то его поведение – *активно*. Если у агента нет никаких предпочтений, то его поведение *пассивно*. Соответственно, модель сети, где присутствует индивидуальный фактор, будем называть сетью с *активными агентами*, а при отсутствии этого фактора – сетью с *пассивными агентами*. Если агенты в сети *взаимодействуют* друг с другом, т.е. в сети присутствует социальный фактор, то такую модель будем называть *социальной сетью (невыврожденной)*. Если такого взаимодействия нет, то модель будем называть *выврожденной социальной сетью*. Наконец, наличие или отсутствие управляющего фактора делит модели еще на два класса: сети *с управлением* и сети *без управления*. В зависимости от того, малую или большую социальную сеть описывает модель, будем ее называть конечной или бесконечной.

Проводя аналогии с моделями статистической физики [4], вырожденная социальная сеть с пассивными агентами соответствует идеальному газу. Она же с активными агентами – близка к многоатомному газу. Невырожденная социальная сеть – к другим веществам, где присутствует взаимодействие между частицами (взаимовлияние между агентами). Сеть с/без управления(ем) соответствует наличию или отсутствию воздействия внешнего поля (влияние управляющего органа – центра).

Для теории информации [5] можно привести следующие сопоставления. Выврожденной социальной сети соответствует кодирование сообщения без штрафов, а невырожденной социальной сети – кодирование со штрафами. Неаддитивные штрафы соответствуют взаимовлиянию между агентами, аддитивные – влиянию центра.

1. Вырожденная социальная сеть

Эта модель социальной сети является базовой. Как следует из введенной на основании факторов поведения агентов классификации, социальная сеть может состоять как из активных, так и из пассивных агентов. Будем считать, что действия ω_i любого агента i ограничены конечным множеством $X_r = (1, \dots, r)$. Для вырожденной социальной сети с активными агентами будем считать, что действие j любого агента i характеризуется веро-

ятностью ρ_{ij} , где $\sum_{j=1}^r \rho_{ij} = 1$. Если агенты пассивны, то будем

считать, что действие любого агента характеризуется равномерным распределением $\rho_{ij} = \rho = 1/r$. Множество состояний всей сети будем представлять в виде декартова произведения индивидуальных множеств действий агентов сети. В силу вырожденности этой сети (т.е. отсутствия взаимодействий) вероятность состояния сети выражается в виде произведения вероятностей действий отдельных агентов.

Степень неопределенности действий агента i характеризуется *энтропией* [6, 7] $I(\rho_i) = \sum_{j=1}^r \rho_{ij} \ln(\rho_{ij})$, которая принимает

максимальное значение $\ln(r)$ для социальной сети с пассивными агентами. Для пассивных агентов, при $r = 2$ и множестве действий $\{-1, 1\}$, можно параметризовать вероятности одним параметром $x \in [-1, 1]$ и тогда энтропия действий агентов $I(x)$ будет выглядеть, как показано на рисунке 1. Назовем *частичным*

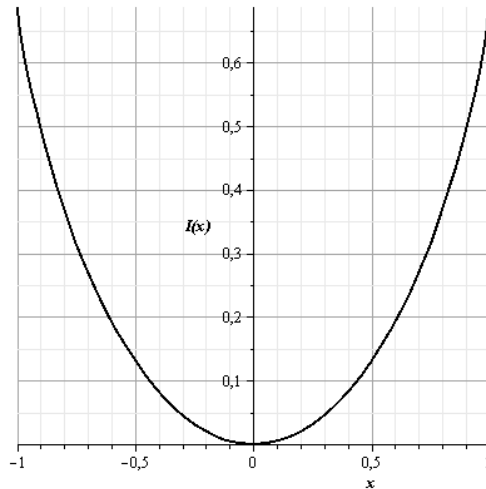
средним действием агентов величину $s_n = \sum_{i=1}^n \omega_i$. В соответст-

вии с принципом больших уклонений [1, 54], эта энтропия характеризует экспоненциально высокую степень кратности со-

стояний вырожденной социальной сети вблизи ее равновесного состояния, в следующем смысле:

$$(1) \quad \Pi(|s_n| \geq \varepsilon) \leq \exp \left[-n \min_{|x| \geq \varepsilon} I(x) \right]$$

Таким образом, флуктуации для вырожденной социальной сети вокруг равновесного состояния будут экспоненциально малы – см. пример, приведенный на следующем рисунке:



2. *Невырожденная социальная сеть*

Состояния невырожденной социальной сети характеризуются распределением Гиббса, в котором учитывается взаимодействие между агентами и внешнее управление.

Выражение (1) показывает, что для вырожденной социальной сети равновесным состоянием будет то, для которого частичное среднее действие равно математическому ожиданию, равному 0, и подавляющее большинство состояний будет группироваться вблизи него (вероятность других состояний экспоненциально мала). Для невырожденной социальной сети нулевое математическое ожидание становится неустойчивым и, при бесконечно

малом воздействии управления u , сеть спонтанно переходит в состояние со средним действием не равным нулю [54].

Это поведение социальной сети соответствует фазовому переходу в статистической физике. Вместо температуры, индикатором того, возможен ли фазовый переход, является параметр, который может быть проинтерпретирован, как *дифференциальная ценность* социальной сети. Если степень взаимодействия агентов в сети больше ее дифференциальной ценности, то спонтанный переход в другое состояние сети возможен.

Литература

1. БРЕЕР В.В., ГУЛИНСКИЙ О.В. Большие отклонения в бесконечномерном векторном пространстве, Препринт, М.: изд-во МФТИ, 1996. – 48 с.
2. ГУБКО М.В., НОВИКОВ Д.А. Теория игр в управлении организационными системами. – М.: Синтег, 2002. – 148 с.
3. НОВИКОВ Д.А. Теория управления организационными системами. – М.: Физматлит, 2007. – 584 с.
4. РУМЕР Ю.Б., РЫВКИН М.Ш. Термодинамика, статистическая физика и кинетика. – М.: Наука, 1972. – 400 с.
5. СТРАТОНОВИЧ Р.Л. Теория информации. – М.: Сов. Радио, 1975. – 424 с.
6. ЯГЛОМ А.М. ЯГЛОМ И.М. Вероятность и информация. – М.: Наука, 1973. – 512 с.
7. ELLIS R. Entropy, Large Deviations and Stochastical Mechanics, Springer, New York, 1985

СОГЛАСОВАННАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ В РАСПЛЫВЧАТЫХ УСЛОВИЯХ

Бурков В.Н.⁽¹⁾, Кузнецов В.Н.⁽²⁾, Павлов В.А.⁽²⁾

(1 - ИПУ РАН, Москва, 2 - ТГТУ, Тверь)

vlab17@bk.ru, is@tstu.tver.ru

Ключевые слова: Активная система, согласованная оптимизация, расплывчатые условия

Введение

В докладе рассматривается применение подхода Р.Белмана и Л.Заде к согласованной оптимизации как к принятию решений в расплывчатых условиях [2]. Расплывчатость (нечеткость) является одним из основных источником неточности в процессах согласованной оптимизации. Люди при принятии решений в основном применяют расплывчатые понятия и выполняют расплывчатые инструкции [2].

Расплывчатое решение определяется как расплывчатое множество в пространстве альтернатив, получающееся в результате пересечения расплывчатых целей, ограничений и условий согласования. При реализации согласованной оптимизации и обработки информации проще и удобнее использовать математический аппарат нечетких множеств, чем, например, аппарат теории вероятностей и математической статистики [2].

1. Расплывчатые цели, ограничения и условия согласования

Описание активной системы (АС) в целом в расплывчатых условиях будем проводить в соответствии с [1]. Оно включает: расплывчатые множества возможных состояний

$y = (y_1, y_2, \dots, y_i, \dots, y_n) \in Y = \prod_i^n Y_i$ и планов АС

$x \in (x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_n) \in X(r) = \prod_i^n X_i(r_i)$, расплывчатое мно-

жество значений параметров r и их оценок $\sigma \in \Omega = \prod_i^n \Omega_i$,

множество управлений $\lambda \in L$, множество реализаций $y \in T(\lambda, x, r)$; расплывчатые цели АС, центра F и активных элементов (АЭ) F_i в виде нечетких множеств.

Множество реализаций $T(\lambda, x, r)$ определяется с помощью нечеткого отображения $\Phi : \prod_i^n (L \times X_i \times \Omega_i) \rightarrow T$. Нечеткое

отображения моделирует выбор АЭ своих реализаций после назначения им планов и управлений с учетом возможностей r и информированности всех участников согласованной оптимизации.

Расплывчатые цели центра и АЭ отождествляется с фиксированными расплывчатыми множествами F и F_i . Расплывчатая цель АС может представлять пересечение целей центра и АЭ $F \cap (\bigcap_i^n F_i)$. Функции принадлежности расплывчатых целей

$\mu(y \in F), \mu(y \in F_i), \mu(y \in (F \cup (\bigcup_i^n F_i)))$ выполняют роль

функций предпочтительности. Функции принадлежности расплывчатых ограничений $\mu(x \in X), \mu(y \in Y)$ и т.д. измеряют степень их выполнения. Функция принадлежности расплывчатых отношений $\mu((\lambda, x, r) \rightarrow y) \in \Phi$ определяют их правдоподобность.

Условия согласования задаются выражением цели АС и ограничениями μ^*, μ_i^* (определяют степень согласования) на значения функций принадлежности $\mu(y \in F), \mu(y \in F_i)$.

2. Формализация и постановки задач согласованной оптимизации в расплывчатых условиях

Постановка задачи согласованной оптимизации в расплывчатых условиях для одного центра и нескольких АЭ будет иметь следующий вид.

$$(1) \begin{cases} \mu(y \in (F \cap T \cap (\bigcap_i^n F_i))) \rightarrow \max, \\ \mu(y \in (F \cap T)) \geq \mu^* > 0, \\ \mu(y \in (F_i \cap T)) \geq \mu_i^* > 0, \\ x \in X, r \in \Omega, \lambda \in L. \end{cases}$$

Если некоторые цели являются более важными, чем другие, то целевая функция в выражении (2) может быть записана в виде [2].

$$(2) \begin{aligned} \mu(y \in (F \cap T \cap (\bigcap_i^n F_i))) &= \alpha_o \times \mu(y \in (F \cap T)) + \\ &+ \sum_i^n \alpha_i \times \mu(y \in (F_i \cap T)). \end{aligned}$$

В выражении (2) весовые коэффициенты α_o, α_i , характеризующие относительную важность целей являются такими, что

$$\alpha_o + \sum_i^n \alpha_i = 1.$$

Целевую функцию и условия согласования задачи (1) можно с применением аппарата нечетких множеств представить в виде.

$$(3) \quad \mu(y \in (F \cap T \cap (\bigcap_i^n F_i))) = \min\{\alpha_o \times [\mu(y \in (F \cap T)) - \mu^*], \min\{\alpha_i \times [\mu(y \in (F_i \cap T)) - \mu_i^*]\}\}.$$

Тогда запись (3) может считаться гибким выражением компромисса [3]. Положительное значение целевой функции (3) может быть достигнуто только при $\mu(\bullet) > \mu^*$ для центра и всех АЭ. Увеличение целевой функции при определенных α будет означать и увеличение всех $\mu(\bullet)$ [3]. Условия (3) позволяют получить ситуацию равновесия, которая является лучшей (но не единственной) и для центра и для всех АЭ [3]. Кроме того, всегда можно выбрать такие α , что максимизация (3) будет определять эффективные решения (принадлежат множеству Парето) [3].

В докладе рассматриваются методы и технологии решения задач нечеткой согласованной оптимизации (1), (2), (3) с применением интерактивных процессов [4] с заданным и фиксированным количеством шагов и нечетких алгоритмов.

Литература

1. БУРКОВ В.Н. *Основы математической теории активных систем*. М.: Наука, 1977. – 256 с.
2. БЕЛМАН Р., ЗАДЕ Л. *Принятие решений в расплывчатых условиях*. – В кн.: Вопросы анализа и процедуры принятия решений. М.: Мир, 1976. С 172 – 215.
3. ГЕРМЕЙЕР Ю.Б. *Игры с непротивоположными интересами*. М. Наука, 1976. – 328 с.
4. КУЗНЕЦОВ В.Н. *Согласование и оптимизация в иерархических системах с активными элементами*. - М.: Институт проблем управления, 1996. -132 с.

ПОВЕДЕНЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

Виноградов Г.П.

(ТГТУ, Тверь)

wgp272ng@mail.ru

Ключевые слова: принятие решений, целеустремленное состояние, нечеткие правила логического вывода

Введение

На сегодняшний день одной из основных проблем возникающих при попытке формального моделирования поведения организационных систем является разработка адекватных моделей принятия решений целеустремленным агентом (ЦА) [1, 3]. Расширение классической модели рационального поведения возможно за счет:

- Определения функциональных свойств, характеризующих поведение ЦА таких, чтобы они вытекали из наблюдаемого поведения и не зависели от точки зрения наблюдателя.

- Введения понятий, которые характеризовали эти функциональные свойства.

- Задания мер, позволяющих получать оценки проявления наблюдаемых функциональных свойств и гарантирующих возможность воспроизведения наблюдений различными наблюдателями.

1. Модель целеустремленного состояния

Принятие решения всегда связано с целеустремленным поведением и происходит в ситуации целеустремленного состояния [2]. Для описания компонент целеустремленного состояния введем следующие оценки.

1. Будем считать, что ЦА способен выделять факторы (характеристики) функционального окружения $X^k = \{x_i^k, i = \overline{1, N}\}$.

Влияние каждого фактора ЦА оценивает с помощью лингвистической переменной степень влияния фактора $\mu^k(x_i^k): x_i^k \rightarrow [0,1]$.

Для описания влияния выделенных факторов на результаты $O_i^k, i = \overline{1,m}$ ЦА использует аппроксимацию в виде продукционных правил.

2. Известные (доступные) ЦА способы действий – C_j^k . Они являются функцией принимаемых во внимание ЦА параметров состояния внешней среды, функциональных и морфологических свойств системы. Так как ЦА может сформировать представление о возможных результатах $O_{ij}^k, j = \overline{1,m^k}$, то существует неравнозначность при выборе способа действия. Ее можно описать как степень уверенности необходимости (привычности) применения способа действия в виде лингвистической переменной, являющейся индивидуальной характеристикой ЦА $\psi_{ijl}^k = \psi_{ijl}^k(C_{jl}^k | A \in \mathfrak{A}_{C1}^k(S)) \in [0,1], l = \overline{1,m^k}$, которая может меняться в результате обучения и приобретения опыта.

3. Возможные результаты при данном окружении выбора ЦА в виде $O_i^k \in \{O_{ij}^k, j = \overline{1,J}\}$, где O_{ij}^k – множество возможных результатов при выборе j-го способа действия $i \in I$ – множество результатов, принимаемых во внимание k-м ЦА.

4. Ценность результатов O_i^k . Наличие этого показателя следует из качественного предположения о том, что ЦА наделен способностью сравнивать блага, которые он приобретает при достижении результатов. Ценность i-го вида результата при использовании j-го способа действий можно оценить следующей лингвистической переменной $\varphi_i^k(O_i^k(C_j)) \in [0,1]$.

4. Эффективность действия с точки зрения результата – это степень уверенность E_{ij}^k ЦА в том, что j -й способ действия будет приводить к i -му результату в окружении S , если ЦА выберет именно его: $E_{ij}^k = E_{ij}^k(O_i^k | A \text{ выберет } C_j^k \text{ в } S) \in [0, 1]$.

Введенные три лингвистические переменные $\mu_i^k(x_i^k)$, ψ_{ijl}^k , E_{ij}^k образуют модель представлений ЦА (знаний) о ситуации целеустремленного выбора.

Поскольку ЦА всегда связывает C_{ij}^k и ценность i -го результата O_i^k , то ценность целеустремленного состояния по i -му результату O_i^k для k -го ЦА определяется в соответствии в

$$\text{правилом: } E\phi_i^k = \frac{\sum_{j \in J} \phi_{ijl}^k(O_{ijl}^k(C_{il}^k)) \bullet \psi_{ijl}^k(O_{ijl}^k, S_{ijl}^k)}{\sum_{l=1}^m \phi_{ijl}^k(O_{ijl}^k(C_{il}^k))}.$$

По аналогии можно оценить ценность целеустремленного состояния для k -го ЦА по эффективности для i -го вида результата: EE_i^k . Оценка ЦА желательности целеустремленного состояния по i -му результату и эффективности его достижения в ситуации выбора задается в виде лингвистической переменной

$$\chi_{i1}^k = \chi_1^k(E\phi_i^k) \in [0, 1], \quad \chi_{i2}^k = \chi_2^k(EE_i^k) \in [0, 1].$$

В основе процесса взаимодействия личности и организации находятся психологический и экономический контракты, следовательно, можно определить следующие ограничения:

$\sum_i \chi_{i1}^k(E\phi_i^k) \geq \chi_1^0$ и $\sum_i \chi_{i2}^k(EE_i^k) \geq \chi_2^0$, где χ_1^0 и χ_2^0 - ожидания ЦА от организации, которые отражают баланс между затратами и вознаграждением за достигнутые результаты O_i^k .

Таким образом, ЦА в соответствии с гипотезой о рациональном поведении формирует решение в соответствии с $P_i(S) = \text{Argmax}(E\varphi_i(s_i, c_i))$

$s_i \in S_i, c_i \in C_i(I_t^i), I_t^i \subseteq M$, где χ_0 - оценка ЦА максимального $\chi(E\varphi_i) \geq \chi_0$

выигрыша, который он мог бы получить, выполняя другую работу. Очевидно, что, если $\chi(E\varphi_i) < \chi_0$, то следует ожидать, что ЦА выберет другую работу вследствие ее более высокой привлекательности. Если же $\chi(E\varphi_i) \geq \chi_0$, то поведение ЦА будет зависеть от его информированности о выигрыше центра.

Сформулированное правило означают, что существует ЦА, который находится в состоянии, когда он хочет получить какой-либо результат. Он располагает для этого несколькими альтернативными способами достижения с разной эффективностью, которыми он может попытаться достичь желаемого результата, и его уверенность в получении желаемого результата значительна.

Литература

1. НОВИКОВ Д.А. *Теория управления организационными системами: вводный курс*. М.: МПСИ, 2005 – 12
2. АКОФФ Р., ЭМЕРИ Ф. *О целеустремленных системах*. М.: Сов. Радио, 1974 – 272 с.
3. KAHNEMAN D., TVERSKY A. *Judgment under uncertainty: heuristics and basis*. Cambridge: Cambridge University Press, 1983.

УПРАВЛЕНИЕ ИНВЕСТИЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ ТЕРРИТОРИАЛЬНОЙ ГЕНЕРИРУЮЩЕЙ КОМПАНИИ

Волков Е.А.⁽¹⁾, Перова М.Б.⁽²⁾

*(1 – Территориальная генерирующая компания №2,
2 – ж ВГТУ, Вологда)*

VolkovEvA@tgc-2.ru, mperova@mail.ru

В статье представлена экономико-математическая модель инвестиционной деятельности территориальной генерирующей компании, которая позволяет формировать портфель инвестиционных проектов, обеспечивающий максимальную эффективность капитальных вложений.

Ключевые слова: инвестиционная деятельность, управление, моделирование.

Основой инвестиционной политики территориальной генерирующей компании (ТГК) является инвестиционная программа, которую формирует портфель инвестиционных проектов. Инвестиционные проекты имеют определенные показатели: стоимость, срок строительства, эффект, получаемый от инвестирования и т.д. Предприятие может реализовывать инвестиционные проекты одновременно или последовательно, использовать их различные сочетания, отказываться от некоторых из них, т.е. осуществлять управление объемом и характером капитальных вложений.

Инвестиционная деятельность компании нацелена на обеспечение максимальной эффективности капитальных вложений. Достижение данной цели позволяет моделирование инвестиционной деятельности компании. В качестве целевой функции принимается показатель фондорентабельности, показывающий размер прибыли на единицу стоимости основных средств. Особенностью электроэнергетики является продолжительный срок эксплуатации объектов и требуется выполнение расчетов за весь срок их эксплуатации.

Целевая функция имеет различный вид в зависимости от объектов инвестирования. При реализации крупных и дорогостоящих единичных объектов (строительство новых генерирующих мощностей, перевод станций на другие виды топлива, строительство магистральных тепловых сетей и др.) целесообразно использовать в качестве целевой функции выражение (1).

Когда инвестиционная программа содержит несколько инвестиционных проектов с разными сроками службы объектов, то процесс моделирования инвестиционной деятельности ТГК становится достаточно трудоемким. В таких случаях детальный расчет эффективности программы выполняется в пределах срока реализации инвестиционных проектов, а в последующий период (в пределах срока службы объектов) – укрупненный расчет. Тогда целевая функция примет вид (2).

Все сферы деятельности предприятия (инвестиционная, операционная и финансовая) тесно взаимосвязаны между собой, поэтому в качестве ограничений выступают выражения, отражающие значения ключевых показателей для каждой сферы деятельности. Компания может управлять объемом и видом инвестиций, поэтому в качестве переменной инвестиционной модели принимается объем капитальных вложений по годам горизонта расчета.

Таким образом, экономико-математическая модель формирования инвестиционной политики территориальной генерирующей компании принимает следующий вид:

$$(1) \quad f = \frac{\sum_{t=1}^T P_q^t}{\sum_{t=1}^T \bar{F}_\delta^t} \rightarrow \max \text{ или}$$

$$(2) \quad f = \frac{\sum_{t=1}^{\tau} P_q^t + P_q^{\tau+1}(\overline{T-\tau})}{\sum_{t=1}^{\tau} \bar{F}_\delta^t + \bar{F}_\delta^{\tau+1}(\overline{T-\tau})} \rightarrow \max$$

при ограничениях:

$$(3) \quad \begin{cases} C^t = C_a^t + C_p^t + C_e^t; \\ R_n^t = \frac{P_q^t}{D^t} \geq R_{min}; \\ k_{\phi n}^t \geq 0,5; \\ C^1, C^2, \dots, C^T \geq 0, \end{cases}$$

где $t = 1, \dots, \tau, \dots, T$ - годы эксплуатации объектов инвестиционной программы; $t = 1, \dots, \tau$ - годы реализации инвестиционной программы; $t = \tau + 1, \dots, T$ - годы эксплуатации объектов инвестиционной программы после завершения программы (внедрения всех объектов программы); $(\overline{T - \tau})$ - средний срок эксплуатации объектов после завершения инвестиционной программы, лет; $P_q^t, P_q^{\tau+1}$ - чистая прибыль компании, полученная в t -м году, и в году $\tau + 1$, т.е. в первом году после реализации инвестиционной программы, тыс. руб.; $\overline{F}_o^t, \overline{F}_o^{\tau+1}$ - среднегодовая балансовая стоимость основных средств ТГК в t -м году и в году $\tau + 1$, тыс. руб.; C^t - объем капитальных вложений в t -м году в соответствии с инвестиционной программой, тыс. руб.; C_a^t, C_p^t, C_e^t - капитальные вложения в t -м году, осуществляемые за счет средств амортизационных отчислений, чистой прибыли и привлеченного капитала, тыс. руб.; R_n^t - рентабельность продаж в t -м году, %; R_{min} - минимальная рентабельность продаж, обеспечивающая планируемое развитие компании, %; D^t - выручка компании от реализации энергии в t -м году, тыс. руб.; $k_{\phi n}^t$ - коэффициент финансовой независимости (доля собственного капитала в общей сумме источников), отн. ед.

Целевая функция характеризует соотношение величины чистой прибыли и стоимости основных средств в течение периода реализации инвестиционной программы и с учетом эффекта, который будет получен предприятием в последующие годы эксплуатации объектов. К концу года τ инвестиционная

программа завершается, т.е. объекты капитальных вложений введены в эксплуатацию, и в дальнейшем прогнозируется незначительное изменение результатов операционной деятельности. В пределах срока реализации инвестиционной программы все параметры внешней среды прогнозируются на основании ретроспективной динамики. За пределами срока реализации программы, но в пределах срока службы объектов инвестиционной программы, параметры внешней среды на длительную перспективу устанавливаются в соответствии с практическими рекомендациями по оценке эффективности и разработке проектов и бизнес-планов в электроэнергетике [2].

Ограничение по инвестиционной деятельности ($C^t = C_a^t + C_p^t + C_e^t$) характеризует одну из ключевых задач предприятия при осуществлении инвестиционной деятельности – обеспечение своих потребностей в инвестициях необходимыми ресурсами. Потребности в ресурсах могут обеспечиваться за счет собственных ($C_a^t + C_p^e$) и заемных средств (C_e^t). Первые две составляющие формируются в результате операционной деятельности предприятия и определяют собственные инвестиционные ресурсы. В качестве привлеченного капитала (C_e^t) могут выступать средства долгосрочных инвестиционных кредитов банков, займы, полученные от других организаций, средства, полученные из бюджета и др. Каждый из способов привлечения заемных средств имеет свои достоинства и недостатки. Учитывая различную стоимость привлеченного капитала и ряд других показателей, предприятие может выбирать наиболее приемлемый для себя вариант или использовать различные способы сочетаний механизмов привлечения инвестиций.

Ограничение по операционной деятельности. В результате реализации инвестиционной программы рентабельность продаж не должна опускаться ниже некоторого минимального значения ($R_n^t \geq R_{min}$), при котором обеспечивается не только безубыточная деятельность компании, но и ее развитие.

Ограничение по финансовой деятельности. Финансовая деятельность характеризуется коэффициентом финансовой независимости, который принимается на уровне $k_{\text{фи}}^t \geq 0,5$ [1, 3].

Данная модель реализуется путем имитационного моделирования инвестиционной деятельности ТГК в итерационном режиме. Имитация деятельности компании позволяет рассматривать различные инвестиционные программы, т.е. различные сочетания инвестиционных проектов компании. Отобрав для инвестиционной программы m проектов, исходя из ретроспективных данных, характеризующих деятельность ТГК и внешнюю среду, и информации об инвестиционных проектах, рассчитываются показатели операционной, инвестиционной и финансовой деятельности компании, проверяются на соответствие ограничения в модели. Рассматриваются различные сочетания инвестиционных проектов для достижения максимального значения целевой функции.

Литература

1. *Комплексный экономический анализ предприятия* / Под ред. Н.В. Войтоловского, А.П. Калининой, И.И. Мазуровой. – СПб.: Питер, 2009. – 576 с.
2. *Практические рекомендации по оценке эффективности и разработке проектов и бизнес-планов в электроэнергетике (с типовыми примерами). III* / Утв. РАО ЕЭС России от 04.02.97 №3р.– М., 1999. – 209с.
3. Приказ Минэкономики РФ от 01.10.1997 N 118 «Об утверждении методических рекомендаций по реформе предприятий (организаций)»

НЕКОТОРЫЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИЗ ОБЛАСТИ СИСТЕМНОГО ПОДХОДА

Выхованец В.С.
(ИПУ РАН, Москва)
valery@vykhovanets.ru

Придерживаясь единого и достаточно общего терминологического базиса, основанного на теоретико-множественном формализме, дано строгое определение системы и основных системных понятий.

Ключевые слова: система, закономерность, системная связь, казуальная связь, структура, организация, цель, управление, целенаправленность, идентификация, модель, интерпретация.

Введение

Наличие большого числа определений системы и системных понятий вынуждают нас дать базовые определения системного подхода, придерживаясь единого терминологического базиса, достаточно общего, чтобы покрыть все другие определения. Рассматриваемый подход является, в некотором смысле, близким подходу [1], но отличается от последнего большим уровнем обобщения и систематизации системных понятий.

Будем предполагать, что такие понятия как множество, принадлежность множеству, подмножество, упорядоченное множество, отношение, отображение, функция и существенная зависимость функции от переменной являются первичными и определению не подлежат (см., например, [2]).

1. Система

Реальная (конкретная) *система*, или просто система – множество сущностей (элементов), выделенных в объективной или

субъективной реальности и составляющих единое целое, такое, что удаление любого элемента из этого множества приводит к изменению поведения системы.

Поведение системы – взаимосвязь свойств элементов системы, представляемая как множество системных закономерностей, определяющих допустимые (возможные) сочетания значений этих свойств.

Свойство элемента системы – содержание сознания, закономерно возникающее при восприятии (представлении) элемента, мыслимое как некоторое множество допустимых значений.

Системная закономерность – отношение, связывающее между собой значения свойств некоторого подмножества элементов системы.

Системная связь – упорядоченное множество элементов, свойства которых связаны системной закономерностью.

Структура системы – множество системных связей.

2. Причинно-следственные связи

Для нахождения неизвестных значений свойств элементов системы по известным свойствам – найденным, измеренным, и т.п., отношения, выражающие системные закономерности, представляются как отображения.

Преобразование системных отношений в системные отображения основано на выявлении у системы причинно-следственных (каузальных, причинных) связей. Причинно-следственные связи выражаются через выделение у закономерностей зависимых и независимых свойств, а само множество закономерностей упорядочиваются таким образом, который позволяет перейти от независимых к зависимым свойствам системы путем последовательного вычисления зависимых свойств одних закономерностей и подстановки полученный результатов в качестве значений независимых свойств других закономерностей, и так до тех пор, пока не будут получены искомые зависимые свойства системы в целом.

Таким образом, *причинно-следственная связь* – это отображение, заданное на выражающем его системном отношении.

Организация системы – это упорядоченное множество причинно-следственных связей, позволяющих находить одни значения свойств системы (неизвестные) по другим значениям ее свойств (известным).

3. Целенаправленность

Понятие причинно-следственной связи позволяет ввести понятие управления и рассматривать поведение системы как целенаправленное. Действительно, разделение системных свойств на зависимые и независимые позволяет поставить и решить задачу управления – достижение цели, где цель рассматривается как множество значений зависимых свойств, а управление – как множество значений независимых свойств, на которых зависимые свойства принимают целевые значения.

Цель – отношение, заданное на множествах значений зависимых свойств.

Управление – отношение, заданное на множествах значений независимых свойств.

Целенаправленность системы – существование цели и управления, соответствующего этой цели.

4. Идентификация систем

Идентификация – процесс порождения нового знания о реальной системе, выраженное в форме модели, описывающей ее поведение.

Модель – формальная система, задаваемая как неинтерпретированное исчисление (формальная теория), индуктивно порождающее:

– множество допустимых формул из элементарных формул (термов) и правил образования (построения) формул;

– множество доказуемых формул (теорем) посредством определения множества аксиом и правил вывода теорем из аксиом и уже доказанных теорем.

Обычно элементарные формулы интерпретируются как факты, или значения свойств реальной системы, в то время как аксиомы – это закономерности, присущие этой системе. Знание элементарных формул, аксиом и правил вывода позволяет предсказывать поведение реальной системы путем вывода теорем в формальной системе.

Таким образом, идентификация – это процесс установления тождества двух систем – реальной и формальной, причем последняя заменяет реальную систему, воспроизводя ее свойства и поведение.

Процесс идентификации реальной системы противоположен процессу *интерпретации* формальной системы в предметной области, задаваемой реальной системой. В этом случае, и в противоположность идентификации, реальная система становится моделью для формальной системы.

Следует различать аналитическую и параметрическую (синтетическую) идентификацию. При *параметрической идентификации* вид формальной системы известен заранее, а в процессе идентификации осуществляется нахождение только значений некоторого множества ее элементарных формул (параметров модели). При *аналитической идентификации* наоборот, вид формальной системы заранее неизвестен, т.е. в процессе идентификации требуется определить не только элементарные формулы, но и аксиомы формальной системы, выражающие системные закономерности.

Литература

1. Месарович М., Такахара Я. *Общая теория систем: Математические основы*. – М.: Мир, 1978.
2. Белоусов А.И., Ткачев С.Б. *Дискретная математика*. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004.

МОДЕЛИ РЕГУЛИРУЕМОГО РАВНОВЕСИЯ В ТЕОРИИ ИЕРАРХИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Горелик В.А.⁽¹⁾, Золотова Т.В.⁽²⁾

(1 – ВЦ РАН, г. Москва, 2 – Комсомольский-на-Амуре
государственный технический университет)
gorelik@ccas.ru, tgold11@mail.ru

Вводится понятие регулируемого равновесия в иерархической системе. В качестве примера рассмотрена территориальная модель корпорации. Формулируется задача управления производственной деятельности с учетом экологического воздействия на окружающую среду. Доказано существование регулируемого равновесия и исследованы его свойства.

Ключевые слова: иерархическая система, регулируемое равновесие, информационное регулирование.

Введение

Под управлением центра можно понимать передачу информации, которую подсистемы самостоятельно добывать не могут, о прогнозируемых значениях факторов, влияющих на функционирование всей системы и ее подсистем. Если управление центра сводится только к передаче информации нижнему уровню о значениях некоторых параметров, то такое управление называется *информационным регулированием* [2]. Двухуровневую иерархическую систему, в которой управление центра представляет собой информационное регулирование и после сообщения центра нижний уровень достигает ситуации равновесия, называют *моделью регулируемого равновесия* [2]. В такой модели задача центра для территориальной корпорации [1] состоит в переводе системы в наиболее эффективную для него ситуацию равновесия, определяемую информированностью подсистем.

Пусть система погружена во внешнюю среду, состояние которой характеризуется параметрами K и ξ . Для нижнего уровня K является неопределенным неконтролируемым фактором. Величину ξ будем считать случайным неконтролируемым фактором, принимающим конечное число значений. Центр имеет возможность точно определять K и вероятности появления тех или иных значений ξ . Регулирующее воздействие центра состоит в передаче на нижний уровень информации о значении K и векторе вероятностей случайной величины ξ : $\bar{p} = (p_1, \dots, p_n)$, где p_i - вектор вероятностей, сообщаемый i -й подсистеме. Будем выделять такие векторы вероятностей, что $p_1 = p_2 = \dots = p_n = p$, и называть их однородными. Определено шесть типов передачи информации, носящий как случайный, так и неопределенный характер, $K = \hat{K}$ - действительное значение K , $p = \hat{p}$ - действительные однородные векторы вероятностей случайных событий.

1. Модель регулируемого равновесия

Рассмотрим вопрос существования ситуаций регулируемого равновесия и оптимальных стратегий информационного регулирования центра с критериями эффективности нижнего уровня

$$\begin{aligned}
 &W_j(x_1, \dots, x_n, K, p_i) = \\
 (1) \quad &= \begin{cases} c_j b_j x_j^r - w x_j^{2r} - R(K, p_i) \frac{\alpha_j b_j x_j^r}{\sum_{j=1}^n \alpha_j b_j x_j^r}, & x_j > 0, j = 1, \dots, n, \\ 0, & x_j = 0, j = 1, \dots, n, \end{cases}
 \end{aligned}$$

где x_i - объем некоторого фактора производства, используемого i -м предприятием, связанного с отравляющим воздействием на окружающую среду, $i = 1, \dots, n$, $f_i(x_i) = b_i x_i^r$, $0 < r \leq 1$ - производственная функция, $w g_i(x_i) x_i$ - функция затрат для каждого предприятия, w - «базовая» цена единицы фактора, $g_i(x_i) = x_i^{2r-1}$ - функция, корректирующая стоимость единицы фактора (пред-

полагается, что стоимость единицы фактора может устанавливаться в зависимости от объема затрачиваемого ресурса). Если c_i - стоимость единицы продукции предприятия, то $c_i f_i(x_i) - wg_i(x_i)x_i$ - прибыль i -го предприятия в результате его производственной деятельности, $R(K, p_i)\alpha_j b_j x_j^r (\sum_{j=1}^n \alpha_j b_j x_j^r)^{-1}$ - размер компенсации для i -го предприятия, пропорциональный величине ущерба $R(K, p_i)$, α_i - непосредственный ущерб в виде загрязнения территории.

2. Существование ситуаций равновесия

Условия существования точки равновесия для функций (1) сформулированы в виде следующей теоремы.

Теорема 3.6.1. При выполнении условий

$$(2) \quad R(K, p_i)\alpha_j b_j - c_j b_j A < 0, \quad R(K, p_i)(\alpha_j b_j)^2 - wA^2 < 0,$$

$j=1, \dots, n$, существует единственная точка равновесия для набора функций $W_j(x_1, \dots, x_n, K, p_i)$, $j=1, \dots, n$, в неотрицательном ортанте $x_j > 0$, $j=1, \dots, n$, которая при фиксированных K , p_i и $0 < r \leq 1$ определяется по формулам

$$(3) \quad x_j^0(K, p_i) = \left(\frac{R(K, p_i)\alpha_j b_j A - c_j b_j A^2}{R(K, p_i)(\alpha_j b_j)^2 - 2wA^2} \right)^{\frac{1}{r}}, \quad j=1, \dots, n,$$

где A является решением уравнения

$$(4) \quad \sum_{j=1}^n (R(K, p_i) - \frac{c_j}{\alpha_j} A) (R(K, p_i) - \frac{2w}{(\alpha_j b_j)^2} A^2)^{-1} = 1.$$

Интересы центра описываются в виде функции

$$(5) \quad F_0(x_1, \dots, x_n, K, \xi) = \sum_{i=1}^n \beta_i F_i(x_1, \dots, x_n, K, \xi),$$

где $\beta_i > 0$, $i=1, \dots, n$, (их можно интерпретировать как проценты налоговых отчислений с прибыли).

3. Свойства регулируемого равновесия

Рассмотрен вопрос, какая стратегия центра является оптимальной, если центр использует однородные векторы вероятностей и неоднородные векторы вероятностей.

Теорема 3.6.2. Оптимальная стратегия центра (K^0, p^0) существует и является решением уравнения

$$(6) \quad \sum_{j=1}^n (R(K^0, p^0) - \frac{c_j}{\alpha_j} A^0) (R(K^0, p^0) - \frac{2w}{(\alpha_j b_j)^2} A^{0^2})^{-1} = 1,$$

где $(A^0, z_1^0, \dots, z_n^0) > 0$ определяется из условий

$$(7) \quad \sum_{i=1}^n \frac{\beta_i c_i z_i^0}{\alpha_i} - 2A^0 \sum_{i=1}^n \frac{\beta_i w z_i^{0^2}}{(\alpha_i b_i)^2} = 0,$$
$$A^0 \frac{\beta_i c_i}{\alpha_i} - 2A^{0^2} \frac{\beta_i w z_i^0}{(\alpha_i b_i)^2} = R(\hat{K}, \hat{p}) \beta_i + \lambda, i = 1, \dots, n, \quad \sum_{i=1}^n z_i^0 = 1.$$

Теорема 3.6.3. Оптимальная для центра ситуация неоднородного равновесия при любых положительных коэффициентах $\beta_1, \dots, \beta_n$ является паретовской точкой для нижнего уровня и глобальным максимумом для центра.

Литература

1. АШУРБЕЙЛИ И.Р., ГОРЕЛИК А.Л., ГОРЕЛИК В.А. *Производственные корпорации: проблемы формирования и управления.* – М.: ПАТЕНТ, 2006. – 180 с.
2. ГОРЕЛИК В.А., КОНОНЕНКО А.Ф. *Теоретико-игровые модели принятия решений в эколого-экономических системах.* – М.: Радио и связь, 1982. – 144 с.

АНАЛИЗ МОДЕЛИ ИЕРАРХИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ С ГОРИЗОНТАЛЬНЫМИ СВЯЗЯМИ НА НИЖНЕМ УРОВНЕ

Горелик В.А., Родюков А.В., Тараканов А.Ф.

(1 – ВЦ РАН, Москва, 2 – Борисоглебский

государственный педагогический институт)

vgor16@mail.ru, 2409555@mail.ru, aft777@rambler.ru

В работе предложена иерархическая модель трёх лиц с централизованным управлением в условиях неопределённости. Имеется координирующий Центр, управляющий деятельностью двух благожелательных к нему Исполнителей, обмен информацией между которыми не происходит (бескоалиционный вариант взаимодействия). Для используемой формы метода штрафных функций установлена теорема о согласовании штрафных параметров.

Ключевые слова: иерархическая система, неопределённость, метод штрафных функций.

Введение

В рамках информационной теории иерархических систем и теории активных систем был развит и стал общепринятым теоретико-игровой подход к анализу и синтезу иерархических систем управления [1]. В работе рассматривается модель иерархической структуры, состоящей из двух Исполнителей (результат легко может быть обобщен на случай конечного числа), подчиненных одному Центру. Здесь с точки зрения Центра рассматривается вариант модели, учитывающий горизонтальные связи между Исполнителями, наличие которых вносит специфику в описание принципов поведения Исполнителей. Анализ такой структуры сводится к последовательному изучению взаи-

модействия двух уровней иерархии, причём Исполнители придерживаются равновесной ситуации по Нэшу.

1. Постановка задачи

Игру зададим набором

$$\langle \{X_1, X_2, X_3, Y\}, f_1(x_1, x_2, x_3, y), f_2(x_1, x_2, x_3, y), f_3(x_1, x_2, x_3, y) \rangle,$$

в котором $x_i \in X_i \subset R^{n_i}$ – стратегия i -го игрока, $y \in Y$ – неопределённость, функция выигрыша i -го игрока задана скалярной функцией f_i , $X_i = \{x_i \in R^{n_i} \mid g_{ik}(x_i) \geq 0, k = \overline{1, k_i}\}$.

Цель каждого игрока – оценка выбранной им стратегии с точки зрения возможных потерь с помощью функций риска

$$F_i(x_1, x_2, x_3, y) = f_i(x_1, x_2, x_3, y) - \max_{z_i} f_i(z_1, z_2, z_3, y) \leq 0, \quad i = 1, 2, 3.$$

Центр задаёт значение x_1 , ему известны множества X_2 и X_3 стратегий Исполнителей и их функции риска. Центру и Исполнителям при выборе своих стратегий известно лишь множество Y значений неопределённого фактора, из-за чего они ориентируются на реализацию его наихудшего значения, то есть $\min_{y \in Y} F_i(x_1, x_2, x_3, y)$, $i = 1, 2, 3$.

Между Исполнителями равновесие по Нэшу определим равенствами

$$\min_{y \in Y} F_2(x_1, x_2^p(x_1), x_3^p(x_1), y) = \max_{x_2 \in X_2} \min_{y \in Y} F_2(x_1, x_2, x_3^p(x_1), y),$$

$$\min_{y \in Y} F_3(x_1, x_2^p(x_1), x_3^p(x_1), y) = \max_{x_3 \in X_3} \min_{y \in Y} F_3(x_1, x_2^p(x_1), x_3, y).$$

Множество таких равновесий $(x_2^p(x_1), x_3^p(x_1))$ при каждом x_1 образует отображение $R(x_1) \subset X_2 \times X_3$ (считаем его непустым). Предполагаем, что Исполнители заранее договариваются, какое именно равновесие из возможных они будут использовать.

При решении задачи оценки эффективности стратегии x_1 на множестве $R(x_1)$ непосредственными вычислениями нетрудно убедиться, что её приближённое сведение методом штрафных функций (см., например, [2]) к задаче на максимум невозможно из-за “взаимной увязки” переменных x_2, x_3 в равенствах, определяющих равновесие Нэша. Однако в [3] построен критерий, позволяющий получить равновесие Нэша. В нашем случае этот критерий имеет вид (считаем, что минимумы достигаются)

$$\Phi(x_1, x_2, x_3, z_2, z_3) = \min_{y \in Y} F_2(x_1, x_2, x_3, y) - \min_{y \in Y} F_2(x_1, z_2, x_3, y) + \\ + \min_{y \in Y} F_3(x_1, x_2, x_3, y) - \min_{y \in Y} F_3(x_1, x_2, z_3, y).$$

Обозначим $\Phi(x_1, x_2, x_3) = \min_{z_2 \in X_2, z_3 \in X_3} \Phi(x_1, x_2, x_3, z_2, z_3)$. По

теореме из [3] имеем равенство

$$\Phi(x_1, x_2^p(x_1), x_3^p(x_1)) = \max_{x_2 \in X_2, x_3 \in X_3} \Phi(x_1, x_2, x_3) = 0.$$

Таким образом,

$$R(x_1) = \{(x_2, x_3) \in X_2 \times X_3 \mid \max_{x_2 \in X_2, x_3 \in X_3} \Phi(x_1, x_2, x_3) = 0\}.$$

Благожелательность Исполнителей по отношению к Центру означает, что их ответы заключаются в выборе таких стратегий из $R(x_1)$, чтобы $\min_{y \in Y} F_1(x_1, x_2, x_3, y) \rightarrow \max_{(x_2, x_3) \in R(x_1)}$. В результате имеем максиминную задачу на связанных множествах $\max_{x_1 \in X_1} \max_{(x_2, x_3) \in R(x_1)} \min_{y \in Y} F_1(x_1, x_2, x_3, y)$.

2. Метод штрафов

Трёхэтапное применение метода штрафов (переход от задачи со связанными переменными к задаче с распадающимся переменными, учёт ограничений на стратегии, сведение максиминной задачи с ограничениями к семейству обычных задач на максимум) приводит к функции

$$\begin{aligned}
V(x_1, x_2, x_3, u, v, \lambda, \mu, \eta, \kappa) = & u - \kappa \int_Y [\min(0, F_1(x_1, x_2, x_3, y) - u)]^2 dy + \\
& + \mu \left[v - \lambda \int_{X_2 \times X_3} [\min(0, \Phi(x_1, x_2, x_3, z_2, z_3) - v)]^2 d(z_2, z_3) \right] - \\
& - \eta [h_1(x_1) + h_2(x_2) + h_3(x_3)], \quad h_i(x_i) = \sum_{k=1}^{k_i} (\min[0, g_{ik}(x_i)])^2, \quad i = 1, 2, 3,
\end{aligned}$$

где $\lambda, \mu, \eta, \kappa > 0$ – параметры штрафа, v, u – числовые параметры из достаточно большого отрезка числовой прямой, и задаче

$$U(\lambda, \mu, \eta, \kappa) = \max_{\substack{x_i \in R^{\eta_i} \\ i=1,2,3 \\ v, u}} V(x_1, x_2, x_3, v, u, \lambda, \mu, \eta, \kappa).$$

Теорема. При вполне естественных предположениях на параметры задачи и выполнения для функций g_{ik} и Φ условий регулярности вида [4] для любых $\lambda, \mu, \eta, \kappa > 0$ имеет место равенство

$$\lim_{\substack{\lambda, \mu, \eta, \kappa \rightarrow \infty \\ \frac{\eta}{(\lambda\mu)^2} \rightarrow \infty}} U(\lambda, \mu, \eta, \kappa) = \max_{x_1 \in X_1} \max_{(x_2, x_3) \in R(x_1)} \min_{y \in Y} F_1(x_1, x_2, x_3, y).$$

Литература

1. ГОРЕЛИК В.А., ГОРЕЛОВ М.А., КОНОНЕНКО А.Ф. *Анализ конфликтных ситуаций в системах управления*. М.: Радио и связь, 1991. – 288 с.
2. ГОРЕЛИК В.А. Приближенное нахождение максимина с ограничениями, связывающими переменные // ЖВМиМФ. 1972. № 2. С. 510 – 517.
3. НИКАЙДО Х., ИСОДА К. Заметка о бескоалиционных выпуклых играх // Бесконечные антагонистические игры / Под. ред. Н.Н. Воробьева. М.: Физматгиз, 1963. С. 449 – 458.
4. ФЕДОРОВ В.В. Численные методы максимина. М.: Наука, 1979. – 280 с.

АГРЕГИРОВАНИЕ МОДЕЛИ ГЕРМЕЙЕРА-ВАТЕЛЯ

Горелов М.А.
(ВЦ РАН, Москва)
griefer@ccas.ru

Предлагается простая и легко интерпретируемая процедура агрегирования модели Гермейера–Вателя с многомерными множествами управлений. При этом сохраняется структура модели, а ситуации сильного равновесия в исходной и агрегированной модели находятся в естественном соответствии.

Ключевые слова: агрегирование, сильные равновесия, иерархические игры

Введение

Модели Гермейера–Вателя, впервые появившиеся в [2], имеют большое мировоззренческое значение, поскольку демонстрируют возможность существования эффективных и устойчивых решений «в условиях глобализации». Поэтому не удивительно, что в последнее время интерес к ним возрастает (см., например, [3]).

В данной работе показывается, как модель указанного типа с многомерными множествами управлений может быть агрегирована в аналогичную модель с одномерными управлениями.

На содержательном уровне используемые конструкции могут быть описаны следующим образом. Модель Гермейера–Вателя характеризуется тем, что каждый из игроков имеет два вспомогательных критерия: личный, зависящий только от его управлений, и коллективный, зависящий от всех управлений, но общий для всех игроков. Рассмотрим следующую процедуру принятия решений. Сначала каждый из игроков фиксирует минимальное приемлемое для него значение своего личного

критерия, а затем управления всех игроков автоматически выбираются из условия максимума общего критерия при соблюдении заданных таким образом ограничений. В результате получается новая, более простая игра. Естественно ожидать, что оптимальные решения в этих двух играх тесно взаимосвязаны, что и установлено ниже.

1. Модель Гермейера–Вателя

Пусть $N=\{1,...,n\}$ – множество игроков, $U^i = \{u^i \in \mathbf{R}^{L^i} : 0 \leq u_l^i \leq a_l^i, l=1,...,L^i\}$ – множество управлений i -го игрока, функции $f^i: U^i \rightarrow \mathbf{R}$, $i=1,...,n$, непрерывны и строго возрастают по каждому аргументу, а функция $F: U \rightarrow \mathbf{R}$ непрерывна и строго возрастает по каждому аргументу. Пусть, кроме того, $F(0) \geq 0$, а $f^i(0)=0$ для всех $i=1,...,n$. Определим функцию выигрыша i -го игрока условием

$$g^i(u^1, ..., u^n) = \min\{F(u^1, ..., u^n), f^i(a^i - u^i)\} \quad (i=1, ..., n)$$

(здесь принято обозначение $a^i = (a_1^i, ..., a_{L^i}^i)$).

Игру $\Gamma = \langle N, U^1, ..., U^n, g^1, ..., g^n \rangle$ будем называть игрой Гермейера–Вателя.

Этот довольно узкий и весьма специфический класс игр представляет весьма значительный интерес благодаря богатству содержательных интерпретаций [3,4]. Принципиально важным является следующий факт, установленный в [1]: в игре Гермейера–Вателя существует единственная ситуация сильного равновесия.

2. Основные результаты

Пусть функции F и f^i удовлетворяют всем условиям, сформулированным выше. Положим $U^i = [0, f^i(a^i)]$. Определим функцию $F: \prod_{i=1}^n U^i \rightarrow \mathbf{R}$ условием

$$F(v^1, ..., v^n) = \max F(u^1, ..., u^n),$$

где максимум берется по всем $(u^1, \dots, u^n)$, удовлетворяющим равенствам $f^i(a^i - u^i) = f^i(a^i) - v^i$ ($i=1, \dots, n$).

Наряду с игрой $\Gamma = \langle N, U^1, \dots, U^n, g^1, \dots, g^n \rangle$ рассмотрим агрегированную игру $\Gamma = \langle N, U^1, \dots, U^n, g^1, \dots, g^n \rangle$.

Лемма 1. Функция F строго монотонно возрастает по каждому из своих аргументов, непрерывна и $F(0) \geq 0$, то есть игра тоже является игрой Гермейера–Вателя.

Лемма 2. Пусть $v_* = (v_*^1, \dots, v_*^n)$ – ситуация сильного равновесия в игре Γ , а ситуация $u = (u^1, \dots, u^n)$ определяется равенством $F(u_*) = \max_{u \in \prod_{i=1}^n U^i} F(u)$, где максимум берется по всем $u \in \prod_{i=1}^n U^i$, удовлетворяющим условиям $f^i(a^i - u^i) = f^i(a^i) - v_*^i$, $i=1, \dots, n$. Тогда u_* – ситуация сильного равновесия в игре Γ .

Лемма 3. Пусть $u_* = (u_*^1, \dots, u_*^n)$ – ситуация сильного равновесия в игре Γ . Тогда в точке u_* достигается максимум функции $F(u)$ при ограничениях $f^i(a^i - u^i) = f^i(a^i - u_*^i)$, $i=1, \dots, n$.

Лемма 4 [2]. Для того, чтобы ситуация $u = (u^1, \dots, u^n)$ была ситуацией равновесия по Нэшу в игре Гермейера–Вателя необходимо, чтобы существовало разбиение множества игроков $N = T \cup S$ ($T \cap S = \emptyset$) для которого выполняются условия

- (α) $f^i(a^i - u^i) = F(u)$ для всех $i \in T$;
- (β) $u^i = 0$, $f^i(a^i) < F(u)$ для всех $i \in S$.

Лемма 5. Пусть $u_* = (u_*^1, \dots, u_*^n)$ – ситуация сильного равновесия в игре Γ . Тогда ситуация

$$v_* = (v_*^1, \dots, v_*^n) = (f^1(a^1) - f^1(a^1 - u_*^1), \dots, f^n(a^n) - f^n(a^n - u_*^n))$$

будет ситуацией сильного равновесия в игре Γ .

Эти утверждения доказываются немного кропотливыми, но простыми техническими рассуждениями.

3. Заключение

Простота и естественность предлагаемых конструкций позволяет надеяться, что они будут иметь более широкую область применимости, чем рассмотренный класс игр. Они могут быть полезны как при качественном исследовании конкретных прикладных моделей, так и при численном поиске оптимальных решений.

Приведенные выше результаты позволяют получить и новое доказательство основной теоремы Гермейера–Вателя. В самом деле, одномерная игра Гермейера–Вателя является квазивыпуклой, а потому существование равновесия следует из стандартной теоремы (многомерная игра квазивыпуклой не является). А тогда из полученных выше результатов вытекает существование равновесия и в многомерной игре.

Литература

1. ВАТЕЛЬ И.А. *Ядро в игре многих лиц с личными и общественными критериями* // Автоматика и телемеханика. 1980. № 1. С. 91–96.
2. ГЕРМЕЙЕР Ю.Б. ВАТЕЛЬ И.А. *Игры с иерархическим вектором интересов* // Изв. АН СССР. Техн. Кибернетика. 1974. № 3. с. 54–69.
3. КОНОНЕНКО А.Ф., ШЕВЧЕНКО В.В. *Теоретико-игровые модели механизмов реализации Киотского протокола* / Сборник трудов Четвертой Международной конференции по проблемам управления. М.: ИПУ. 2008. ISBN-978-5-91450-026-6.
4. МОИСЕЕВ Н.Н., АЛЕКСАНДРОВ В.В., ТАРКО А.М. *Человек и биосфера*. М.: Наука. 1985. – 271 С.

ПОДХОД К ИМИТАЦИОННОМУ МОДЕЛИРОВАНИЮ ИНФОРМАЦИОННОГО ВЛИЯНИЯ В СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЯХ - SIM

Губанов Д.А.
(ИПУ РАН, Москва)
DimaGubanov@mail.ru

В настоящей работе предложена концепция системы имитационного моделирования информационного влияния в социальных сетях. Система обеспечивает представление структуры социальной сети и позволяет воспроизвести моделируемые процессы.

Ключевые слова: социальные сети, информационное влияние, имитационное моделирование.

Введение

Для решения задачи имитационного моделирования информационного влияния в социальных сетях и обеспечения удобной работы пользователя нами предложена и разработана система имитационного моделирования. Такая система обеспечивает: а) представление структуры социальной сети; б) воспроизведение моделируемых процессов для их анализа, интерпретации и оценки; в) обоснование и подтверждение правильности разработанных ранее математических моделей, в частности [8,9].

Изложение имеет следующую структуру. В первом разделе приведено описание разработанной модели данных, необходимой для имитационного моделирования (модель социальной сети и соотнесенных с ней социально-сетевых сервисов), и ее различных представлений. Во втором – подсистема сбора информации, в третьем – подсистема запросов к хранимым данным, в четвертом – подсистема интерактивной визуализации

данных, в пятом – подсистема моделирования информационного влияния.

1. Модель данных

Для достаточно полного и целостного представления социальной сети, необходимого для имитационного моделирования, система включает следующие онтологии [2]: базовая онтология социальной сети и онтология социально-сетевых сервисов. Базовая онтология социальной сети содержит описывающие социальную сеть и деятельность пользователей сети классы понятий с заданными на них семантическими отношениями: *Агент*, *Доверие*, *Социальная сеть* и другие. Онтология социально-сетевых сервисов содержит понятия и отношения, используемые для описания конкретных социально-сетевых сервисов. Такая онтология позволяет обеспечить автоматическое извлечение данных из социально-сетевых сервисов.

Использование набора онтологий в качестве основы делает систему легко расширяемой и настраиваемой - в нее могут интегрироваться как новые понятия и отношения, так и новые типы социально-сетевых сервисов.

Представления базовой онтологии социальной сети

Для удобства анализа и использования библиотек от сторонних производителей разработаны следующие виды представлений вышеописанной базовой онтологии, скрывающих фактическое представление данных в памяти.

В виде графа. Такое представление поддерживает работу с вершинами и ребрами графа, обеспечивает обход ребер и вершин, предоставляет свойства графа (например, информацию о смежности вершин и ребер).

В виде матрицы. Представление поддерживает работу с матрицами и векторами, выполнение матричных операций (например, перемножение матриц или нахождение кратчайших путей между вершинами в графе).

2. Сбор информации

Онлайновая социальная сеть в Web состоит из взаимосвязанных персональных страниц пользователей. Для обхода такой социальной сети и сбора требуемой информации разработан поисковый робот. Необходимость разработки такого робота обусловлена: а) закрытостью данных в социальных сетях; б) невозможностью развития роботов сторонних разработчиков в требуемых направлениях, возникающих по мере проведения исследований.

Для обхода социальной сети пользователем задается начальное множество ссылок. Робот по ссылке из множества полностью скачивает соответствующую страницу. Далее на основе описания данного социально-сетевого сервиса из онтологии описаний (ключевые слова в html-тэгах страницы, расположение ключевых слов во фрагментах текста) текстовое содержимое страницы анализируется, и из нее извлекаются требуемые объекты и связи (например, пользователи и их активность, рейтинг, контакты и ссылки на контакты), соответствующие понятиям и отношениям базовой онтологии. Извлеченная информация сохраняется в хранилище. Затем из множества ссылок удаляется обработанная ссылка и в него добавляются ссылки на контакты, извлеченные из содержимого страницы. Робот по ссылке из множества закачивает страницу и продолжает свою работу пока множество ссылок не пусто.

Если же социально-сетевой сервис поддерживает открытые стандарты данных, то для сбора первичной информации система может использовать Google Social Graph API [1]. Такой API (программный интерфейс) позволяет получить сведения о социальных связях между пользователями.

Коммуникация с сервером Google. Для этого формируется запрос в соответствующем формате, передается на сервер Google, который индексирует онлайновые социальные сети, поддерживающие открытые стандарты данных. Сервер обрабатывает запрос и выдает роботу результат в формате JSON [4].

Для обработки таких данных использована соответствующая свободно распространяемая библиотека, доступная по адресу <http://www.json.org/java>.

Другие методы сбора информации.

Поддерживаются и другие методы сбора информации:

- Можно воспользоваться информацией о топологии социальных сетей, поставляемой сторонними источниками в файлах формата GraphML[5] или форматах сериализации RDF [6] (N3, Turtle, RDF/XML). При таком подходе необходимо доопределить другие параметры модели социальной сети.

- Генераторы. В условиях отсутствия остальных источников данных можно генерировать данные на основе заданных параметров (см. модели Барабаши и другие моделей).

- Пользователь системы может сам интерактивно ввести данные социальной сети

3. Запросы к хранимым данным

Поскольку социальная сеть представляет собой граф, то для анализа социальной сети нужен специальный декларативный язык запросов, который бы: а) позволял аналитикам выполнять семантический поиск и проводить многошаговый (итеративный) анализ на больших графах; б) легко интегрировать функции анализа графов в себя; в) использовал онтологии для обогащения запросов. Таким требованиям удовлетворяет модифицированный декларативный язык запросов SPARQL [7], на котором можно задавать запросы на декларативном языке к хранимым данным, например, искать всех пользователей в социальной сети, связанных прямо или косвенно с данным пользователем и т.п. Ключевые элементы такого языка: поддержка работы с путями в графе; поиск с использованием групповых символов; функции агрегирования (сумма, среднее, минимум, максимум); функции агрегирования множеств (объединение, пересечение, дополнение); поддержка пользовательских функций.. Для работы с онтологиями использовались функции библиотеки JENA [3].

4. Интерактивная визуализация данных

Данной подсистемой предоставляется возможность визуализации социальной сети и интерактивного исследования данных модели. Данные для визуализации предоставляются модулем представления в виде графа (см. выше). Подсистема интерактивной визуализации включается в себя два модуля: модуль компоновки и модуль рендеринга (отрисовки).

Модуль компоновки определяет при помощи известных алгоритмов (например, Spring) расположение вершин и ребер в области вывода на экран для последующего рендеринга.

Модуль рендеринга сначала преобразует ранее рассчитанные координаты в координаты канвы (с учетом текущего масштаба и других видов трансформации) и определяет изображение (как отрисовываются элементы: цвет, метка, форма вершины, примитивы изображений и т.п.), затем выполняет операции отрисовки с помощью функций Java2D.

Необходимо отметить, что пользователь может задавать параметры визуализации (например, способ компоновки и отрисовки) и в последующем интерактивно взаимодействовать с графом.

5. Интерактивная визуализация данных

Исходные предпосылки

Как следует из работ [8,9] в социальной сети агенты влияют друг на друга, а степень этого влияния определяется их репутацией. У каждого агента в начальный момент времени имеется мнение по некоторому вопросу. Мнение всех агентов сети отражает вектор-столбец неотрицательных начальных мнений. 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. При многократном обмене мнениями мнения агентов сходятся к результирующему (итоговому) вектору мнений.

Вектор результирующих мнений членов социальной сети в рассматриваемой модели однозначно определяется вектором их начальных мнений и матрицей влияния/доверия. Этот факт позволяет ставить и решать задачи информационного управления – поиска таких целенаправленных воздействий на начальные мнения агентов, которые приводили бы к требуемым итоговым мнениям.

Подсистема моделирования

Подсистема моделирования состоит из трех модулей: модуля информационного влияния, модуля информационного управления и модуля статистик.

Модуль информационного влияния рассчитывает результирующее влияние агентов в сети, определяет тип агента (агент-спутник или агент группы) и рассчитывает его влияние.

Модуль информационного управления решает с помощью методов линейного программирования задачу управления, т.е. находит для заданной целевой функции центра максимизирующий ее вектор управлений (вектор воздействий на начальные мнения агента).

Модуль статистик рассчитывает статистики касательно: а) топологии сети (например, диаметр и плотность сети); б) модели влияния (например, среднее и дисперсия мнений).

Модули взаимодействуют с подсистемой интерактивной визуализации данных для вывода результатов своей работы.

Заключение

В работе предложен подход к имитационному моделированию информационного влияния в социальных сетях (предложена концепция информационной системы имитационного моделирования). Кратко описана разработанная авторами модель данных социальной сети и ее представления, подсистема сбора информации для такой модели, представлена подсистема расчета информационного влияния и управления для воспроизведения моделируемых процессов, и, наконец, приведено описание

подсистемы запросов и подсистемы интерактивной визуализации данных для поддержки работы пользователя-аналитика. Ближайшими целями авторов является обоснование и подтверждение правильности разработанных ранее математических моделей.

Литература

1. GOOGLE (2009) *API Google Social Graph*. <http://code.google.com/intl/ru-RU/apis/socialgraph/>.
2. GRUBER T. R. *A translation approach to portable ontologies* // Knowledge Acquisition, 1993, V. 5(2), P.199-220.
3. HEWLETT-PACKARD (2009) *Jena – A Semantic Web Framework for Java*. <http://jena.sourceforge.net/>
4. *Introducing JSON*. <http://www.json.org>
5. *The GraphML File Format*. <http://graphml.graphdrawing.org/>
6. W3C (2008) *Resource Description Framework (RDF)*. www.w3.org/RDF/
7. W3C (2008) *SPARQL Query Language for RDF*. <http://www.w3.org/TR/rdf-sparql-query/>
8. ГУБАНОВ Д.А., НОВИКОВ Д.А., ЧХАРТИШВИЛИ А.Г. *Модели информационного влияния и информационного управления в социальных сетях* // Проблемы управления. №5. 2009. С. 28-35.
9. ГУБАНОВ Д.А., НОВИКОВ Д.А., ЧХАРТИШВИЛИ А.Г. *Модели репутации и информационного управления в социальных сетях* // Математическая теория игр и ее приложения. 2009. № 3.

ОБ ОДНОЙ МОДЕЛИ ИНФОРМАЦИОННОГО ВЛИЯНИЯ В СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЯХ

Губанов Д.А., Чхартишвили А.Г.
(ИПУ РАН, Москва)

DimaGubanov@mail.ru, sandro_ch@mail.ru

В работе рассматривается модель формирования и динамики мнений в социальной сети на основе марковской цепи. Модель учитывает как непосредственное, так и опосредованное (косвенное) влияние участников сети друг на друга и позволяет определить результирующее влияние при стабилизации мнений за достаточно продолжительное время.

Ключевые слова: социальные сети, динамика мнений, информационное влияние.

Введение

Социальная сеть – это граф, вершинами которого являются индивидуумы, а ребрами – различные отношения между ними. Из социальной психологии (см., напр., [2]) известно, что мнение индивидуума в социальной сети в значительной мере определяется мнением влиятельных для него соседей. В настоящей работе изучается формирование и динамика мнений в социальной сети, моделируемое при помощи цепей Маркова: динамика влияний описывается марковским процессом, а мнения рассчитываются при помощи графа влияний.

1. Прямое и косвенное информационное влияние

Будем описывать агентов, входящих в социальную сеть, множеством $N = \{1, 2, \dots, n\}$. Агенты в сети влияют друг на друга, и степень влияния задается *матрицей прямого влияния* t

размерности $n \times n$, где $t_{ij} \geq 0$ (от английского «trust») обозначает степень доверия i -го агента j -му агенту. Здесь и далее мы будем говорить как о влиянии, так и о доверии, и считать, что эти два понятия являются противоположными в следующем смысле: выражение «степень доверия i -го агента j -му равна t_{ij} » тождественно по смыслу выражению «степень влияния j -го агента на i -го равна t_{ij} ».

Доверие в социальной сети можно наглядно изображать в виде стрелок с весами, соединяющих вершины. Например, стрелка от i -го агента к j -му с весом t_{ij} означает соответствующую степень доверия.

Будем считать выполненным условие нормировки: $\forall i \in N$
 $\sum_{j=1}^n t_{ij} = 1$, т.е. предположим, что «суммарное доверие» агента равно единице. Это условие означает, что матрица T является стохастической [3]. Отметим, что агент может доверять и самому себе, чему соответствует $t_{ii} > 0$.

Если i -й агент доверяет j -му, а j -й доверяет k -му, то это означает следующее: k -й агент косвенно влияет на i -го (хотя i -й может даже не знать о его существовании). Это соображение побуждает к поиску ответа на вопрос о том, кто в итоге формирует мнение в социальной сети.

2. Формирование и динамика мнений

Пусть у каждого агента в некий начальный момент времени имеется мнение по некоторому вопросу, мнение i -го агента отражает вещественное число b_i . Мнение всех агентов сети отражает вектор-столбец мнений b (от английского «belief») размерности n .

Агенты в социальной сети взаимодействуют, обмениваясь мнениями. Этот обмен приводит к тому, что мнение каждого агента меняется в соответствии с мнениями агентов, которым данный агент доверяет. Будем считать это изменение линейным, т.е. мнение агента в следующий момент времени является взве-

шенной суммой мнений агентов, которым он доверяет (весами являются степени доверия t_{ij}): $b_i^{(k)} = \sum_j t_{ij} b_i^{(k-1)}$, где индекс k

означает момент времени.

Нетрудно убедиться, что в векторной записи первое измененное мнение агентов равно произведению матрицы непосредственного доверия на вектор начальных мнений: $b^{(1)} = tb$. Если обмен мнениями продолжается и далее, то вектор мнений агентов становится равным $b^{(2)} = t^2 b$, $b^{(3)} = t^3 b$ и т.д. Если взаимодействие агентов продолжается достаточно долго, то их мнения стабилизируются – сходятся к результирующему мнению $B = \lim_{n \rightarrow \infty} b^{(n)}$ (об условии существования предела см. ниже).

Будем называть *матрицей результирующего влияния* предел $T = \lim_{n \rightarrow \infty} t^n$ (об условии существования предела см. ниже).

Тогда можно записать соотношение $B = Tb$, где b – вектор начальных мнений, T – матрица результирующего влияния, B – вектор итоговых мнений.

3. Структура результирующих влияний

Назовем *сообществом* множество агентов, которые не подвергаются влиянию агентов вне него. Назовем *группой* сообщество агентов, которые взаимодействуют таким образом, что каждый агент влияет или подвергается влиянию каждого другого агента группы прямым или косвенным образом. Назовем *спутником* агента, подвергающегося влиянию агентов тех или иных групп, однако не оказывающего влияния ни на одну из них (ни на одного из агентов ни одной из групп). Это агент, не входящий ни в одну из групп.

Для описания структуры результирующих влияний применим известные результаты, полученные при исследовании конечных цепей Маркова (см., напр., [3, гл. VIII]). Для этого установим соответствие между введенными выше понятиями и понятиями теории марковских цепей следующим образом:

агент – состояние марковской цепи,
степень доверия – вероятность перехода из одного состояния в другое,
матрица прямых доверий – матрица переходных вероятностей,
косвенное доверие – достижимость,
группа – неразложимый класс существенных состояний,
спутник – несущественное состояние.

Будем считать выполненным следующее условие 1: в каждой группе существует хотя бы один агент $i \in N$, для которого $t_{ii} > 0$. Иными словами, в каждой группе хотя бы один агент хоть сколько-нибудь доверяет своему мнению.

При выполнении условия 1 структура результирующих влияний в социальной сети выглядит следующим образом [1]. Имеется некоторое количество групп, в каждой из которых итоговые мнения агентов совпадают. Остальные агенты являются спутниками, их итоговые мнения полностью определяются мнением одной или нескольких групп.

Литература

1. ГУБАНОВ Д.А., НОВИКОВ Д.А., ЧХАРТИШВИЛИ А.Г. *Модели информационного влияния и информационного управления в социальных сетях* // Проблемы управления. №5. 2009. С. 28-35.
2. МАЙЕРС Д. *Социальная психология*. СПб.: Питер, 2007. – 794 с.
3. ШИРЯЕВ А.Н. *Вероятность*. В 2-х кн. М.: МЦНМО, 2004. – 928 с.

О ПРОВЕДЕНИИ ИНТЕРНЕТ-ОПРОСОВ ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ АКТИВНЫХ СИСТЕМ

Губко М.В., Мишин С.П., Новиков Д.А., Новиков К.В.
(ИПУ РАН, Москва)
mgoubko@mail.ru

Описываются два недавно завершённых Интернет-опроса – организация и технические детали. Сравнивается эффективность альтернативных подходов, приводятся рекомендации.

Ключевые слова: Интернет-опрос, организационное управление, теория стимулирования, организационные иерархии.

1. Цели и состав опросов

В теории активных систем (ТАС) разрабатываются математические модели управления организационными системами. Как любые математические модели реальных объектов, модели ТАС нуждаются в верификации и идентификации. Работа по эмпирической проверке результатов математического моделирования необходима для применения результатов ТАС на практике.

В сентябре 2009 года сотрудники лаборатории 57 ИПУ РАН завершили два Интернет-опроса – «Менеджеры России» (МР) и «Труд и заработная плата» (ТиЗП).

Опрос МР проводился в рамках программы исследования организационных структур [2, 3]. Он предусматривал получение статистики о иерархии управления организацией, об условиях работы и оплате труда управленческих кадров. Эти данные будут использоваться при разработке эмпирически обоснованных моделей управленческой работы и стимулирования в многоуровневых иерархиях управления. Помимо стандартных данных (возраст, пол, образование, регион) ряд вопросов касался места работы респондента (отрасль, размер организации, и т.п.) и его места в оргструктуре. Два ключевых вопроса касались

сумм оклада и премий – основных объясняемых переменных. Остальные вопросы выявляли специфику управленческой деятельности (распределение времени по видам работы и т.п.).

Опрос ТиЗП являлся продолжением исследования [1] в рамках теории стимулирования в организационных системах [4]. В его задачи входила идентификация индивидуального отношения к труду (дилемма «зарплата/свободное время») и его оплате для учета этой информации при разработке механизмов стимулирования. Вводные вопросы выясняли стандартные данные и суммы доходов. Основная часть анкеты состояла в заполнении двух таблиц. Первая была ответом на вопрос о минимальной величине месячной заработной платы, при которой респондент согласен работать не меньше заданного количества часов в день. Во второй таблице предлагалось, наоборот, выбрать количество часов в день, которые респондент согласен работать в зависимости от ставки почасовой оплаты.

В последние десятилетия подобных опросов в нашей стране почти не проводилось (за исключением, пожалуй, [5]). Обработка анкет еще находится в процессе; тем не менее, уже сейчас хотелось бы поделиться опытом проведения опросов и порекомендовать наиболее эффективные с нашей точки зрения подходы.

2. Организация опросов

Оба опроса в чем-то похожи. В них задаются довольно личные вопросы о доходах, что предполагает анонимность и добровольность опроса. Вопросы обоих анкет довольно сложны. Это также ограничивает способы анкетирования. Аудитория опроса МР – руководители (сотрудники, имеющие подчиненных), что требует фильтрации потенциальных респондентов.

С учетом этих и других соображений было решено проводить оба опроса в форме анонимного анкетирования через формы на Интернет сайте молодых ученых ИПУ РАН (URL анкеты МР – new.mtas.ru/form/18, ТиЗП – new.mtas.ru/form/21). Сайт работает на системе управления контентом «1С: Битрикс».

Встроенный в Битрикс механизм проведения опросов был доработан для удовлетворения всех требований. Были разработаны новые элементы управления, обеспечена поддержка многостраничных анкет с условными переходами, полностью переработаны механизмы контроля правильности ввода, добавлена возможность ограничения времени заполнения анкеты. Разработанная программная среда может использоваться для создания сложных Интернет-форм анкет практически любых опросов.

Для повышения результативности анкетирования состав и формулировки вопросов многократно обсуждались на открытых семинарах, а в анкете вопросы снабжались развернутыми всплывающими подсказками. Мотивация респондентов повышалась объяснением причин включения каждого вопроса в анкету. Заполнение анкеты не должно было требовать более десяти минут. Конечно, более правильным был бы сбор информации не об отдельных лицах, а об организациях и всех их штатных позициях, однако в современных условиях это пока почти нереально, как и отслеживание персональной динамики.

Первоначально адреса респондентов предполагалось брать из баз данных выпускников и студентов учебных заведений; более перспективными (для опроса МР) представлялись бизнес-школы и учреждения дополнительного профессионального образования. Однако в реальности пришлось использовать и организованное заполнение анкет студентами, и рассылку по клиентам наших партнеров – ВУЗов, предприятий, организаций, консалтинговых фирм и др. Большинство партнеров сотрудничали с нами в обмен на полную итоговую базу заполненных анкет, и мы очень благодарны всем, кто помогал нам в проведении опросов.

3. Результаты

Сбор анкет продолжался с конца осени 2008 по сентябрь 2009 года. За это время было собрано более 8500 анкет по опросу МР (из них не менее 8100 полностью заполненных) и более

6300 анкет по опросу ТиЗП. Анализ показал отсутствие существенных отличий в статистических характеристиках данных, собранных из разных источников, что позволяет рассматривать всю совокупность как единую выборку.

Процент отклика составил 14-20% для опроса МР, 5-8% для ТиЗП. Различие объясняется большей сложностью анкеты ТиЗП и большим интересом менеджеров к науке управления. Результативность максимальна при рассылке с кратко сформулированной просьбой о помощи в проведении научного исследования и гиперссылкой на анкету (только одну для одного респондента). Наиболее удачный день для рассылки – вторник. Хотя большая часть откликов приходится на первые дни, есть и отклики с лагом в пару месяцев.

Результаты завершенных опросов говорят о том, что современные технологии позволяют эффективно проводить масштабные статистические исследования. Результаты обработки полученных данных будут в ближайшие месяцы опубликованы на сайте new.mtas.ru.

Литература

1. БАРКАЛОВ С.А., НОВИКОВ Д.А., ПОПОВ С.С. *Индивидуальные стратегии предложения труда: теория и практика*. М.: ИПУ РАН, 2002.
2. ГУБКО М.В. *Математические модели оптимизации иерархических структур*. – М.: ЛЕНАНД, 2006.
3. МИШИН С.П. *Оптимальные иерархии управления в экономических системах*. – М.: ПМСОФТ, 2004.
4. НОВИКОВ Д.А. *Стимулирование в социально-экономических системах (математические модели)*. – М.: ИПУ РАН, 1998.
5. РОЦИН С.Ю., СОЛНЦЕВ С.А. *Рынок труда топ-менеджеров в России*. М.: Изд. дом ГУ ВШЭ, 2006.

НАХОЖДЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ ИЕРАРХИИ РОУТЕРОВ ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ МОБИЛЬНЫХ ПОЛЗОВАТЕЛЕЙ ИНТЕРНЕТ

Гусев А.А.

(ИПУ РАН, Москва)

aleksey_gusev@inbox.ru

Интернет протокол с подчиненной структурой роутеров - расширение стандартного мобильного протокола IP сетей, допускающий использование иерархию промежуточных роутеров в стандартном протоколе Mobile IP для локализации потоков передвижения мобильных пользователей. В работе приведены основы работы протокола, а также теоретическое обоснование иерархического строения структуры роутеров. Для уменьшения суммарной стоимости системы поддержки мобильности пользователей можно сформулировать задачу нахождения оптимальной иерархии. В работе показаны способы применения методы нахождения оптимальных иерархий для решения задачи оптимальной структуры промежуточных роутеров.

Ключевые слова: оптимальная иерархия, мобильный интернет протокол, поддержка мобильности пользователей.

Введение

В беспроводных или мобильных сетях доступа к Интернету пользователь может свободно перемещаться в пространстве между различными подсетями подключения к Интернету. В связи с этим в 1996 был разработан протокол Mobile IP, дающий два основных преимущества. Во-первых, исчезает необходимость резервировать глобально уникальный IP адрес, а во-вторых, пользователь не должен прерывать сеанс работы в сети каждый раз при смене точки подключения [2,4].

В 2005 году IETF [3] было предложено иерархическое расширение Mobile IP, призванное уменьшить нагрузку сети, связанную с поддержкой мобильности, путем локализации зон обслуживания с помощью построения *иерархии промежуточных роутеров*. Роутеры более низкого уровня отвечают за передвижение хостов на меньших участках, а роутеры высшего уровня контролируют перемещение между большими участками.

В работе показывается, что для уменьшения стоимости системы промежуточных роутеров можно применить модели и методы нахождения промежуточных иерархий, приводятся точные и эвристические алгоритмы нахождения оптимального дерева, и приводятся оценки сложности и погрешности этих алгоритмов.

Основы иерархического протокола

В основе протокола [2] лежит уникальный адрес, который жестко привязан к конкретному компьютеру. Для объяснения основ протокола рассмотрим конкретного пользователя и его *домашний адрес* (НА) - IP адрес хоста в *домашней сети*, в которой изначально зарегистрирован пользователь. При переходе в *гостевую сеть* из домашней сети пользователь получает *временный адрес* (CoA) и регистрирует связь **домашний адрес/временный адрес (НА/CoA)** в *регистре* (специальной таблице) у своего *домашнего агента* – роутера, отвечающего за поддержку мобильности хостов, вышедших из домашней сети. Корреспондирующие хосты могут посылать данные только на домашний адрес хоста, т.к. не знают, где в данный момент находится пользователь, чтобы послать сообщение в его текущую подсеть. Все пакеты, приходящие на домашний адрес хоста перехватываются его НА, который пересылает их на текущий временный адрес агента. Все пакеты, которые уходят от мобильного хоста, в поле адреса отправителя имеют домашний адрес хоста.

В гостевой сети для гибкой поддержки мобильности организована иерархия роутеров [3], на вершине которой находится

The diagram illustrates a mobile network architecture with the following components and flows:

- Legend:**
 - ПАКЕТЫ ДАННЫХ (Data Packets):** Represented by a solid line with a black arrowhead.
 - РЕГИСТРАЦИОННЫЕ СООБЩЕНИЯ (Registration Messages):** Represented by a dashed line with a black arrowhead.
- Network Elements:**
 - HA (Home Agent):** Located at the top center.
 - GFA (Gateway Foreign Agent):** Located below HA.
 - FA₁ and FA₂ (Foreign Agents):** Located below GFA.
 - AR₁, AR₂, AR₃ (Access Routers):** Located below the FAs.
 - Mobile Devices:** Represented by mobile phone icons connected to the ARs.
- Data Flow (Solid Arrows):**
 - F_{in}:** Incoming data flow from the left into AR₁.
 - F_{int}:** Internal data flow from AR₁ to AR₂.
 - F_{out}:** Outgoing data flow from AR₂ to the right.
 - HA sends data to GFA.
 - GFA sends data to FA₁ and FA₂.
 - FA₁ sends data to AR₁ and AR₂.
 - FA₂ sends data to AR₃ and AR₄.
- Registration Flow (Dashed Arrows):**
 - Mobile devices send registration messages to their respective ARs.
 - AR₁ sends registration messages to FA₁.
 - AR₂ sends registration messages to FA₁.
 - AR₃ sends registration messages to FA₂.
 - AR₄ sends registration messages to FA₂.
 - FA₁ and FA₂ send registration messages to GFA.
 - GFA sends registration messages to HA.

Нахождение оптимальной иерархии

101

ально зависит от нагрузки на него, которая, в свою очередь, прямо зависит от произведения входящего, исходящего и внутреннего потока мобильных пользователей в зоне действия роутера, и общего количества обслуживаемых хостов в зоне действия роутера [5]. Таким образом, задача сводится к нахождению оптимальной схемы подчинения роутеров доступа промежуточным роутерам, т.е. к задаче нахождения оптимальной иерархии (дерева).

В [1] показано, что точный переборный алгоритм решения такой задачи имеет экспоненциальную сложность, и не пригоден для решения задачи с количеством AR больше 21. Поэтому был разработан эвристический алгоритм, который основан на том, что на каждой итерации рассматривается только один промежуточный роутер (FA), для которого оцениваются все варианты подчинения ему конечных роутеров доступа (AR) или других FA, определенных на предыдущих итерациях алгоритма. Данный алгоритм имеет полиномиальную сложность и имеет относительную погрешность около 7 %.

Литература

1. ВОРОНИН А.А., МИШИН С.П. *Оптимальные иерархические структуры*. М.:ИПУ РАН, 2003. – 214 с.
2. JYH-CHENG CHEN AND TAO ZHANG, *IP-Based Next-Generation Wireless Network*. John Wiley & Sons, 2004. – 438 p.
3. PERKINS C. *IP Mobility Support for IPv4*. IETF RFC 3344. August 1996.
4. PERKINS C. *Mobile IPv4 with regional registration*. IETF RFC 4857. June 2005.
5. SANGHEON PACK, MINJI NAM, AND YANGHEE CHOI]. *A Study On Optimal Hierarchy in Multi-Level Hierarchical Mobile IPv6 Networks*. Seoul National University, 2005.

ОЦЕНКА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ И СОРЕВНОВАТЕЛЬНЫЕ МЕХАНИЗМЫ СТИМУЛИРОВАНИЯ

Динова Н.И.
(ИПУ РАН, Москва)
din@ipu.ru

Организация соревнования между членами трудового коллектива подразумевает, что индивидуальное поощрение отдельного члена трудового коллектива (агента) не зависит непосредственно от абсолютной величины показателя его деятельности, а определяется тем местом, которое он занял в упорядочении показателей деятельности всех агентов [1].

При оценке эффективности соревновательных механизмов стимулирования в трудовых коллективах главным образом предполагается, что трудовой коллектив либо однородный, либо состоит из рядовых агентов и лидеров [2]. То есть потенциальные возможности каждого агента по выполнению общего объема работ (затраты на выполнение единицы работы) или для всех одинаковы, или для одной группы работников они меньше, а для другой – больше. Однако на практике часто оказывается, что затраты агентов некоторым образом распределены в пределах от наименьших до наибольших. При этом, если каждый агент выполняет несколько видов работ то показателем его деятельности является некоторая комплексная оценка, характеризующая успешность выполнения всех видов работ. Принципиальное значение при разработке механизма стимулирования играет процедура формирования комплексной оценки деятельности агента.

Для соревновательных механизмов, даже при выполнении одного вида работ, в общем случае, ситуация равновесия по Нэшу не существует. При выполнении нескольких видов работ также проще не становится

В докладе рассматриваются вопросы функционирования модели трудового коллектива при действии соревновательных механизмов стимулирования и показывается, что существуют условия, определяемые функциями затрат агентов и процедурами построения комплексной оценки, когда равновесие по Нэшу для стратегий агентов существует.

Литература

1. ИВАЩЕНКО А.А., НОВИКОВ Д.А., ЩЕПКИНА М.А. *Модели и механизмы многокритериального стимулирования в организационных системах.* - М.: ИПУ РАН, 2006. - 60 с.
2. ДИНОВА Н.И. *Бригадные формы оплаты труда.* – В кн. Механизмы управления социально-экономическими системами. М. Институт проблем управления, 1988.

РЕФЛЕКСИВНЫЕ ИГРЫ И СИСТЕМНАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ

Доленко Г.А., Мановицкая Д.А.
(*Киевский национальный университет*
имени Тараса Шевченко)
galinadolenko2006@yandex.ru

Статья посвящена разработке методов управления развитием организационных систем (системной оптимизации) при использовании разных технологий манипулирования субъектами, которые формируют и реализуют целевые установки развития (рефлексивном управлении).

Ключевые слова: рефлексивное управление, системная оптимизация.

В работе представлены математические методы управления развитием организационных систем.

Исследования базируются на методологии системной оптимизации и теории рефлексивных игр.

Класс моделей и методов системной оптимизации [1] служит математической поддержкой принятия решений в задаче управления развитием организационных систем в соответствии с формально заданными целевыми установками развития. Задача системной оптимизации возникает, если целевая установка развития недостижима при заданной модели оргсистемы.

Для таких задач также характерно:

1. многокритериальность,
2. возможность и необходимость целенаправленного изменения параметров области допустимых решений в процессе управления развитием,
3. многоуровневость исследуемых организационных систем и распределённость принятия решений в них по подсистемам.

В силу этих особенностей в практических задачах управления развитием часто появляется необходимость согласования и координации целевых установок развития лицами, принимающими решение (ЛПР), на каждом уровне иерархии и в каждом подразделении организационной системы.

Для обеспечения эффективного процесса согласования целевых установок в работе применяются методы скрытого управления [2]. Задачи скрытого управления позволяют определить с нормативной точки зрения ту структуру информированности, которую активный агент (ЛПР) должен навязать пассивному агенту (ЛПР уровнем ниже в иерархии принятия решений). Будем называть их активным ЛПР и пассивным ЛПР, соответственно. Манипулирование должно обеспечить задание целевых установок развития, гарантирующих выбор пассивным агентом решения, желаемого для активного агента.

Для ряда базовых типовых задач скрытого управления определим, согласно [2], их решения, которые мотивируют пас-

сивного агента к выбору наиболее эффективных для активного агента действий (выполнения целевых установок развития).

Условно обозначим номером «1» - активного ЛПР, номером «2» - пассивного ЛПР. Пусть θ_2 - информация второго ЛПР о состоянии природы, θ_{21} - информация второго ЛПР об информации первого ЛПР о состоянии природы, θ_{212} - информация второго ЛПР об информации первого ЛПР об информации второго ЛПР о состоянии природы. В известных моделях скрытого управления ранг рефлексии агента (на единицу меньший максимального числа индексов, отражающих его информированность) не превышает двух [2]. Из того, что ранг рефлексии не превышает двух, следует, что активный ЛПР имеет возможность влиять на θ_2 , θ_{21} , θ_{212} , и всевозможные их комбинации. Из возможных гипотетически семи задач скрытого управления базовыми являются три:

1. задача синтеза оптимального информационного воздействия на θ_2 ,
2. задача синтеза оптимального информационного воздействия на θ_2 , θ_{21} ,
3. задача синтеза оптимального информационного воздействия на θ_2 , θ_{21} , θ_{212} .

Существуют различные способы задания целевых установок развития. В зависимости от того, какой тип из вышеперечисленных трёх базовых задач выбирается активным ЛПР, находится соответствующее решение и используется в качестве целевой установки развития (ЦУ). Она мотивирует пассивного ЛПР к выполнению эффективного решения активного ЛПР.

Если перед активным ЛПР возникает задача 1, то её реше-

$$\theta_2^*(\theta) = \arg \max_{w \in \Omega} \max_{x_1 \in X_1} \min_{x_2 \in X_2(w)} f_1(\theta, x_1, x_2).$$

ние:

Это решение есть информационным воздействием, которое надо сообщить пассивному ЛПР, чтобы он реализовал ЦУ развития, выгодную для активного ЛПР. Это – схема манипулирования, когда у пассивного ЛПР нулевой ранг рефлексии, то есть полностью отсутствует информация о состоянии природы.

Если перед активным ЛПР возникает ситуация задачи 2, то её решение выгодно сообщить пассивному ЛПР для реализации ЦУ активного ЛПР:

$$\theta_{21}^*(\theta) = \arg \max_{w \in \Omega} \max_{x_1 \in X_1} \min_{x_2 \in \text{Proj}_2(X_2(\theta_2, w))} f_1(\theta, x_1, x_2).$$

Это – схема манипулирования, когда у пассивного ЛПР первый ранг рефлексии и есть некоторая информация об информации первого ЛПР о состоянии природы.

Если перед активным ЛПР возникает ситуация задачи 3, то её решение выгодно сообщить пассивному ЛПР для реализации ЦУ активного ЛПР:

$$\theta_{212}^*(\theta) = \arg \max_{w \in \Omega} \max_{x_1 \in X_1} \min_{x_2 \in \text{Proj}_2(X_2(\theta_2, \theta_{21}, w))} f_1(\theta, x_1, x_2).$$

Это – схема манипулирования, когда у пассивного ЛПР второй ранг рефлексии и есть информация об информации первого ЛПР об информации второго ЛПР о состоянии природы.

Таким образом, теория рефлексивных игр[2] может быть использована при разработке нормативных моделей системной оптимизации [1]. Формализация процесса информационного воздействия активного ЛПР на пассивного облегчает достижение целевых установок развития.

Литература

1. ДОЛЕНКО Г.А. *Процедуры принятия решений при управлении инновациями.* К.: ВПЦ "КИЕВСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ", 2009. – 55с.
2. НОВИКОВ Д.А., ЧХАРТИШВИЛИ А.Г. *Рефлексивные игры.* М.: СИНТЕГ, 2003. – 160 с.

ОПТИМАЛЬНЫЙ МЕХАНИЗМ В АКТИВНОЙ СИСТЕМЕ С ОБМЕНОМ ИНФОРМАЦИЕЙ

Еналеев А.К.
(ИПУ РАН, Москва)
anver.en@gmail.com

Для модели активной системы, состоящей из центра и активного элемента, в условиях неполной информированности центра о функции затрат активного элемента разработан оптимальный механизм функционирования. Оптимальный механизм включает в себя процедуру планирования и систему стимулирования. Система стимулирования включает две составляющие: поощрение за выполнение плана и поощрение за «напряженность» плана.

Ключевые слова: принцип открытого управления, достоверность информации, выполнение плана, согласование интересов.

В работе продолжено исследование модели активной системы с обменом информацией между активным элементом (АЭ) и центром (Ц) [1]. Рассматриваемая в работе постановка задачи синтеза механизма функционирования активной системы соответствует классической общей игровой постановке задачи синтеза оптимального механизма функционирования, рассматриваемой в теории активных систем [2, 3], но, конечно же, делается ряд предположений о множестве допустимых механизмов функционирования и, соответственно, о виде целевой функции АЭ.

Предполагается, что целевую функцию АЭ можно выразить в виде функции стимулирования, зависящей от назначаемого центром плана и выбираемого активным элементом состояния, минус функции затрат АЭ, зависящей от состояния и неизвестного центру параметра. Предполагается, что функ-

ция затрат обладает определенными свойствами выпуклости и гладкости [1].

Задачей Ц является выбор механизма, то есть функции стимулирования и процедуры планирования. Процедура планирования представима в виде функции, значения которой принимают на множестве допустимых планов, а аргументом является значение сообщаемой активным элементом оценки параметра его функции затрат.

Предполагается, что множество допустимых функций стимулирования описывается следующим образом. Функция стимулирования состоит из двух слагаемых. Первое слагаемое зависит от плана и выбираемого состояния и представляет собой функцию поощрения за выполнение плана, то есть принимает максимальное значение при совпадении плана и состояния. Второе слагаемое зависит от значения плана и его можно интерпретировать как функцию поощрения за «напряженность» плана. Будем считать, что оба слагаемых неотрицательны и на них наложены ограничения сверху (заданы соответствующие фонды стимулирования).

Задача синтеза оптимального механизма функционирования ставится как задача выбора такого механизма, который обеспечивает получение максимального значения заданного критерия.

В качестве критерия выбрано гарантированное значение (на множестве допустимых значений неопределенного параметра функции затрат АЭ) функции предпочтения Ц, умноженной на заданную весовую функцию. Здесь функция предпочтения Ц определяется как гарантированное значение целевой функции Ц на множествах решений игры. Множества решений игры определяются как множества рациональных выборов стратегий АЭ (сообщений оценок неизвестного центру параметра функции затрат и реализуемого состояния).

В настоящей работе, используя подходы, изложенные в [1], определяется алгоритм построения оптимального механизма функционирования для рассматриваемой активной системы.

Полученный оптимальный механизм обладает следующими свойствами:

- процедура планирования представляет собой процедуру открытого управления и является неубывающей функцией;
- функция поощрения за выполнение плана имеет следующий вид: в точке совпадения состояния с планом значение функции поощрения максимально и равно размеру фонда поощрения за выполнение плана;
- в системе обеспечивается совпадение выбираемого состояния с планом и сообщение достоверной информации;
- функция поощрения за «напряженность» плана является неубывающей функцией и в наибольшей степени обеспечивает согласование интересов Ц и АЭ.

Для ряда простых примеров получены аналитические выражения оптимальных системы стимулирования и процедуры планирования.

Литература

1. БУРКОВ В.Н., ЕНАЛЕЕВ А.К., ЛАВРОВ Ю.Г. *Синтез оптимальных механизмов планирования и стимулирования в активной системе.* //Автоматика и телемеханика. 1992, N 10, с. 113-120.
2. БУРКОВ В.Н. *Основы математической теории активных систем.* М.: Наука, 1977. -256 с.
3. БУРКОВ В.Н., Кондратьев В.В. *Механизмы функционирования организационных систем.* М.: Наука. 1981. - 384 с.

ФОРМИРОВАНИЕ И КОНТРОЛЬ ЦЕЛЕЙ РЕГИОНАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ НА ОСНОВЕ ТРАЕКТОРНОГО ПОДХОДА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДЕЛЕЙ СИСТЕМНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ

Ириков В.А.⁽¹⁾, Охрименко М.В.⁽²⁾

*(1 – ИПУ РАН, Москва; 2 – Московский физико-
технический институт, г. Долгопрудный)*

irikov41@mail.ru, maria_ermakova@mail.ru

Стратегическое развитие регионов становится объектом не только теории, но и практики российской действительности. В работе в качестве методологической основы разработки программы развития территорий используется системный подход и его конкретизация – программно-целевой подход (ПЦУ) к управлению развитием. В качестве объекта исследования выступает субъект федерации и муниципальные образования.

1. Содержательная постановка задачи

Методологической основой разработки программы развития территории является системный подход и его конкретизация – программно-целевой подход (ПЦУ) к управлению развитием.

Главным в ПЦУ является комплексное управление на цель (на результаты) по схеме: «цель – подцели – задачи – планирование программы работ (с заземлением до конкретных проектов и предприятий) – обеспечение их ресурсами – реализация программы – получение конечных результатов (достижение цели)» [5].

Результатом разработки стратегии является документ «Стратегия развития региона», который включает:

1. Краткая характеристика состояния социальной сферы и сложившихся тенденций. Инерционный сценарий развития.
2. Оценка потенциала развития. Прогноз оптимистического сценария развития.

3. Приоритетные направления и проекты развития.
4. Политики по социальной сфере, экономическому развитию и национальной безопасности.
5. Обеспечение финансовыми ресурсами. Бюджетирование, ориентированное на результат.
6. Система управления развитием (реализацией стратегии).

2. Математическая модель и алгоритмы

В работе в качестве основного объекта управления рассматривается трехуровневая система:

Уровень 1. Субъект Федерации (СФ)

Уровень 2. Муниципальное образование (МО)

Уровень 3. Конкретные предприятия\учреждения МО.

На Этапе 1 процесса разработки программы развития происходит уточнение формулировки цели, целевой установки и траектории (сценария) развития [3].

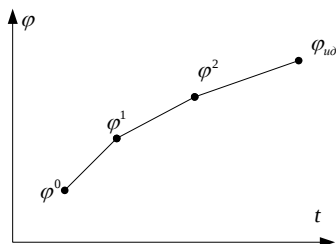


Рис. 1. Траектория (сценарий)

После выбор вектора $\varphi = \varphi_l, l \in L$ критериев и точки идеала $\varphi_{ид}$ (желаемого, но возможно, нереализуемого состояния в будущем) происходит построение начального варианта траектории приближения к точке идеала.

Параметризуем траекторию Γ_φ некоторым параметром так, что увеличению параметра будет соответствовать движение вдоль траектории от точки φ^{*k} к точке $\varphi^{u\partial}$:

$$\Gamma_\varphi(\lambda) = \{\varphi \mid \varphi_i = \gamma_i(\lambda), i=1\dots m\}$$

При учете возможных ограничений (деньги, люди и пр.) достижимый уровень оказывается меньше желаемого $\varphi_{u\partial}$. В связи с этим естественной целевой установкой при формировании решения является достижение точки траектории, соответствующей максимально возможному продвижению вдоль траектории. Искомое решение в этом случае находится как точка пересечения траектории с границей области допустимых решений [4].

$$\lambda^* = \max\{\lambda \mid \varphi_i = \gamma_i(\lambda), x \in X^0\}, \quad \varphi^{**} = \gamma(\lambda^*)$$

Задача максимизации степени достижения цели λ при ресурсных ограничениях B_p^0 математически формализуется как задача линейного программирования:

$$\lambda \rightarrow \max;$$

$$(1) \quad x = \lambda x^{уд};$$

$$x \in X^0,$$

а множество допустимых решений задается неравенствами

$$\sum_{i=1}^n a_{i1} x_i \leq B_1^0,$$

...

$$\sum_{i=1}^n a_{ip} x_i \leq B_p^0$$

В случае если происходит изменение цели, то стоит задача приведения структуры ограничений в соответствие с новой целью и соответственно изменить область допустимых значений так, чтобы максимизировать степень достижения цели.

Решение данной задачи основано на идее «подтягивания» дефицитных ограничений.

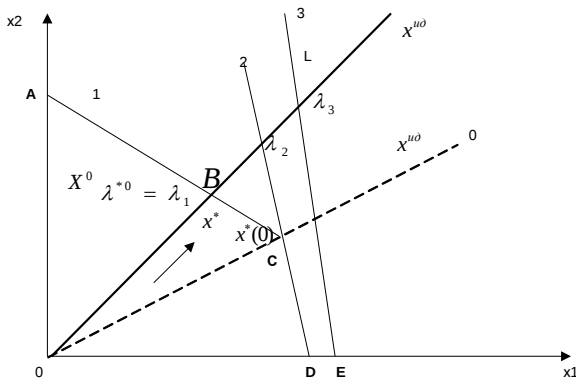


Рис.2. Изменение цели при заданной структуре ограничений

Литература

1. БУРКОВ В.Н., ИРИКОВ В.А. *Модели и методы управления организационными системами*. М.: Наука, 1994. – 270 с.
2. БАЛАШОВ В.Г., ИРИКОВ В.А. *Технологии повышения финансового результата предприятий и корпораций*. М.: ПРИОР, 2002. - 512 с.
3. ИРИКОВ В.А., ТРЕНЕВ В.Н. *Распределенные системы принятия решений*. М.: Наука, 1999.
4. ПОСПЕЛОВ Г.С., ИРИКОВ В.А. *Программно-целевое планирование и управление*. М.: Советское радио, 1976. – 344 с.
5. БАЛАШОВ В.Г. *Модели и методы принятия выгодных финансовых решений*. М.: Издательство физико-математической литературы, 2003. – 408 с.

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПОЛИТИЧЕСКОГО РЕШЕНИЯ В РАМКАХ «КИОТСКОГО ПРОТОКОЛА»

Кононенко А.Ф., Шевченко В.В.

(ВЦ РАН, Москва)

vsh1953@mail.ru, kon@ccas.ru

В работе анализируется игровая модель экологического взаимодействия стран мира по итогам подписания Киотского протокола об ограничении выбросов парниковых газов, представленная в работе [3], с использованием которой дается экономическая оценка обязательств, взятых на себя различными странами по этому протоколу, и рассматриваются вопросы определения цен в процессе торговли квотами на выбросы парниковых газов.

Ключевые слова: теория игр, равновесие, экология, квота.

Введение

Киотский Протокол — международный документ, принятый в Киото (Япония) в декабре 1997 года в дополнение к Рамочной конвенции ООН об изменении климата (РКИК). Период подписания протокола открылся 16 марта 1998 года и завершился 15 марта 1999. Протокол вступил в силу 16 февраля 2005 года, через 90 дней после официальной передачи документа о ратификации его Россией в Секретариат РКИК 18 ноября 2004. В начале 2006 года Протокол был ратифицирован 161 страной мира (совокупно ответственными за более чем 61 % общемировых выбросов). Заметным исключением из этого списка являются США. Согласно Киотскому Протоколу промышленно развитые страны должны сократить свои суммарные выбросы 6 парниковых газов не менее чем на 5,2% по сравнению с уровнем 1990 года к 2008-2012 гг. Наиболее высокие обязательства по

снижению выбросов на 8% взяли на себя страны Европейского Союза. Принятые решения о сокращении выбросов имеют политический характер, в связи с чем возникает вопрос об экономической обоснованности этих решений. Практический интерес имеют также вопросы согласования цены квоты на выбросы при совершении актов купли-продажи этих квот странами мира.

1. Моделирование экологического взаимодействия стран мира и экономическая оценка обязательств Киотского протокола

Для исследования рассматриваемых вопросов использовалась игровая модель, описанная в работе [3] и являющаяся результатом развития и конкретизации моделей, представленных в работах [1-2]. В рамках этой модели управлениями игроков (стран или групп стран) являются энергозатраты, возрастающими функциями которых являются их ВВП и выбросы парниковых газов (в эквиваленте углекислого газа). Игроки стремятся к максимизации минимума из двух критериев: индивидуального (ВВП, умноженного на т.н. «коэффициент альтруизма» игрока) и общемирового (разница между реализовавшимися и максимально возможными выбросами парниковых газов, определяемыми технологически максимально возможными энергозатратами игроков). В работе [3] приводится теорема, согласно которой в рассматриваемой игре существует ситуация сильного равновесия (отклонение от которого не выгодно для любого подмножества игроков), в которой множество игроков распадается на два подмножества: тех, кто снижает ВВП до уровня, при котором индивидуальный и общемировой критерии уравниваются, и тех, чей индивидуальный критерий в этой ситуации равновесия ниже общемирового.

В настоящей работе для проведения конкретных оценок использовалась модель работы [3], в которой зависимости ВВП и выбросов от энергозатрат считались линейными. Множество стран мира было разбито на 17 игроков: ЕС, 15 не входящих в

ЕС стран G20 и совокупность не входящих в G20 стран мира. Коэффициенты пропорциональности между энергозатратами и ВВП и выбросами игроков, равно как и максимально возможные выбросы игроков, оценивались исходя из имеющихся временных рядов энергозатрат, ВВП и выбросов стран мира. «Коэффициенты альтруизма» игроков оценивались исходя из взятых странами по Киотскому протоколу обязательств.

По результатам определения описанного выше сильного равновесия с учетом прогнозируемого изменения коэффициентов пропорциональности между энергозатратами и ВВП и выбросами игроков игроки разбились на две указанные выше группы следующим образом: в число игроков, которые не снижают своего максимально возможного уровня энергозатрат и ВВП вошли только ЮАР и Индонезия, остальные игроки вошли в группу тех, кто берет на себя большие или меньшие (в процентах от максимального уровня) обязательства по снижению выбросов. Распределение обязательств между игроками, соответствующее равновесному решению игрового взаимодействия, при этом, значительно отличилось от такого распределения, обусловленного Киотским протоколом. Существенно увеличился по сравнению с протоколом и общий объем совокупных обязательств по снижению выбросов парниковых газов.

2. Диапазоны цен, по которым возможна взаимовыгодная торговля квотами на выбросы парниковых газов

В процессе исследования экологического взаимодействия стран мира по итогам Киотского протокола как игрового взаимодействия появляются основания и для интервальных оценок возможных цен купли–продажи квот на выбросы парниковых газов при торге любых двух из 17-ти рассмотренных игроков. Действительно, с одной стороны, ни одна страна не станет покупать квоту на выбросы по цене, превышающей экономически и политически обусловленную долю от дополнительного

объема ВВП, который она сможет произвести, используя эту квоту. С другой стороны, ни одна страна не станет продавать квоту на выбросы по цене ниже так же обусловленной доли своего дополнительного ВВП от использования квоты. Определив указанные доли ВВП при покупке и продаже квоты на выбросы (которые вполне могут быть различными при покупке и продаже) экспертно и рассчитав верхнюю цену метрической тонны выбросов в эквиваленте углекислого газа при покупке и нижнюю при продаже квоты для каждого игрока нетрудно определить, между какими игроками возможна купля или продажа квоты, а между какими нет. И каков диапазон возможного торга по цене квоты в случае, если сделка возможна.

Анализ цен реальных переговоров по продаже квот показывает, что пока развитые страны ведут переговоры по покупке квот со странами, которые не могут выбрать свою квоту по ограничениям технологического характера (не хватает производственных возможностей) и пытаются приобрести квоты по бросовым ценам, на порядок меньшим тех цен, по которым для них покупка квоты еще целесообразна экономически.

Литература

1. ГЕРМЕЙЕР Ю.Б. *Игры с непротивоположными интересами*. М.: Наука, 1976. – 328 с.
2. ГЕРМЕЙЕР Ю.Б., ВАТЕЛЬ И.А. *Игры с иерархическим вектором интересов* - М.: Известия АН СССР, Техническая кибернетика, 1974, №3. С. 54 – 69.
3. КОНОНЕНКО А.Ф., ШЕВЧЕНКО В.В. *Теоретико-игровые модели механизмов реализации Киотского протокола*. Сборник трудов Четвертой Международной конференции по проблемам управления (26-30 января 2009 года). ISBN-973-5-91450-026-6. М.: ИПУ им. В.А. Трапезникова РАН, 2009.

ЭКВИВАЛЕНТНОСТЬ ПРИОРИТЕТНЫХ МЕХАНИЗМОВ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕСУРСОВ

Коргин Н.А.
(ИПУ РАН, Москва)
nkrogin@ipu.ru

В докладе исследуется отношение эквивалентности между механизмами прямых и обратных приоритетов. Доказывается, что все механизмы прямых приоритетов эквивалентны между собой и для них существуют эквивалентные механизмы обратных приоритетов. Определяется класс механизмов обратных приоритетов, для которых существуют эквивалентные механизмы прямых приоритетов.

Ключевые слова: механизмы распределение ресурсов, неманипулируемые механизмы, теория игр, механизмы планирования.

Задача распределения ограниченных ресурсов является актуальной задачей *теории управления организационными системами* (ТУОС) [3]. Кратко эта проблема может быть сформулирована следующим образом. Для каждого *агента* существует наилучшее с его точки зрения количество ресурсов (*точка пика*), которое он хотел бы получить, и сумма точек пика превышает количество ресурсов, имеющегося в системе. Управляющему органу – центру – необходимо распределить ресурсы между агентами, обеспечив при этом *эффективность* их использования в соответствии с теми или иными критериями. Процедура принятия решений центром, ставящая в соответствии вектору *заявок* агентов количество ресурсов, выделяемое тому или иному агенту, называется *механизмом распределения ресурсов*.

Важным свойством механизмов распределения ресурсов является *анонимность*. Механизм является анонимным, если он симметричен относительно перестановок агентов – итоговое распределение ресурсов зависит только от заявок агентов. В [1]

было доказано, что при заданном количестве ограниченных ресурсов все анонимные монотонные по заявкам агентов механизмы эквивалентны.

На практике широко распространены и достаточно хорошо изучены с теоретической точки зрения так называемые *приоритетные механизмы* [3], в которых решение о том, как должен быть распределен ресурс между агентами, определяется на основании их *функций приоритета*, аргументом которых являются заявки агентов на ресурс. Выделяют три класса приоритетных механизмов – прямых приоритетов, в которых функция приоритета каждого агента является возрастающей функцией его заявки на ресурс; обратных приоритетов, в которых функция приоритета убывает с ростом заявки агента на ресурс; и абсолютных приоритетов, в которых функция приоритета каждого агента не зависит от его заявки. Для приоритетных механизмов это выражается в том, что все агенты имеют одинаковые функции приоритета.

В рамках настоящей работы акцент сделан на исследование неанонимных приоритетных механизмов распределения ресурсов. Приводится аналитическая запись прямого неманипулируемого механизма *последовательного распределения ресурсов*, эквивалентного заданному приоритетному механизму, алгоритм построения которого был предложен в [2]. Доказывается, как полученные результаты не противоречат требованиям, предъявляемым к неманипулируемым механизмам распределения ресурсов [4, 5]. Исследуется эквивалентность механизмов прямых и обратных приоритетов. Доказывается, что все механизмы прямых приоритетов сводятся к *взвешенному пропорциональному* механизму, в котором количество ресурсов, выделяемое агенту пропорционально его заявке, умноженной на его приоритет. Среди всего класса механизмов обратных приоритетов выделяется подкласс механизмов, для которых существуют эквивалентные механизмы прямых приоритетов – механизмы обратных приоритетов с *постоянными весами агентов*.

Данные об эквивалентности разных классов приоритетных механизмов приведены в таблице 1.

Таблица 1. Отношение эквивалентности между приоритетными механизмами.

Механизм → эквивалентен механизму ↓	Прямых приоритетов	Обратных приоритетов
Прямых приоритетов	Для любого механизма прямых приоритетов существует эквивалентный механизм взвешенного пропорционального распределения ресурсов	Для любого механизма обратных приоритетов с постоянными весами агентов существует эквивалентный механизм взвешенного пропорционального распределения ресурсов
Обратных приоритетов	Для любого механизма прямых приоритетов найдется эквивалентный механизм обратных приоритетов	Соотношения эквивалентности могут быть установлены между различными механизмами обратных приоритетов «с постоянными весами» агентов
Абсолютных приоритетов	Для любого механизма прямых приоритетов существует эквивалентный механизм последовательного распределения ресурсов	Для любого механизма обратных приоритетов существует эквивалентный механизм последовательного распределения ресурсов

Полученные результаты, во-первых, с практической точки зрения дают возможность ограничиться использованием простых, понятных всем участникам механизмов распределения ресурсов. Без потери эффективности (так как результаты равновесного распределения будут те же) можно использовать механизмы взвешенного пропорционального распределения ресурсов. Во-вторых, с точки зрения эффективности тех или иных

приоритетных механизмов, приведенные выше результаты об эквивалентности дают возможность ставить и решать задачу управления – выбора функций приоритетов агентов, обеспечивающих требуемые с точки зрения заданного критерия эффективности (например, функции коллективного благосостояния, или функции центра и т.д.) значения количеств ресурсов выделяемых соответствующим агентам. Данный класс задач представляется перспективным направлением будущих исследований.

Литература

1. БУРКОВ В.Н., ГОРГИДЗЕ И.И., НОВИКОВ Д.А., ЮСУПОВ Б.С. *Модели и механизмы распределения затрат и доходов в рыночной экономике*. М.: ИПУ РАН, 1997. – 61 с.
2. БУРКОВ В.Н., ДАНЕВ Б., ЕНАЛЕЕВ А.К. и др. *Большие системы: моделирование организационных механизмов*. М.: Наука, 1989. – 248 с.
3. БУРКОВ В.Н., КОРГИН Н.А., НОВИКОВ Д.А. *Введение в теорию управления организационными системами* / Под ред. чл.-корр. РАН Д.А. Новикова. М.: Либроком, 2009. – 264 с.
4. BARBERA S., JACKSON M., NEME A., *Strategy-Proof Allotment Rules* // Games and Economic Behavior. Volume 18, Issue 1, January 1997 - pp.1-21.
5. SPRUMONT, Y., 1991. *The division problem with single-peaked preferences: A characterization of the uniform rule* // Econometrica 59. - pp. 509–519.

К ПРОБЛЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ СЛУЧАЙНЫМИ МНОГОМЕРНЫМИ СИСТЕМАМИ ПОСРЕДСТВОМ ПРОГРАММИРУЕМЫХ ГРАНИЦ¹

Крупенин В.Л.⁽¹⁾, Тренев В.Н.⁽²⁾

(1 – ИМАШ РАН, 2 – РОЭЛ ГРУПП, Москва)

krupenin@roel.ru , v.trenev@roel.ru

Статья посвящена определению основных параметров системы высокой размерности при случайном широкополосном воздействии. Система обладает программируемыми границами и нелинейными граничными условиями. Она может отвечать динамическим процессам в больших системах достаточно общего вида.

Ключевые слова: гамильтониан, белый шум, динамические характеристики.

Введение

В статье рассматривается динамическая система, определяемая $2N$ канонически - сопряженными переменными (q_k, p_k) в предположениях, что область изменения переменных $|q_k| \leq D_k(t)$, функция Гамильтона $H(q_k, p_k) = \sum p_k^2/2 + V(q_k)$, суммирование ведется по $k=1, 2, \dots, N$. Функция V предполагается гладкой. Программированные ограничения $D_k(t)$ также предполагаются гладкими функциями. Цель работы - изучение основных свойств представляемой системы при ряде дополнительных предположений. Будем предполагать, что в системе действуют гауссовские δ -коррелированные случайные воздействия $\Phi_k(t)$ с тензо-

¹ Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект 09-08-00941-а).

ром корреляций $\langle \Phi_{km}(t) \Phi_{iz}(t) \rangle = 2 \sigma^2 \delta_{ki} \delta_{mz} \delta(t-t_1)$ (здесь m и z – векторные индексы).

1. Постановка задачи

Будем предполагать, что определяющие уравнения Гамильтона имеют вид:

$$(1) \quad \dot{q}_k = \frac{\partial H}{\partial p_i}; \quad \dot{p}_i = -\frac{\partial H}{\partial q_i} - \theta p_i + \Phi_i(t); \quad i=1, 2, \dots, N,$$

где $\theta > 0$ постоянный коэффициент (стабилизирующий фактор). Уравнение (1) рассматривается совместно с программными ограничениями $|q_k| \leq D_k(t)$ и предполагается, что на границе области, определяемой этой системой неравенств, величины p_k мгновенно меняют знак, сохраняя абсолютное значение. Уравнение (1) описывает случайное перемешивание в большом ансамбле элементарных (точечных) систем.

Уравнение ФПК для совместной плотности вероятностей решения (1) имеет вид [1]:

$$(2) \quad \frac{\partial P(r, p)}{\partial t} + \sum_{n=1}^N \{H, P\}_n - \theta \sum_{n=1}^N \frac{\partial}{\partial p_n} (p_n P) = \sigma^2 \sum_{n=1}^n \frac{\partial^2 P}{\partial p_n^2} \quad \text{где}$$

$\{a, b\}_n$ – скобка Пуассона для n -й компоненты системы:

$$\{a, b\}_n = \frac{\partial a}{\partial p_n} \frac{\partial b}{\partial q_n} - \frac{\partial a}{\partial q_n} \frac{\partial b}{\partial p_n}. \quad \text{Стационарное решение уравнения (2)}$$

имеет вид канонического распределения Гиббса [1] с добавленными ограничениями:

$$(3) \quad P(\mathbf{q}, \mathbf{p}) = C_1 \exp\left\{-\frac{\theta}{\sigma^2} H(\mathbf{q}, \mathbf{p})\right\}; \quad |q_k| \leq D_k(\tau); \quad C_1 = \text{const.}$$

Предполагается, что время изменения ограничений – медленное: $D_k(\tau) = D_k(\varepsilon t)$, где ε – малый параметр. Тогда использованные ниже стационарные плотности распределений вероятностей могут давать искомые результаты с приемлемой степенью точности. Отметим, что указанные плотности распределений отличаются от соответствующих характеристик только наличи-

ем программируемых ограничений, однако именно их присутствие дает возможность рассматривать задачу в более реалистической постановке, при которой рост значений переменных q_k связан с конечностью ресурсов.

2. Ряд интерпретаций

Проинтегрировав решение (3) по N переменным p_k , получим распределение Больцмана с ограничениями:

$$(4) \quad P(q) = C_2 \exp\left\{-\frac{\theta}{\sigma^2} V(q)\right\}; |q_k| \leq D_k(\tau); C_2 = \text{const.}$$

Аналогично, интегрируя (3) по переменным q_k , получаем распределение Максвелла:

$$(5) \quad P(p) = C_3 \exp\left\{-\frac{\theta}{\sigma^2} \sum p_k^2/2\right\}; C_3 = \text{const.}$$

Найденные распределения позволяют полностью описать задачу, коль скоро заданы программируемые ограничения $D_k(\tau)$.

Например, имея представление (4), можно полностью описать «конфигурационные» характеристики системы: типы случайных профилей системы, их статистические характеристики и др.

Одна из наиболее актуальных - задача об определении частот появления тех или иных конфигураций системы при случайном достижении координатами q_k программируемых границ.

Легко видеть, что при функционировании рассматриваемой системы наиболее часто будет регистрироваться равновесная конфигурация. Определим среднюю «частоту» появления такой конфигурации Ω как среднее число пересечений равновесного уровня $q_k = 0$ ($k = 1, 2, \dots, N$) при $p_k > 0$:

Используя вычисления, проведенные, например в [2], определяем, что относительно чаще смогут появляться конфигурации, обладающие меньшей потенциальной энергией.

При этом легко доказывается, что весьма маловероятна возможность появления каких-либо «экзотических» конфигураций с сильно «прыгающими» профилями. Сказанное оказывает

ся тем более верным при больших значениях коэффициента стабилизации θ .

Рассмотренная кратко задача может иметь большое число конкретизирующих интерпретаций. Очевидно, что наиболее интересным является придание содержательного смысла канонически – сопряженным переменным q_k и p_k эти переменные могут быть связаны с какими-либо ресурсами, параметрами движения, состояниями коллективом и т.д.

Литература

1. КЛЯЦКИН В.И. *Стохастические уравнения и волны в случайно-неоднородных средах*. М.: Наука, 1980, 336с.
2. BABITSKY V.I., V.L. KRUPENIN *Vibration of Strongly Nonlinear Discontinuous Systems*. -Berlin: Springer-Verlag, 2001, 404 p.p.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ БУХУЧЕТА

Кузнецов Л.А.

(ЛГТУ, Липецк)

kuznetsov@stu.lipetsk.ru

Определена возможность аналитического представления бухгалтерского учета финансово-хозяйственной деятельности предприятия, позволяющего существенно расширить возможности использования его данных. Традиционно бухучет используется для исследования результатов деятельности в прошлом. Он дополняется инструментами, необходимыми для формирования прогнозов, научно обоснованных и опирающихся на данные конкретного предприятия, и синтеза автоматизи-

рованных процедур принятия решений по выбору оптимальных сценариев (планов) будущей деятельности. Для этого разработано аналитическое представление используемых в бухучете сущностей и взаимосвязей, существующих между ними. На этой основе разрабатывается математическая модель бухгалтерского учета финансово-хозяйственной деятельности предприятия (ФХДП).

Ключевые слова: бухгалтерский учет, линейные уравнения, оптимальное управление

Абстрактные постановки задач управления деятельностью предприятия в «Теории исследования операций» требуют их адаптации к условиям конкретного предприятия. Разработана методология синтеза задач управления непосредственно на математической модели ФХДП, отражающей актуальное состояние конкретного предприятия. Все требования, которые необходимо учитывать при отыскании оптимального решения, представляются в виде ограничений, выражаемых непосредственно в терминах и через данные бухучета. Критерий оптимальности, также выражается через сущности бухучета. Количественные значения исходных данных берутся из бухгалтерской отчетности исследуемого предприятия, чем обеспечивается автоматическая «привязка» решения к этому конкретному предприятию. Результаты решения представляются в терминах бухучета и не требуют дополнительной содержательной интерпретации и адаптации к конкретному предприятию.

Для анализа, прогноза и управления используются сущности бухгалтерского учета (суммы средств, проводки, обороты, сальдо и пр.), представленные в виде системы уравнений, описывающих реально существующие взаимосвязи в финансовой структуре конкретного предприятия. В качестве начальных условий при решении задач прогноза и управления для предприятия используются отражаемые в бухучете его актуальные данные.

Автор, вероятно, первым обнаружил возможность представления бухгалтерских данных в виде математической модели, формально соответствующей модели векторного пространства [1]. Получаемая математическая модель содержательно адекватно отражает все особенности моделируемого объекта, а структурно ориентирована на применение известных процедур и методов, обоснованность и эффективность которых строго доказана в математике.

Вербальное описание не является однозначным и минимальным. Для аналитического представления вводятся абстрактные проводки: x_j^i , где x — обозначает переменную отражающую средства, которые показываются по дебету счета i и по кредиту счета j . Сочетание счетов по дебету i и кредиту j не может быть любым, оно продиктовано движением средств, отражающим процесс преобразования ресурсов предприятия в производимую продукцию и регламентируемым разрешенными корреспонденциями. Корреспонденции представляются δ символами [1]:

$$(1) \quad \delta_j^i = \begin{cases} 1, & \text{счета } i \text{ и } j \text{ корреспондируют,} \\ 0, & \text{счета } i \text{ и } j \text{ не корреспондируют} \end{cases}$$

Использование δ символов (1) позволяет однообразно записать проводки и через них обороты по дебету и кредиту в виде линейных уравнений:

$$(2) \quad y^I = \delta^I x^I; \quad y_I = \delta_I x_I, \quad I = 1, 2, \dots, N,$$

где $\delta^I = (\delta_1^I, \delta_2^I, \dots, \delta_N^I)$, $x^I = (x_1^I, x_2^I, \dots, x_N^I)$ — векторы корреспонденций и проводок по дебету счета I ;

$\delta_I = (\delta_I^1, \delta_I^2, \dots, \delta_I^N)$, $x_I = (x_I^1, x_I^2, \dots, x_I^N)$ — векторы корреспонденций и проводок по кредиту счета I .

Через обороты в виде уравнений записываются сальдо в виде:

$$(3a) \quad y^J = y^J_H + \sum_{I \in N} \delta_I^J x_I^J,$$

$$(36) \ y_J = y_{JH} + \sum_{I \in N} \delta_J^I x_J^I, \ J \in N_p,$$

где y_J^I и y_{JH} входящие остатки по дебету и кредиту, $N_p = \{\text{Множество счетов с развернутым сальдо на предприятии}\}$.

Через сальдо выражается баланс:

$$\sum_{J \in Na} z^J + \sum_{J \in Na-n} z^J + \sum_{J \in Np} y^J = \sum_{J \in Na} z_J + \sum_{J \in Na-n} z_J + \sum_{J \in Np} y_J. \quad (4)$$

В (4) первая сумма в левой части равенства охватывает все активные счета, по которым итогом является дебетовое сальдо. Вторая сумма слева включает все активно-пассивные счета, по которым оборот по дебету превышает оборот по кредиту и исходящее сальдо записывается слева. Наконец, третья сумма охватывает исходящий результат по дебету всех счетов, имеющих развернутое сальдо. Справа от знака равенства стоят аналогичные слагаемые пассивного содержания, отражаемые по кредитам счетов.

Представление оборотов (2) и сальдо (3) в виде уравнений позволяет общую математическую модель ФХД предприятия привести к стандартному виду:

$$(5a) \ x(k+1) = A(k) x(k) + B(k) u(k),$$

$$(5b) \ y(k+1) = C(k+1) x(k+1),$$

где $x(k)$ – вектор состояний,

$u(k)$ – вектор входных величин,

$y(k)$ – вектор выходных величин,

k – дискретное время, например сутки,

$A(k)$, $B(k)$ и $C(k)$ – матрицы, которые могут изменяться во времени.

В (5) роль переменных играют суммы средств на счетах конкретного предприятия, а матрицы определяют взаимосвязи этих сумм. Если в (5) положить $x(k)=a(k)$ и $u(k)=b(k)$, где $a(k)$ и $b(k)$ – заданные значения, т.е. использовать (5) как формулы, то можно, как в обычной бухгалтерской системе, осуществить прогонку данных и получить $x(k+1)$, $y(k+1)$. Но (5) могут использоваться как уравнения, через которые наложены требования на $x(k+1)$ или $y(k+1)$. Тогда на основе (5) может решаться

задача определения $x(k)$ и $u(k)$, обеспечивающих достижение некоторой заданной цели. Такой задачи отыскания значений аргументов, при которых функция приобретает значений из требуемой области, бухгалтерские системы решить не могут именно из-за отсутствия в них формальной модели ФХД предприятия.

Литература

1. КУЗНЕЦОВ Л.А. *Системное представление финансово-хозяйственной деятельности предприятия* // Проблемы управления. № 3, 2003, стр.39 – 48

АНАЛИЗ УСПЕШНОСТИ СТРАТЕГИЙ ПОВЕДЕНИЯ АГЕНТА

Курулюк Н.В.
(ИПУ РАН, Москва)
nkurulyuk@gmail.com

Упорядоченные уровни потребностей являются основным фактором, определяющим поведение отдельно взятых агентов. В работе анализируются возможные стратегии поведения агентов, и определяется наиболее успешная в терминах критериев успешности при заданных внешних условиях.

Ключевые слова: уровни потребностей, успешность, дальновидность.

Введение

Одним из первых исследователей человеческих потребностей и их влияния на мотивацию, был Абрахам Маслоу. Созда-

вая теорию мотивации, А. Маслоу признавал наличие у людей множества различных потребностей и предложил разделить их на пять основных категорий [1]. Все потребности он расположил в виде строгой иерархической структуры. Этим он показал необходимость удовлетворения потребностей нижних уровней до начала влияния на мотивацию потребностей более высоких уровней. Не смотря на стремление человека в каждый конкретный момент времени к удовлетворению более важной и сильной потребности, иерархические уровни не являются дискретными ступенями [2]. Для того чтобы следующий, более высокий уровень иерархии начал влиять на поведение человека, не обязательно удовлетворять потребность более низкого уровня полностью.

1. Постановка задачи

Упорядоченные уровни потребностей являются основным фактором, определяющим поведение отдельно взятых агентов. Основываясь на исследованиях А. Маслоу, рассмотрены агенты, множество потребностей которых разделено на пять категорий. Полагается, что целевая функция агента представляет собой композицию целевых функций на каждом отдельно взятом уровне потребностей, каждая из которых выражается через ресурс, используемый на уровне потребностей, и эффективность использования ресурса на отдельно взятом уровне:

$$(1) \quad F(x, r) = \sum_{i=1}^n f_i(x_i, r_i) = \sum_{i=1}^n r_i \sqrt{x_i},$$

где x - используемый ресурс, r - эффективность использования ресурса.

В качестве используемого ресурса может рассматриваться время, затрачиваемое на удовлетворение того или иного уровня потребностей. Как и любой ресурс, суммарное время работы агента ограничено. За это ограничение может быть взята длина трудоспособного периода жизни человека, которая составляет

40 лет. При постановке, анализе и решении задачи используется следующее ограничение на используемый ресурс:

$$(2) \quad \sum_{i=1}^n x_i = X .$$

На каждом уровне потребностей задан минимальный порог благ U_i , которого агент стремится достичь. Достижение порога реализуется за счет использования ресурса, в нашем случае с течением времени.

Используются следующие критерии успешности агентов:

- Критерий №1. Реализация агентом максимального числа уровней потребностей.
- Критерий №2. Реализация максимального благосостояния агента на каждом уровне потребностей.

Для сравнения рассматриваемых агентов вводится показатель успешности:

$$(3) \quad K = -\gamma_1 k^{(1)} + \gamma_2 k^{(2)} ,$$

где $k^{(1)}$ и $k^{(2)}$ - оценки критериев №1 и №2, γ_1 и γ_2 - веса критериев №1 и №2.

Зададимся вопросом, какую стратегию должен избрать агент, чтобы быть наиболее успешным, т.е. иметь наибольший показатель успешности при заданных минимальных порогах благ и весах критериев успешности агента. Под выбором стратегии поведения агента понимается выбор агента параметра «дальновидность», влияющего на оптимальные планируемые распределения ресурса на уровнях потребностей.

Под дальновидностью агента понимается количество уровней потребностей, на которое агент может планировать имеющийся ресурс, при этом полагая, что по факту удовлетворения последнего из этих уровней, он израсходует весь ресурс полностью.

2. Анализ и результаты

Для примера рассматриваются два агента, обладающие дальновидностями на три и на четыре уровня потребностей.

Последовательно анализируются все возможные варианты поведения в зависимости от значений входящих параметров. В начальный момент времени агенты решают задачу планирования для трех и четырех уровней потребностей соответственно. Исходя из полученного оптимального планируемого распределения ресурса, определяется значение целевой функции для первого уровня потребностей. Агент производит сравнение полученного значения целевой функции и минимального порога благ на первом уровне, в зависимости от результатов которого определяется фактическое значение используемого ресурса и значение целевой функции для первого уровня. После корректировки ограничения на используемый ресурс согласно фактическому значению x аналогичная процедура выполняется для второго уровня потребностей. Количество итераций напрямую зависит от дальновидности агента.

Показатель успешности агента завязан на два критерия успешности, для формального представления которых на каждом уровне определяются отклонения фактического значения используемого ресурса от оптимального планируемого распределения и отклонения фактического значения целевой функции агента от минимального порога благ.

Для выбора оптимальной стратегии поведения анализируется один тот же агент с дальновидностями на три и на четыре уровня потребностей. На основании оптимального планируемого распределения ресурса для первого уровня вычисляются значения целевых функций для двух случаев. Рассматривая возможные соотношения в значениях целевых функций и величине минимального порога благ, производится сравнение показателей успешности. Обобщая результаты, можно ответить на первоначально поставленный вопрос, какую стратегию должен избрать агент, чтобы быть наиболее успешным при заданных минимальных порогах благ и весах критериев успешности агента:

- Если значение веса критерия №1 минимально (значение веса критерия №2 максимально), то чтобы быть наиболее успеш-

ным, агенту следует избрать стратегию с минимальной дальновидностью.

- Если значение веса критерия №1 максимально (значение веса критерия №2 минимально), то чтобы быть наиболее успешным, агенту следует избрать стратегию с максимальной дальновидностью.

Литература

1. МАСЛОУ А. *Мотивация и личность*. Спб.: «Питер Принт», 2004. – 362 с.
2. МЕСКОН М.Х., АЛЬБЕРТ М., ХЕДОУРИ Ф. *Основы менеджмента*. М.: Дело, 1999. – 800 с.

МЕТОДОЛОГИЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ РАЗВИТИЯ (ТЕОРИЯ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ФЕНОМЕНОВ)

Лихтенштейн В.Е., Росс Г.В.

*(Всероссийский НИИ проблем вычислительной
техники и информатизации, Москва)*

ross@pvti.ru

В литературе встречаются разнообразные толкования термина «Развитие». Мы будем понимать под развитием необратимый, направленный, закономерно протекающий, универсальный процесс самоорганизации системы. Одним из механизмов самоорганизации принято считать эволюцию. Вместе с тем сейчас уже не вызывает сомнений, что эволюция сама по себе, недостаточна для развития.

Ключевые слова: математическое моделирование, саморегуляция, эволюция.

Предположим теперь, что имеется множество (популяция) одинаковых элементов, способных мутировать, порождать потомство и подверженных отбору. Каждый элемент можно представить в виде конечного автомата, преобразующего вектор входов в вектор выходов той же размерности. Предполагается также наличие критерия отбора, который принято называть функцией полезности.

Мутация полезна, если приводит к снижению средней полезности. Полезная мутация фиксируется отбором.

В [1] показано, что для моделирования развития необходимо модифицировать модель эволюции, дополнив элементы способностью к вступлению в обмен между собой.

Итак, модель развития, это эволюционирующая популяция конечных автоматов, способных к вступлению в обмен. В процессе развития обмен видоизменяет критерий отбора, а измененный критерий отбора меняет условия обмена. В результате развитие закономерно проходит ряд этапов. Проиллюстрируем кратко их содержание этих этапов.

На рис. 1.1 изображена популяция одинаковых элементов, осуществляющих функционирование, при котором выход равен входу (простое воспроизводство). В результате мутаций и отбора некоторые элементы переходят от простого воспроизводства к расширенному. На рис. 1.2 изображен один элемент, осуществляющий расширенное воспроизводство.

На 3-ем этапе элемент, осуществляющий расширенное воспроизводство, становится инициатором обменов. В случайные моменты времени он находит случайных партнеров и возникают случайные обмены (рис. 1.3). Специализированный инициатор обменов постепенно приобретает многочисленных партнеров и поставляемый им для обмена ресурс (сигнал) становится мерой других обменов (рис. 1.4).

На 5-ом этапе, показанном на рис. 1.5, специализация инициатора обменов усиливается, а пассивные случайные партнеры начинают индуцировано специализироваться на производстве тех ресурсов, которые готов принимать инициатор. При этом

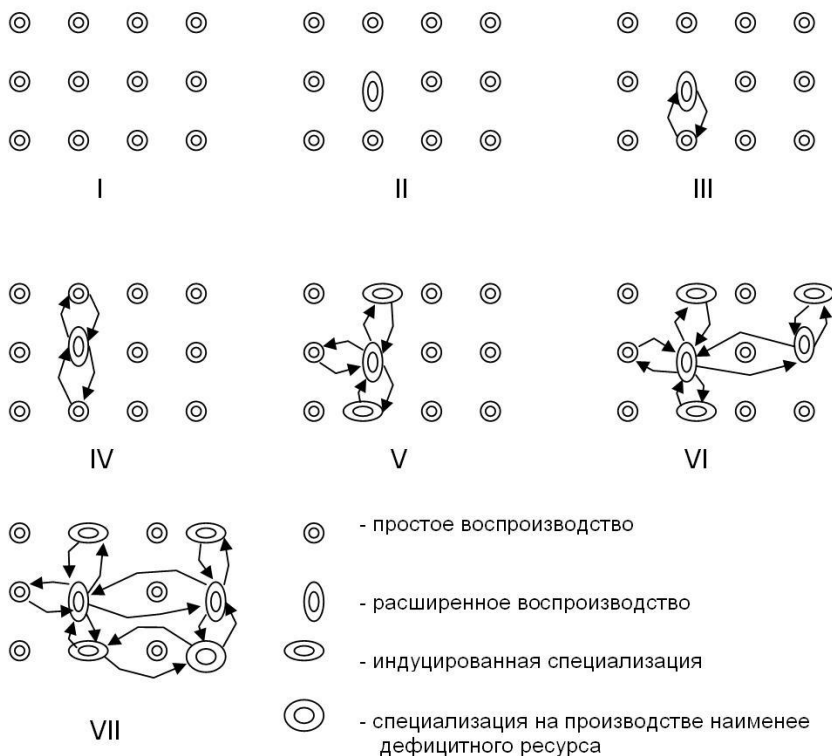


Рис. 1: Основные этапы развития

сигнал специализированного инициатора становится неидентифицируемым. Вместе с этим возникает механизм саморегуляции пропорций обмена.

Неидентифицируемый сигнал становится не только обязательным участником любого обмена, но, вместе с тем, источником неопределенности, который становится новым феноменом, порожденным развитием. Еще один феномен, возникающий на данном этапе развития, - это появление морфологического образования, состоящего из инициатора обменов и индуцировано специализированных партнеров.

На следующем 6-ом этапе развития, рис. 1.VI, во взаимодействие вступают специализированные инициаторы обменов, принадлежащие разным морфологическим образованиям. Тем самым порождается иерархия как очередной новый феномен.

Поскольку процессы обменов подвержены случайным колебаниям, а так же циклическим колебаниям, порождаемым механизмом саморегуляции, то периодически возникают ситуации, когда индуцировано специализированные элементы теряют партнеров. Им, в ответ на любое новое предложение об обмене, приходится предлагать наименее дефицитный ресурс, которым они располагают. Схематично это показано на рис. 1.VII. В результате в системе появляется очередной новый феномен, а именно подверженность системы действию вариационного принципа. Этот феномен проявляется в том, что отдельные морфологические образования начинают соединяются в конгломераты, так, чтобы минимизировать совокупный расход наименее дефицитного ресурса. В конечном итоге вся совокупность ранее разрозненных исходных элементов как целое приобретает полный набор свойств отдельного исходного элемента. Можно сказать, что исходная совокупность объединяется в новый элемент. Это элемент нового уровня и с него начинается новый цикл развития.

Итак, мы кратко обрисовали технологию математического моделирования развития, которая открывает принципиальную возможность для исследования в вычислительных экспериментах процессов порождения феноменов: неопределенности, саморегуляции, структуризации, вариационного принципа и др. Эта технология с равным успехом применима для исследования развивающихся систем любого уровня: социально-экономических, физических (на микроуровне), биохимических. В частности, имеется принципиальная возможность моделирования процессов развития общества от первобытнообщинного состояния до постиндустриального, порождения физического пространства, принципа относительности и принципа квантово-механической неопределенности.

Для дальнейшей разработки данного направления научных исследований необходимы программные реализации моделей развития. На этом пути необходимо пройти несколько стадий. На первой стадии разработать простейшие малоразмерные модели развития, которые продемонстрируют работоспособность модели, ее функциональную полноту. Эта стадия в значительной степени уже осуществлена. На следующей стадии могут разрабатываться модели развития ориентированные на решение теоретических проблем в разных областях. Это потребует значительных вычислительных ресурсов и значительных трудозатрат высококвалифицированных программистов.

Литература

1. ЛИХТЕНШТЕЙН В.Е. *Эволюционно-симулятивный метод в планировании*. М.: Наука, 1979.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ АКТИВНЫХ СИСТЕМ

Мистров Л.Е.

*(Центральный филиал ГОУ ВПО
«Российская академия правосудия», Воронеж)*

Активные системы (АС) объединяют широкий класс организационных и организационно-технических систем (ОС, ОТС). Для них характерна определенная целевая функция – выполнение поставленных задач с требуемым качеством. Исходя из цели их применения существует множество условий их функционирования, обобщенно представляемых в категориях конфликта типа единство, нейтралитет, взаимодействие и соперничество. Основным свойством АС является конфликтная устойчивость

как свойства выполнять поставленные задачи с заданным качеством независимо от условий организованного противодействия конкурирующих систем за владение тем или иным ресурсом.

Одной из основной проблем при разработке методов исследования устойчивости АС является оценка возможностей и обоснование применимости того или иного метода или их комбинации для решения задач исследований. Применимость метода представляет многомерный вектор, характеризуемый совокупностью параметров, основными из которых являются: сходимость; согласованность целей, задач, критериев, предположений, ограничений, внешних и внутренних условий их обеспечения; адекватность моделей для описания временных процессов (нестационарных, стационарных, нормальных, релейских, пуассоновских, равновероятных и т.д.) функционирования АС.

Для каждого типа исследуемого процесса и описывающего его закона существует множество допущений. Основным из них является то, что любой процесс, любой закон и любой метод может быть применим (т.е., сходится) только к определенным внешним и внутренним условиям синтеза любой АС. Внешние и внутренние условия определяют конфликтную устойчивость АС на основе обоснования её состава, структуры, характеристик, алгоритмов функционирования и способов применения на аспектах организационно-функционального, системотехнического и технического синтеза [1]. К настоящему времени вопросам применимости методов устойчивости функционирования АС уделяется недостаточное внимание: разработаны совокупности специальных принципов, частных закономерностей и условностей; их методология находится в стадии становления.

Возможно выделение различных подходов к устойчивости АС.

1. Основным при разработке методов исследования устойчивости АС является принцип соответствия получаемых решений (оценок) “здравому смыслу”. Здравый смысл – логическое представление исследователями решений в виде физического, временного и пространственного толкований или степень приближения к нему (чем меньше расхождения, тем устойчивее метод). Принцип

известен давно - любой исследователь при изучении процессов функционирования АС может с большой степенью (вероятностью) обосновать суть результатов решения задачи семантически (на основе умозаключения), хотя они формально получены на основе математических методов (зависимостей).

2. Важным при исследовании применимости методов является вопрос об их сходимости, так как: а) требует особого внимания вопрос о содержании исследуемых процессов и их свойствах: стационарность, эргодичность, последствие, стохастичность, адаптивность и т.д.); б) требует существенного развития вопрос об адекватности формального описания процессов функционирования АС на основе понятий вероятности и характеристик закона и в) он связан с развитием теоретических взглядов и их преломлением на практические задачи. Т.е., конечной целью исследований является поиск перехода от исходной ситуации к сбалансированной, удовлетворяющей поставленным целям и критериям. Поэтому при синтезе АС основное внимание уделяется исследованию взаимосвязей, которые усиливают или подавляют отклонение системы от положения равновесия.

3. Процесс познания и исследования устойчивости протекающих процессов в АС всегда имеет в некотором смысле аналогии. Например, классическая теория устойчивости исследует главным образом равновесные состояния технических систем (ТС) и динамику их поведения в малой окрестности этих состояний. Однако при синтезе АС не всегда удастся даже обосновать их применимость, не говоря уже об адекватности получаемых результатов. Это объясняется тем, что режимы функционирования АС далеки от равновесного состояния. Поэтому центральным в АС является устойчивость, предполагающая моделирование качественно-количественных изменений траекторий их поведения при изменении структуры и стратегий поведения на основе использования различных методов распределения ресурсов не исключая возможности применения с доработками методов синтеза ТС. При этом устойчивость АС реализуется моделями целе-

направленного функционирования, позволяющих выделить системные компоненты и определить характеристики:

<цель> $\Leftrightarrow$ <условия> $\Leftrightarrow$ <стратегии> $\Leftrightarrow$ <устойчивость>.

4. Требуется дальнейшего развития принцип адекватности моделей исследуемым процессам. Существует большое множество методов для формализации различных процессов, применяемых, как правило, с некоторыми характерными допущениями и ограничениями. Вследствие их некоторой методической сложности, каждый исследователь их воспринимает и применяет индивидуально на основе их декомпозиции до уровня задач допустимой сложности, поддающихся формальному описанию для использования соответствующего метода или их комбинации при проведении анализа элементов АС на иерархических уровнях исследований. При этом в зависимости от уровня исследования АС возможно использование принципов гарантированного результата, координации и гомотопической инвариантности в единстве с теориями векторной оптимизации, максимина, многошаговых биматричных игр на выживание (для поиска оптимальных решений на уровне функциональных ОС и ОТС), динамического программирования, гомотопического метода исследования нелинейных оптимизационных процессов с экстремальными ограничениями (уровень ОС и ОТС), методов двух функций, максимального элемента и методов кусочно-линейной аппроксимации (уровень ТС) применительно к соответствующим им условиям на уровнях типовых двусторонних действий, сценариев, эпизодов и ситуаций. Поиск решений на уровнях средств и способов осуществляется на этапе технического синтеза применительно к условиям типовых дуэлей и состояний [1].

Вопрос адекватности методов реальным процессам применения АС недостаточно изучен - часто используется в силу различного понимания существа задачи один и тот же математический аппарат для описания различных процессов, что не всегда правомочно. Много предположений и допущений допускается и при формализации временных процессов. Главным

предположением является использование свойства нормальности процессов и использование для их описания, в основном, экспоненциального закона. Поэтому исследователям представляется, что все процессы могут представляться в виде экспонент. Это реально лишь потому, что положив в основу нормальный закон, делается ошибочный вывод о том, что все процессы подчинены этому закону. Хотя это вероятно, но процессы развиваются по закону равных вероятностей на некотором интервале $a_1 \leq x \leq a_2$. Использование изначального предположения, что $f(x) = A_x (a_1 \leq x \leq a_2)$, позволяет разрабатывать более сложные модели, выводить новые теоретические положения и делать практические выводы. Например, поиск седловой точки игры при описании конфликтов АС осуществляется на основе уравнения $\max_i \min_j (A_{ij} / B_{ij}) = \min_i \max_j (A_{ij} / B_{ij})$, где очевиден переход от нормального закона с приближением к закону равных вероятностей. Возможен и дальнейший анализ применимости различных методов к исследованию устойчивости АС. Но из приведенного анализа ясно, что существующие методы не обеспечивают в полной мере решения данной проблемы, обуславливая для её исследования разработку новых методов или комбинацию известных с учетом адекватного учета внешних и внутренних условий применения АС.

Литература

1. МИСТРОВ Л.Е. *Методологические основы синтеза информационно-обеспечивающих функциональных организационно-технических систем* / Л.Е. Мистров, Ю.С. Сербулов. – Воронеж: Научная книга, 2007. – 232 с.

О НЕКОТОРЫХ ЗАДАЧАХ НАБЛЮДЕНИЯ В ПОВТОРЯЮЩИХСЯ ИГРАХ С ВОЗМУЩАЮЩИМ ФАКТОРОМ

Мохо́нько Е.З.
(ВЦ РАН, Москва)
mohon@ccas.ru

Рассмотрен ряд неантагонистических повторяющихся игр с непрерывным временем. Один раз за всю игру может действовать возмущающий фактор. Игры отличаются друг от друга условиями и последствиями действия возмущения. Они также отличаются разными возможностями первого игрока влиять на ход игры и получать информацию. Найдены оптимальные стратегии и режимы получения информации. Показано, что избыточность информации может быть полезна.

Ключевые слова: повторяющиеся игры, возмущающий фактор, оптимальный режим получения информации

Введение

Работа посвящена исследованию возможностей по уменьшению объема информации, необходимого для принятия правильных управляющих решения. Тема работы актуальна. Об этом свидетельствует тот факт, что вопросы, связанные с избыточностью информации, обсуждаются теперь широкой общественностью в интернете, а не только в научных кругах.

Избыточность информации может быть нужна для подстраховки при неожиданных изменениях. В данной работе рассматриваются динамические игры, на протяжении которых может действовать возмущение. Оно, например, может принудительно изменить выбор второго игрока. Поэтому в рассматриваемых играх удалось не только найти оптимальные режимы получения информации, но и выявить случаи, когда избыточность информации полезна.

1. Игры, в которых возмущение изменяет выбор второго игрока

Рассматриваются повторяющиеся неантагонистические игры двух лиц с непрерывным временем, в которых один раз за всю игру может действовать возмущающий фактор. Когда оно подействует – не известно. Возмущение принудительно изменяет выбор второго игрока в случае, если он не отклонялся от договорного выбора до момента воздействия возмущения. В играх 1-6 возмущающее воздействие приводит к увеличению выигрыша второго игрока. В играх 7-9 оно приводит к уменьшению выигрыша второго игрока.

В первой игре найдена ситуация равновесия при непрерывном получении информации о выборах второго игрока и о том, подействовала ли помеха или нет. В каждый момент времени игроки имеют информацию о сделанных выборах от начала игры и до этого момента и настолько же подробную информацию о том, действовало ли возмущение или нет. Во всех играх второй игрок получает всю информацию непрерывно.

Во второй игре первый игрок может получать информацию о выборах игрока как непрерывным, так и дискретным образом. Информацию о возмущении он получает непрерывно.

Был найден режим получения информации о выборах второго игрока, оптимальный в том смысле, что соседние моменты получения информации удалены друг от друга максимально. Если это расстояние увеличить, то найдется момент воздействия возмущения, при котором исчезнет ситуация равновесия, существующая при непрерывном получении информации.

В играх 3-9 изучается влияние различных свойств первого игрока на оптимальные режимы получения информации не только о выборах второго игрока, но и о возмущении.

2.Игры, в которых возмущение может уменьшить дополнительный платеж

Десятая и одиннадцатая игры - это неантагонистические повторяющиеся игры двух лиц, в которых первый игрок может в конце игры выплачивать дополнительный платеж второму игроку. Это расширяет множество равновесных выборов. Выигрыш второго игрока на договорной траектории может быть мал, но это будет компенсироваться большим дополнительным платежом, который первый игрок выплатит второму игроку, если тот не отклонится от договорной траектории до конца игры. Один раз за всю игру может подействовать возмущение (а может и не подействовать), уменьшая величину дополнительного платежа. Предполагается, что второй игрок - оптимист и при такой неопределенности, связанной с возмущением, соглашается участвовать в игре. Рассмотрен случай небольшого выигрыша второго игрока на договорной траектории. Пусть в игре без возмущения ситуация равновесия существует (за счет существенного дополнительного платежа) при непрерывном получении информации. В десятой игре показано, что в случае воздействия возмущения в начале игры ситуация равновесия рассматриваемого вида не существует даже при непрерывном поступлении информации. Ситуация равновесия сохраняется даже при дискретном поступлении информации о выборах второго игрока, если первый игрок сам получает информацию о том, подействовало ли возмущение и сообщает ее в конце игры второму игроку. Этот результат получен при рассмотрении одиннадцатой игры.

Заключение

Получены следующие результаты.

- Найдены равновесные стратегии игроков и оптимальные в некотором смысле режимы получения информации о выборах второго игрока и о возмущении.

- Показано, что уменьшить объем получаемой информации без ущерба для результата позволяют следующие улучшенные свойства первого игрока.

Способность запоминать все, что ему становится известным по ходу игры (совершенная память).

Оптимальность алгоритмов функционирования, а именно появление возможности не назначать моменты получения информации о возмущении, если в этом не возникло необходимости и способность применять при определении моментов получения информации все имеющиеся сведения, а не только часть их.

- Показано, что некоторая избыточность информации может быть полезна в том смысле, что более частое получение информации об одной компоненте вектора, по которому принимаются решения, позволяет уменьшить количество моментов получения информации о другой компоненте.

- Рассмотрены повторяющиеся игры с дополнительным платежом и с возмущением, которое может подействовать по ходу игры и уменьшить дополнительный платеж. Последствия возмущения зависят от времени его воздействия. В некоторых случаях оно может уничтожить ситуацию равновесия, существующую в игре без возмущения. Если же информация о возмущении поступает сначала к первому игроку, а он сообщает ее в конце игры второму, то ситуация равновесия сохраняется.

О РАЗРАБОТКЕ И РАЗВИТИИ УСТОЙЧИВЫХ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ И МОДЕЛЕЙ ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ

Орлов А.И.

(МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва)

prof-orlov@mail.ru

Для обоснованного практического применения математических моделей процессов управления предприятиями и основанных на них экономико-математических методов должна быть изучена устойчивость получаемых с их помощью выводов по отношению к допустимым отклонениям исходных данных и предпосылок моделей. Предложена исследовательская программа по устойчивости, в частности, общая схема устойчивости, выделен ряд конкретных проблем, как пример – выбор моделей при стратегическом планировании.

Ключевые слова: процессы управления, устойчивость, экономико-математические методы и модели, непараметрическая статистика, нечисловая статистика.

Введение

Справиться с вызовами современности наша страна может, лишь выйдя на инновационный путь развития. Для повышения эффективности процессов управления предприятиями и организациями, для обеспечения технологической независимости нашей страны необходимо применять экономико-математические методы и модели, основанные на адекватных теоретических подходах. В частности, необходимо учитывать, что исходные данные известны лишь с некоторой степенью точности, а самим методам и моделям присущи методические погрешности.

Как хорошо известно в теории активных систем, процессы управления предприятиями и организациями реализуются в реальных ситуациях с достаточно высоким уровнем неопреде-

ленности. Велика роль нечисловой информации как на «входе», так и на «выходе» процесса принятия управленческого решения. Неопределенность и нечисловая природа управленческой информации должны быть отражены при анализе устойчивости экономико-математических методов и моделей с целью повышения качества управленческих решений.

Для обоснованного практического применения математических моделей процессов управления промышленными предприятиями и основанных на них экономико-математических методов должна быть изучена их устойчивость по отношению к допустимым отклонениям исходных данных и предпосылок моделей. В результате удастся оценить точность предлагаемого управленческого решения, выбрать из многих моделей наиболее адекватную, установить необходимую точность нахождения параметров и т.п.

Следовательно, необходима разработка и развитие теоретических основ и методологии обоснования, выбора и создания новых математических методов и моделей, направленных на рационализацию и оптимизацию процессов управления на основе изучения их устойчивости по отношению к допустимым отклонениям исходных данных и предпосылок моделей.

1. Общая схема и конкретные проблемы устойчивости

Необходим математический аппарат для описания проблем устойчивости выводов, получаемых на основе математических моделей социально-экономических явлений и процессов. Предлагаем использовать общую схему устойчивости, разработанную нами в [1]. Непосредственно из нее вытекает ряд практически полезных рекомендаций, в частности, **принцип уравнивания погрешностей**, согласно которому целесообразно обеспечить одинаковый вклад погрешностей различной природы вносят в общую погрешность. Он позволяет установить:

- рациональный объем выборки в статистике интервальных данных;
- число градаций в анкетах, предназначенных для опроса потребителей;
- необходимую точность оценивания параметров в моделях управления запасами.

Нами изучен ряд конкретных постановок проблем устойчивости в математических методах и моделях, используемых при управлении предприятиями и организациями:

- устойчивость по отношению к изменению данных (статистика интервальных и нечетких данных);
- устойчивость к изменению объема данных (объема выборки) – асимптотическая статистика (методы – предельные теоремы теории вероятностей и статистическое моделирование);
- устойчивость к изменению распределения данных (непараметрическая и робастная статистика);
- устойчивость по отношению к временным характеристикам (моменту начала реализации проекта, горизонту планирования);
- борьба с неопределенностью путем изменения вида данных, т.е. путем перехода к нечисловым данным (статистика нечисловых данных);
- устойчивость по отношению к допустимым преобразованиям шкал измерения.
- устойчивость характеристик инвестиционных проектов к изменению коэффициента дисконтирования с течением времени;
- устойчивость к изменению коэффициентов и объемов партий в моделях управления запасами, оценка достигаемой точности расчетов...

2. Исследовательская программа

Реализованную нами за последние 30 лет исследовательскую программу целесообразно разбить на шесть направлений, посвященных решению следующих задач:

1. Развить методологию разработки математических методов и моделей процессов управления промышленными предприятиями, разработать общий подход к изучению устойчивости (общую схему устойчивости) таких моделей и методов и выделить частные постановки проблем устойчивости, в том числе устойчивость к изменению данных, их объемов и распределений, по отношению к временным характеристикам. Один из подходов к построению устойчивых методов и моделей - моделирование с помощью нечисловых объектов.

2. Разработать непараметрические (устойчивые к изменению распределения) статистические методы для решения конкретных задач управления промышленными предприятиями – для оценки характеристик, прогнозирования, сегментации рынка и др.

3. Установить связи между различными видами объектов нечисловой природы, построить вероятностные модели их порождения. На основе расстояний (показателей различия, мер близости) и задач оптимизации развить статистическую теорию в пространствах общей природы, Разработать методы моделирования конкретных нечисловых объектов.

4. Разработать асимптотическую статистику интервальных данных на основе понятий нотны и рационального объема выборки, развить интервальные аналоги основных областей прикладной статистики.

5. На основе концепции устойчивости по отношению к временным характеристикам (моменту начала реализации проекта, горизонту планирования) провести экономико-математическое моделирование ряда процессов стратегического управления промышленными предприятиями: обосновать применение асимптотически оптимальных планов, дать характеризацию моделей с дисконтированием.

6. Разработать устойчивые экономико-математические методы и модели процессов управления экономикой в функциональных областях производственно-хозяйственной деятельности промышленных предприятий, в частности, при использовании экспертных методов, в инновационном и инвестиционном ме-

неджменте, при управлении качеством промышленной продукции, при выявлении предпочтений потребителей, при управления материальными ресурсами

3. Пример – выбор моделей при стратегическом планировании

Рассмотрим устойчивость по отношению к временным характеристикам (моменту начала реализации плана (проекта), горизонту планирования).

При разработке стратегии развития крупномасштабной системы, корпорации, промышленного предприятия одна из основных проблем – целеполагание. Поскольку естественных целей обычно несколько, то при построении формализованных экономико-математических моделей приходим к задачам многокритериальной оптимизации. Поскольку одновременно по нескольким критериям оптимизировать невозможно (например, невозможно добиться максимальной прибыли при минимуме затрат), то для адекватного применения экономико-математических методов и моделей необходимо тем или иным образом перейти к однокритериальной постановке (либо, выделив множество оптимальных по Парето альтернатив, применить экспертные технологии выбора). При выборе вида единого критерия целесообразно использовать полученную нами характеристику моделей с дисконтированием.

Ясно, что упорядоченность планов может зависеть от момента начала их реализации, т.е. «хорошесть» плана зависит от того, с какого момента он начинает осуществляться. С точки зрения реальной экономики это вполне понятно. Например, планы действий, вполне рациональные для периода стабильного развития, нецелесообразно применять в период гиперинфляции. И наоборот, приемлемые в период гиперинфляции хозяйственные операции не принесут эффекта в стабильной обстановке.

Нами установлено, что условия устойчивости упорядоченности планов относительно изменения момента начала их реали-

зации характеризуют (другими словами, однозначно выделяют) модели с дисконтированием среди всех моделей динамического программирования. Другими словами, устойчивость хозяйственных решений во времени эквивалентна использованию моделей с дисконтированием; применяя модели с дисконтированием, предполагаем, что экономическая среда стабильна; если прогнозируем существенное изменение взаимоотношений хозяйствующих субъектов, то вынуждены отказаться от использования моделей с дисконтированием.

Перейдем к проблеме горизонта планирования. Только задав интервал времени, можно на основе экономико-математических методов и моделей принять оптимальные решения и рассчитать ожидаемую прибыль. Проблема «горизонта планирования» состоит в том, что оптимальное поведение зависит от того, на какое время вперед планируют, а выбор этого горизонта зачастую не имеет рационального обоснования. Однако от него зависят принимаемые решения и соответствующие этим решениям экономические результаты. Например, при коротком периоде планирования целесообразны лишь инвестиции (капиталовложения) в оборотные фонды предприятия, и лишь при достаточно длительном периоде – в основные фонды. Однозначный выбор горизонта планирования обычно не может быть обоснован, это – нечисловая экономическая величина. Предлагаем справиться с противоречием путем использования асимптотически оптимальных планов.

Нами доказано существование асимптотически оптимальных планов в естественных математических предположениях. Тем самым решается проблема горизонта планирования - надо использовать асимптотически оптимальные планы, не зависящие от горизонта планирования. Оптимальная траектория движения состоит из трех участков - начального, конечного и основного, а основной участок - это движение по магистрали (аналогия с типовым движением автотранспорта).

В теории управления запасами известна формула квадратного корня (Вильсона). Часто ошибочно утверждается, что она

определяет оптимальный план поставок. На самом же деле она задает асимптотически оптимальный план, что и определяет ее практическую ценность.

Основные результаты по тематике доклада опубликованы в [1-6].

Литература

1. ОРЛОВ А.И. *Устойчивость в социально-экономических моделях*. М.: Наука, 1979. - 296 с.
2. КОЛОБОВ А.А., ОМЕЛЬЧЕНКО И.Н., ОРЛОВ А.И. *Менеджмент высоких технологий. Интегрированные производственно-корпоративные структуры: организация, экономика, управление, проектирование, эффективность, устойчивость*. М.: Экзамен, 2008. - 621 с.
3. ОРЛОВ А.И. *Эконометрика*. М.: Экзамен, 2002. - 576 с.
4. ОРЛОВ А.И. *Прикладная статистика*. М.: Экзамен, 2006. - 671 с.
5. ОРЛОВ А.И. *Теория принятия решений*. М.: Экзамен, 2006. - 576 с.
6. ОРЛОВ А.И. *Организационно-экономическое моделирование*. Часть 1. Нечисловая статистика. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009. - 541 с.

ДВОЙСТВЕННЫЕ СЕТЕВЫЕ МОДЕЛИ БОЛЬШИХ СИСТЕМ

Петров А.Е.

(Московский государственный горный университет)

helen_pet@mail.ru, banks@mobile.ru

Тензорный метод двойственных сетей позволяет создать модели систем, которые отражают одновременно процессы и структуру. Структура служит пространством, в котором координатами являются замкнутые и разомкнутые пути. Базис замкнутых путей представляет процессы, вызванные внутренними воздействиями, а базис разомкнутых путей представляет процессы, вызванные внешними воздействиями. Изменение структуры вызвано замыканием или размыканием границ между элементами, с изменением числа базисных замкнутых и разомкнутых путей, т.е. меняется размерность их подпространств. Сумма базисов замкнутых и разомкнутых путей в данной и двойственной сети постоянная, а сумма метрических тензоров является инвариантом. Метод применяется для моделирования сети производства и двойственной сети потоков денежных средств.

Ключевые слова: сети, тензор, двойственность, инвариант, потоки продуктов, потоки денежных средств.

Тензорный метод двойственных сетей связывает процессы и структуру, в том числе процессы в экономике и структуру хозяйственных связей. Изменение процессов при изменении структуры описывает тензорный метод двойственных сетей, который основан на инварианте двойственности структуры, математически представляющем закон сохранения потока энергии.

Структура сетей служит пространством, в котором координатами являются замкнутые и разомкнутые пути. Базис замкнутых путей представляет процессы, вызванные внутренними

воздействиями, а базис разомкнутых путей представляет процессы, вызванные внешними воздействиями. Изменение структуры производится замыканием или размыканием границ между элементами. При этом появляются новые замкнутые пути, соответственно, исчезают разомкнутые пути, или наоборот. Это вызывает изменение числа базисных замкнутых и разомкнутых путей, что приводит к изменению размерности их подпространств.

Матрицы преобразования системы координат структуры тогда становятся прямоугольными и для одной сети не образуют группу. В двойственной сети разомкнутому пути соответствует замкнутый путь, и наоборот. Сумма базисов замкнутых и разомкнутых путей в данной и двойственной сети постоянная, а сумма метрических тензоров является инвариантом.

Данный инвариант связывает матрицы преобразования путей C данной сети и матрицы преобразования путей A двойственной сети:

$$C (C_t C)^{-1} C_t + A (A_t A)^{-1} A_t = I.$$

Инвариант двойственности обеспечивает групповые свойства преобразований при соединении и разъединении элементов структуры.

Величины воздействия и отклика по способу их измерения делятся на два типа. Величины, которые измеряют в одной точке (например, электрический ток), называют продольными величинами. Этому соответствует прямой базис. Величины, которые измеряют как разность значений в двух пространственно различных точках, (например, электрическое напряжение измеряется как разность значений потенциала между эквипотенциальными поверхностями); такие величины называют поперечными.

Продольные и поперечные величины представляют компоненты вектора потока энергии в системах координат прямого базиса (вдоль линий координат) и взаимного базиса (на векторах, которые касательные к гиперплоскостям, ортогональным к линиям координат).

В каждой предметной области произведение соответствующих пар продольных и поперечных величин имеет физическую размерность мощности (потока энергии). Физическая размерность величин воздействий и откликов меняется в зависимости от того, в структуре какого типа (замкнутых путях или разомкнутых путях) они заданы.

Если потоки энергии заданы в замкнутых путях (контурах) сети, то воздействиями являются поперечные величины, а откликами – продольные. Это описание замкнутых систем.

Если потоки энергии заданы в разомкнутых путях сети, то воздействиями являются продольные величины, а откликами – поперечные. Это описание открытых систем.

Например, в электрической цепи источники напряжения (воздействия) определяют токи (отклики) в контурах, замкнутых путях. Расчет цепи производится контурным методом Кирхгофа. Если заданы источники тока, то они определяют отклики-напряжения на разомкнутых путях (пары узлов). Расчет цепи производится узловым методом.

Метод применяется для моделирования сети производства и двойственной сети потоков денежных средств.

Сетевая модель межотраслевого баланса включает все соотношения между потоками в системе. Уравнения системы приводятся к тензорному виду, т.е. при изменении координат (структуры спроса, хозяйственных связей), все величины преобразуются линейно.

Эти суммы независимых, двойственных контурных и узловых токов, численно равны потокам продуктов в отраслях, поставках и ресурсах, получаемым при обращении экономической матрицы) Для расчета по частям сетевая модель делится на подсистемы, решения которых затем алгоритмически соединяют в решение всей системы. Показано, что такой алгоритм обеспечивает многократное снижение объема вычислений, ускоряя плановые расчеты.

Сетевая модель генерирует также ковариантные компоненты вектора потока энергии (напряжения на ветвях сети). Они

представляют пропорции денежных средств, которые должны распределяться в системе производства для обеспечения заданного выпуска. Пропорции, поскольку денежные потоки измеряются с точностью до стоимости денежной единицы (в энергетическом эквиваленте), точно так, как потенциал измеряется не абсолютно, а относительно нулевого узла (заземления).

Роль метрических характеристик в сети потоков продуктов играют коэффициенты прямых затрат, которые устанавливают меру отношений между отраслями. Это могут быть также энергетические эквиваленты между спросом и производством, предложением. В двойственной сети потоков денежных средств, роль метрики играют ставки процентов за привлечение и размещение денежных средств.

В экономике известна двойственность потоков продуктов (товаров и услуг) и денежных средств (платежей, кредитов и долговых инструментов). Потоки продуктов и денежных средств движутся между хозяйствующими субъектами (элементами сети) навстречу друг другу, но структура этих сетей различна и обладает двойственностью. Двойственные сети позволяют рассматривать экономику, хозяйственный процесс, как «живую» электромагнитную систему. Такая система отличается от технических систем тем, что не только рассеивает потоки энергии, но и накапливает потоки энергии, обеспечивая расширенное воспроизводство и средства развития человеческого общества.

Литература

1. ПЕТРОВ А.Е. *Тензорный метод двойственных сетей*. – М.: ООО ЦИТвП, 2007. – 496 с.

ИГРОВОЙ ЭКСПЕРИМЕНТ ДЛЯ АНАЛИЗА СХОДИМОСТИ ПРОЦЕДУРЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕСУРСА В СИТУАЦИЮ РАВНОВЕСИЯ

Уандыков Б.К.⁽¹⁾, Хулап Т.Я.⁽²⁾, Щепкин А.В.⁽²⁾

(1 – Комитет транспорта и путей сообщения
республики Казахстан, 2 – ИПУ РАН, Москва)

sch@ipu.ru

Рассматривается процедура распределения ресурса, которая формально записывается в виде

$$(1) \quad x_i = \begin{cases} s_i, & \text{если } \sum_{j=1}^n s_j \leq R \\ \min \left(s_i, \frac{\vartheta_i - \alpha s_i}{\sum_{j=1}^n (\vartheta_j - \alpha s_j)} R \right), & \text{если } \sum_{j=1}^n s_j > R \end{cases},$$

где R - распределяемый ресурс;

n - количество потребителей ресурса (агентов);

s_i - заявка на ресурс i -го агента, $i=1, \dots, n$;

α - некоторый коэффициент.

x_i - количество ресурса, полученное i -м агентом, $i=1, \dots, n$;

$\vartheta_i = \sqrt{r_i x_i}$ - эффект, который может быть получен i -м агентом, $i=1, \dots, n$;

r_i - параметр, характеризующий i -го агента, $i=1, \dots, n$;

Очевидно, что в ситуации равновесия должно выполняться условие

$$(2) \quad s_i^* = x_i = \frac{\vartheta_i - \alpha s_i^*}{\sum_{j=1}^n (\vartheta_j - \alpha s_j^*)} R, \quad i=1, \dots, n.$$

Естественно, на коэффициент α должны быть наложены соответствующие ограничения, чтобы одновременно для всех $i=1, \dots, n$ выполнялись неравенства

$$\mathfrak{D}_i - \alpha s_i \geq 0 \text{ или } \mathfrak{D}_i - \alpha s_i \leq 0$$

Для того чтобы найти равновесные значения s_i^* $i=1, \dots, n$ необходимо решить систему уравнений (2). Ее решение записывается в виде

$$s_i^* = \frac{r_i}{\sum_{j=1}^n r_j} R.$$

Таким образом, ситуация равновесия по Нэшу существует и при этом значение равновесных заявок на ресурс не зависит от коэффициента α . Сходимость в ситуацию равновесия исследуется по результатам игрового эксперимента, в котором агенты на $k+1$ шаге формируют свою стратегию (определяют заявку на ресурс) на основе гипотезы индикаторного поведения

$$s_i^{k+1} = s_i^k + \gamma_i^k (\tilde{s}_i^k - s_i^k),$$

$$\gamma_i^k \in [0;1].$$

Здесь $\tilde{s}_i^k$ - положение цели i -го агента в k -й партии, или, другими словами, это то состояние, которое обеспечивает i -му агенту максимальное значение его целевой функции в k -й партии игры. Значение γ_i^k определяет величину шага в сторону цели. Для процедуры распределения ресурса (1) положение цели определяется выражением

$$\tilde{s}_i = \frac{\alpha R + \mathfrak{D}_i + (\mathfrak{D}_i - \alpha s_i^k) A_i^k \pm \sqrt{[\alpha R + \mathfrak{D}_i + (\mathfrak{D}_i - \alpha s_i^k) A_i^k]^2 - 4\alpha \mathfrak{D}_i R}}{2\alpha},$$

где $A_i^k = \frac{R}{x_i^k} - 1$, количество ресурса, полученное i -м агентом,

$i=1, \dots, n$ в k -й партии.

Проведение игрового эксперимента показывает влияние коэффициента α на скорость сходимости в ситуацию равновесия.

МЕТОДЫ ИЕРАРХИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ УСТОЙЧИВЫМ РАЗВИТИЕМ АКТИВНЫХ СИСТЕМ

Угольников Г.А.

(Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону)

ougoln@mail.ru

Рассматривается теоретико-игровая формализация методов иерархического управления устойчивым развитием активных систем. Обсуждаются возможные приложения к моделированию эколого-экономических систем и инвестиционно-строительных проектов.

Ключевые слова: иерархическое управление, теоретико-игровые модели, устойчивое развитие

Основные подходы к формализации и решению задач иерархического управления предложены в рамках информационной теории иерархических систем [2] и теории активных систем [1,3]. В частности, Ю.Б.Гермейером сформулированы три основных вида теоретико-игровых постановок задачи иерархического управления: без обратной связи (Γ_1), с обратной связью (Γ_2) и со встречной обратной связью (Γ_3). В статье [4] автором предложена теоретико-игровая формализация основных методов иерархического управления (принуждения, побуждения, убеждения) с учетом требования устойчивого развития. В настоящей работе предлагается более общая классификация методов решения задачи иерархического управления устойчивым развитием, рассматриваются приложения к управлению эколого-экономическими системами и инвестиционно-строительными проектами.

Можно выделить три качественно различных метода управления: 1) принуждение, при котором Ведущий обеспечивает насильственное подчинение Ведомого своим намерениям посредством обязательных установлений, игнорирующих инте-

рессы Ведомого; 2) побуждение, в котором основную роль играет вознаграждение, обещаемое Ведущим Ведомому в обмен на подчинение (и штраф в противном случае); 3) убеждение, т.е. добровольную осознанную солидаризацию Ведомого с намерениями Ведущего.

С точки зрения математической формализации задачи управления активным элементом как иерархической игры двух лиц, выполненный анализ приводит к следующим выводам: вектор управляющих воздействий (стратегия) Ведущего подразделяется на два подвектора, первый из которых соответствует принуждению, а второй – побуждению; компоненты подвектора принуждения ограничивают множество допустимых стратегий Ведомого; компоненты подвектора побуждения влияют на функцию выигрыша Ведомого; метод убеждения означает переход игроков к кооперативному поведению.

Формализация устойчивого развития как цели иерархического управления и методов ее достижения с учетом интересов Ведущего и Ведомого осуществляется посредством теоретико-игровой модели

$$(1) J_L = g_L(\pi(q, p, u)) - M\rho(u, U_L) \rightarrow \max, 0 \leq q \leq 1, 0 \leq p \leq 1.$$

$$(2) J_F = g_F(\pi(p, u)) \rightarrow \max, 0 \leq u \leq 1 - q, U_L = [0, a], 0 \leq a \leq 1.$$

Здесь $u = (u_1, \dots, u_n)$ – стратегия Ведомого; U_L – область стратегий Ведомого, отвечающих требованиям устойчивого развития (параметр a определяет степень жесткости этих требований); если $u \notin U_L$, то $\rho(u, U_L) = 0$, иначе $\rho(u, U_L) = 1$; M – штрафная константа, многократно превышающая максимальное значение выигрыша Ведущего g_L ; $q = (q_1, \dots, q_n)$ – управление типа принуждения, компоненты которого имеют смысл административно-законодательных ограничений; $p = (p_1, \dots, p_m)$ – управление типа побуждения, имеющее смысл экономического стимулирования; если p есть управление с обратной связью, то необходимо определить проекцию [2]

$$\pi: Q \times P^{U(q)} \times U(q) \rightarrow Q \times P \times U(q), Q = P = [0, 1], U(q) = [0, 1 - q];$$

g_L, g_F – выигрыши Ведущего и Ведомого соответственно.

Таблица 1. Методы решения задачи иерархического управления устойчивым развитием

	Без обратной связи (Γ_1)	С обратной связью (Γ_2)	Со встречной обратной связью (Γ_3)
Принуждение	Модель 1 (основной вариант)	Модель 2	Модель 3
Побуждение	Модель 4	Модель 5 (основной вариант)	Модель 6
Убеждение	Модель 7		

Модель 1 (принуждение без обратной связи)

$$(3) p = \text{const}, q \in Q, u \in U(q)$$

$$(4) q^*: U(q^*) \subset U_L, J_L(q^*) = \sup_{q \in Q} \inf_{u \in U(q)} J_L(q, u)$$

Модель 2 (принуждение с обратной связью)

$$(5) p = \text{const}, q \in Q^U, u \in U(q)$$

$$(6) q^*: U(q^*) \subset U_L, J_L(q^*) = \sup_{q \in Q^U} \inf_{u \in U(q)} J_L(q, u)$$

Модель 3 (принуждение со встречной обратной связью)

$$(7) p = \text{const}, q \in Q^{U^Q}, u \in U(q)$$

$$(8) q^*: U(q^*) \subset U_L, J_L(q^*) = \sup_{q \in Q^{U^Q}} \inf_{u \in U(q)} J_L(q, u)$$

Модель 4 (побуждение без обратной связи)

$$(9) q = \text{const}, p \in P, u \in R(p)$$

$$(10) R(p) = \{u \in U : J_F(p, u) \geq J_F(p, y), \forall y \in U\}$$

$$(11) p^*: R(p^*) \subset U_L, J_L(p^*) = \sup_{p \in P} \inf_{u \in R(p)} J_L(p, u)$$

Модель 5 (побуждение с обратной связью)

$$(12) q = \text{const}, p \in P^U, u \in R(p)$$

$$(13) R(p) = \{u \in U : J_F(p(u), u) \geq J_F(p(y), y), \forall y \in U\}$$

$$(14) p^*: R(p^*) \subset U_L, J_L(p^*) = \sup_{p \in P^U} \inf_{u \in R(p)} J_L(p, u)$$

Модель 6 (побуждение со встречной обратной связью)

$$(15) q = \text{const}, p \in P^{U^P}, u \in R(p)$$

(16)

$$R(p) = \{u \in U^P : J_F(\pi(p, u(p))) \geq J_F(\pi(p, y(p))), \forall y \in U^P\}$$

$$(17) p^*: \pi(R(p^*)) \subset U_L, J_L(p^*) = \sup_{p \in P^{U^P}} \inf_{u \in R(p)} J_L(p, u)$$

Модель 7 (убеждение)

$$(18) q \in Q, p \in P, u \in U(q)$$

$$(p^*, q^*, u^*) : U(q^*) \subset U_L,$$

$$(19) (J_L + J_F)(p^*, q^*, u^*) = \sup_{q \in Q} \sup_{p \in P} \sup_{u \in U(q)} (J_L + J_F)(p, q, u)$$

В докладе обсуждаются результаты исследования модели (1)-(2) и возможности ее приложения к управлению эколого-экономическими системами и инвестиционно-строительными проектами.

Литература

1. БУРКОВ В.Н. *Основы математической теории активных систем*. М.: Наука, 1977. – 256 с.
2. ГОРЕЛИК В.А. КОНОНЕНКО А.Ф. *Теоретико-игровые модели принятия решений в эколого-экономических системах*. М.: Радио и связь, 1982. – 144 с.
3. НОВИКОВ Д.А. *Теория управления организационными системами*. М.: МПСИ, 2005. – 584 с.
4. УГОЛЬНИЦКИЙ Г.А. *Теоретико-игровые принципы оптимальности иерархического управления устойчивым развитием* // Известия РАН. Теория и системы управления. – 2005. - №4. – С.72-78.

ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ ДАЛЬНОВИДНОЙ ЛИЧНОСТИ

Цыганов В.В.
(ИПУ РАН, Москва)
bbc@ipu.ru

Рассматриваются механизмы сознательной самоорганизации психики дальновидной личности под влиянием физиологических воздействий, отражающих ее подсознательных реакции. При этом эволюция центров и ядер головного мозга, обеспечивающих сознательную деятельность, обусловлена бессознательным выделением гормонов – медиаторов, влияющих на активность нейронов и их сетей. Количество выделяемых медиаторов зависит от типа сознательной деятельности, что может приводить к развитию одних центров и ядер и деградации других. Построены механизмы медиаторного регулирования, обеспечивающие гармоничное развитие ядер центра сознательной деятельности головного мозга. Их формирование является следствием сознательной и бессознательной работы психики и физиологии дальновидной личности.

Ключевые слова: механизм, дальновидность, самоорганизация, психика, физиология, головной мозг, медиатор.

В соответствии с современными представлениями, головной мозг (ГМ) включает центры и ядра циркулирования нервной энергии, ответственные за сознательную и бессознательную деятельность личности в разных областях. Рассмотрим иерархическую модель центра сознательной деятельности (ЦСД) ГМ, включающего N ядер. Процесс его самоорганизации описывается системой рекуррентных уравнений:

$$(1) \quad q_{it+1} = C_i q_{it+1} + B_i y_{it}, \quad q_{i0} = q_i^0 \geq 0, \quad i = \overline{1, N}, \quad t = 0, 1, \dots,$$

где q_{it} и y_{it} – соответственно, нервный потенциал и приток нервной энергии в i -е ядро в периоде t , $y_{it} \geq 0$, $C_i \geq 0$, $B_i \geq 0$. Этот потенциал определяет выделяемую i -м ядром нервную энергию $z_{it} = A_i q_{it}$, $A_i \geq 0$. Общая нервная энергия ЦСД $\Phi_t = \sum_{i=1}^N z_{it}$ в периоде $t+1$ перераспределяется между ядрами: $\sum_{i=1}^N y_{it+1} = \Phi_t$.

Совокупность параметров $A=(A_1, \dots, A_N)$, $B=(B_1, \dots, B_N)$, $C=(C_1, \dots, C_N)$, определяющая эволюцию ядер ЦСД (1), зависит от бессознательного выделения гормонов – медиаторов, влияющих на активность нейронов ГМ и их сетей. Формально, указанная совокупность зависит от вектора медиаторов $\bar{m} = (m_1, \dots, m_K)$, где m_k – количество k -го медиатора, $k = \overline{1, K}$. Будем называть $\Sigma_m = \{A, B, C\}$ механизмом медиаторного регулирования (ММР). Далее предположим, что сознательная деятельность i -го типа (обусловленная активностью i -го ядра) приводит к выделению определенного набора медиаторов $\bar{m}_i = (m_{i1}, \dots, m_{iM})$, $i = \overline{1, N}$. Тогда ММР $\Sigma_m = \{A, B, C\}$ зависит от матрицы медиаторов

(2) $M = \|m_{ik}\|$, $i = \overline{1, N}$, $k = \overline{1, K}$.

Вектор потоков нервной энергии в периоде t $\bar{y}_t = (y_{1t}, \dots, y_{Nt})$
 $\in \bar{Y}_t(\Sigma_m) = \{ \bar{y}_t = (y_{1t}, \dots, y_{Nt}) \mid q_{i\tau+1} = C_i q_{i\tau} + B_i y_{i\tau}, z_{i\tau} = A_i q_{i\tau}, \sum_{i=1}^N y_{it+1} = \sum_{i=1}^N z_{it}, \tau = \overline{0, t-1}, q_{i0} = q_i^0, i = \overline{1, N} \}$. Состояние ЦСД дальновид-

ной личности $y_t = [\bar{y}_t, \dots, \bar{y}_{t+T-1}] \in Y_t(\Sigma_m) = \bigcup_{\tau=t}^{t+T-1} \bar{Y}_\tau(\Sigma)$, где T – осознанная дальновидность. В периоде t личность выбирает состояние y_t так, чтобы максимизировать дисконтированную нервную энергию, с которой связаны текущие и будущие ощущения качества жизни:

$$(3) \quad V_t = \sum_{l=t}^{t+T} \rho^{l-t} \Phi_l \xrightarrow{\bar{y}_\tau \in Y_\tau(\Sigma_m), \tau=t, t+T-1} \max, \quad 0 < \rho < 1$$

где ρ - коэффициент дисконтирования. Назовем решение задачи условной оптимизации (3) $y_t^* = [\bar{y}_t^*, \dots, \bar{y}_{t+T-1}^*]$ рациональным состоянием ЦСД. Множество этих состояний $R_t(\Sigma_m) = \underset{y_t \in Y_t(\Sigma_m)}{\text{Arg max}} V_t$.

Задача синтеза ММР. Рассмотрим трехуровневую психофизиологическую систему, на верхнем уровне которой находится центр бессознательной деятельности (кратко – ЦБД), на среднем – ЦСД, а на нижнем – N ядер ГМ. Предполагается, что целевая функция (ЦФ) ЦБД $\Psi(\bar{y}_0, \dots, \bar{y}_F)$ непрерывна и монотонно возрастает по y_{it} , $i=1, \bar{N}$, $t=0, \bar{F}$, где F – дальновидность ЦБД. Множество предпочтительных для ЦБД состояний ЦСД

$$(4) \quad X = \{x = [\bar{x}_0, \dots, \bar{x}_F]\} = \underset{\bar{y}_0 \in \bar{Y}_0, \dots, \bar{y}_F \in \bar{Y}_F}{\text{Arg max}} \Psi(\bar{y}_0, \dots, \bar{y}_F)$$

где $\bar{x}_t = (x_{1t}, \dots, x_{Nt})$ – вектор предпочтительных нервных потоков в периоде t, $t=0, \bar{F}$.

Задача синтеза ММР с прогнозом $\Sigma_m^X = [X, A, B, C]$ состоит в определении предпочтительного состояния x и векторов A, B, C, обеспечивающих потоки нервной энергии, оптимальные для ЦБД. Решение этой задачи, при заданном X, ищется на множестве механизмов $G_m^X = \{ \Sigma_m^X = [X, A, B, C] \mid A_i \geq 0, B_i \geq 0, C_i \geq 0, i=1, \bar{N} \}$. Формально, задача оптимального синтеза ММР с прогнозом заключается в построении механизма Σ_m^X , обеспечивающего максимум ЦФ ЦБД на множестве выборов ЦСД $R_t(\Sigma_m^X)$:

$$(5) \quad \max_{\Sigma_m^X \in G_m^X} \min_{[\bar{y}_0^*, \dots, \bar{y}_{t+T-1}^*] \in R_t(\Sigma_m^X), t=0, \bar{F}} \Psi(\bar{y}_0^*, \dots, \bar{y}_F^*)$$

Рассмотрим в качестве примера синтез гармоничного ММР, обеспечивающего выбор ЦСД потоков нервной энергии, предпочтительных для ЦБД. Если дальновидности ЦБД и ЦСД одинаковы, то, без ограничения общности, ЦФ ЦБД зависит от состояния ЦСД в периоде $t=0$. Соответственно, множество рациональных состояний равно $R_0(\Sigma)$. Гармоничным ММР

называется механизм $\Sigma_m^X \in G_m^X$, при котором выбранное ЦСД состояние $y_0^* = [\bar{y}_0^*, \dots, \bar{y}_F^*] \in R_0(\Sigma_m^X)$ совпадает с каким-либо предпочтительным состоянием $x = [\bar{x}_0, \dots, \bar{x}_F] \in X$: $\bar{y}_t^* = \bar{x}_t$, $t = \overline{0, F}$. При этом ЦФ ЦБД достигает максимума, что обеспечивает решение задачи оптимального синтеза (5).

Целостность личности. Предположим, что пересечение множеств рациональных и предпочтительных состояний непусто: $R_1(\Sigma_m^X) \cap X \neq \emptyset$. Будем говорить о целостности личности, если ЦСД выбирает состояние $\bar{y}_t^*$ из множества предпочтительных состояний: $R_1(\Sigma_m^X) \cap X \neq \emptyset \Rightarrow \exists \bar{x}_t \in X$, $\bar{y}_t^* = \bar{x}_t$, $t = \overline{0, F}$. Содержательно, целостность означает, что при равной эффективности состояний, личность выбирает то, которое подсознательно считает предпочтительным.

Рассмотрим, например, задачу синтеза гармоничного ММР, обеспечивающего развитие всех без исключения ядер, входящих в состав ЦСД. Предполагается, что предпочтительные потоки нервной энергии положительны: $x_{it} > 0$, $i = \overline{1, N}$, $t = \overline{0, F}$. Содержательно это означает, что ЦБД ориентирован на развитие всех N ядер. ММР Σ_m^X обеспечивающий выполнение условий $y_{it} = x_{it} > 0$, $i = \overline{1, N}$, $t = \overline{0, F}$, назовем гармоничным.

Теорема. Если дальновидная личность целостна, то для гармоничности ММР $\Sigma_m^X = [X, A, B, C]$ необходимо и достаточно

$$(6) \quad \hat{A}_i \hat{A}_i [1 - (\rho \tilde{N}_i)^t] / (1 - \rho \tilde{N}_i) = D_t, \quad i = \overline{1, N}, \quad t = \overline{1, T}.$$

Поскольку параметры $\hat{A}_i, \hat{A}_i, \tilde{N}_i$ являются функциями медиаторов m_{ik} , $i = \overline{1, N}$, $k = \overline{1, K}$, то для гармоничности Σ_m^X дальновидной целостной личности, матрица медиаторов M (2) должна удовлетворять ограничениям (6).

МОДЕЛИ ПЕРЕКЛЮЧАЕМЫХ СИСТЕМ

Шпилевая О.Я.
(НГТУ, Новосибирск)
oyas@rambler.ru

В работе представлен обзор моделей переключаемых систем, описаны свойства и область применения.

Ключевые слова: переключаемые системы, линейные и нелинейные системы, математические модели

Введение

Теоретическое исследование активных систем содержит этап построения модели [1]. Предлагаемая работа представляет собой небольшой обзор математических моделей переключаемых систем, с помощью которых описываются, процессы в интеллектуальных системах управления, в вычислительных системах, движение воздушного транспорта в задачах управления [6] и т.д. Под переключаемой системой понимаем гибридную динамическую систему, состоящую из семейства непрерывных по времени подсистем и правила, в соответствии с которым осуществляются переключения между ними [8]. В [5] описана одна из первых переключаемых систем - нелинейная система, разработанная Флюгге-Лотц и Тейлором. Термин «переключаемая система» появился в англоязычной литературе. В русскоязычных публикациях понятию близкими являются «многорежимные системы» [4], «логико-динамические системы» [3] и «системы с переменной структурой» [2]. Перечисленные системы объединяет присутствие в них непрерывной динамической и логической частей. Сложные системы, как правило, имеют несколько рабочих этапов, характеризующихся определенной целью функционирования. Динамические свойства системы на каждом этапе описываются детерминированной

моделью. Функцию принятия решения выполняют логические элементы. Случай бесконечно быстрых переключений, которые требуются в концепции обобщенного решения, в работе не рассмотрен.

1. Модели линейных переключаемых систем

Сначала приведем несколько моделей линейных переключаемых систем. Следующие уравнения описывают наиболее общую, часто используемую модель [7],

$$(1) \quad \dot{x} = A_i x, i^+ = s(x, i),$$

где $A_i \in R^{n \times n}$, $x \in R^n$, $s: R^n \times \mathfrak{I} \rightarrow \mathfrak{I}$ и $\mathfrak{I} = \{1, \dots, N\}$. Здесь $s(\cdot)$ является функцией, которая определяет, когда изменить значение индекса i , определяющего рабочее состояние системы.

Дискретно-временной аналог предыдущей модели имеет вид

$$(2) \quad x(k+1) = A_{\sigma(k)} x(k),$$

где σ - функция от неотрицательных целых чисел определенного индексного множества.

Продолжая описание класса линейных моделей, перейдем от моделей (1), (2) и рассмотрим следующий вариант, в котором учтены изменения элементов матрицы замкнутой системы, порождаемые переключениями управления:

$$(3) \quad \dot{x} = Ax + Bu, \quad u = K_i x, \quad i^+ = s(x, i),$$

где $A \in R^{n \times n}$, $x \in R^n$, $B \in R^{n \times m}$, $u \in R^m$. Сравнивая эти уравнения с (1), видим, что

$$A_i = A + BK_i \quad \text{и} \quad u = u_i(x),$$

которые определяются функцией $s(\cdot)$ и K_i .

2. Модели нелинейных переключаемых систем

Класс линейных по управлению моделей описывается уравнением:

$$(4) \quad \dot{x} = f(x) + g(x)u, \quad u = u_i(x), \quad i^+ = s(x, i).$$

Здесь $f(\cdot): R^n \rightarrow R^n$, $x \in R^n$, $g(\cdot) \in R^{n \times m}$, $u \in R^m$. Функция $s(\cdot)$ в (4) может задавать переключение на i -ый регулятор, когда состояние $x \in \mathfrak{R}_i$. В этом случае формирование сигнала управления осуществляется по алгоритму

$$u(x) = \sum_{i=1}^m u_i(x) S_i(x),$$

$$S_i(x) = \begin{cases} 1, & x \in \mathfrak{R}_i, \\ 0, & x \notin \mathfrak{R}_i, \end{cases}$$

где $S_i(x)$ - характеристическая функция для множества точек из области $\mathfrak{R}_i$.

Следующая модель учитывает зависимость динамики системы от параметров:

$$\dot{x} = f(x, p), \quad p^+ = s(x, p),$$

где p - вектор параметров, например, положение переключателя скоростей.

Другая модель нелинейной переключаемой системы имеет вид:

$$(5) \quad \dot{x} = f_\sigma(x),$$

где $\sigma: [0, \infty) \rightarrow P$ является кусочно-постоянной функцией времени (ступенчатой функцией), называемой сигналом переключения, P - некоторое индексное множество. Каждой подсистеме ставится в соответствие модель $\dot{x} = f_\rho(x)$, где $\{f_\rho: \rho \in P\}$ является семейством достаточно регулярных функций из R^n в R^n , которое параметризовано P . Множество P является компактным (часто ограниченным) подмножеством конечномерного

линейного векторного пространства. В особых случаях значение σ в данный момент времени может зависеть от t или $x(t)$, или от того и другого, или может генерироваться с использованием более сложных подходов, таких как гибридная обратная связь с памятью в контуре. В модели (5) предполагается, что в моменты переключений состояние системы не изменяется скачкообразно, т. е. решение $x(t)$ всюду непрерывно.

Литература

1. БУРКОВ В.Н., НОВИКОВ Д.А. *Теория активных систем: состояние и перспективы*. М.: Синтез, 1999.–128 с.
2. ЕМЕЛЬЯНОВ С.В., УТКИН В.И., ТАРАН В.А. *Теория систем с переменной структурой* / Под ред. С.В. Емельянова. М., Из-во: Наука. 1970. 592 с.
3. КАКИЧЕВ Л.Г., СОЛОДОВНИКОВ В.В., ФЕДОТОВ А.И. *Современное состояние и методы математического описания одного класса логико-динамических систем*/ В кн. Автоматическое управление и вычислительная техника. Вып. 12. – М.: Машиностроение.- 1978. – с. 127 – 146.
4. *Многорежимные и нестационарные системы автоматического управления* / под ред. Б.Н. Петрова. – М.: Наука, 1978. – 240 с.
5. *Приспосабливающиеся автоматические системы* / Под ред. Э. Мишкина, Л. Брауна. М.: ИЛ, 1963. – 668 с.
6. ШПИЛЕВАЯ О.Я., КОТОВ К.Ю. *Переключаемые системы: устойчивость и проектирование (обзор)* // Автоматрия. 2008. Т. 44. № 5. С. 71-87.
7. AKGÜL M. *Analysis and design of switching and fuzzy systems*. PhD thesis, Bilkent university, 2002.
8. LIBERZON D., MORSE S. *Basic Problems in Stability and Design of Switched Systems* // IEEE Control System Magazine. 1999. Vol. 19. P. 59-70.

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ПРИ СТИМУЛИРОВАНИИ В КОЛЛЕКТИВЕ

Щепкин А.В.
(ИПУ РАН, Москва)
sch@ipu.ru

Комплексная оценка (KO_i) формируется для i -го агента – члена трудового коллектива в случае, когда он выполняет несколько видов деятельности в соответствии с его должностной инструкцией [1,2]. Для определения вклада каждого агента в конечный результат коллектива используется оценка выполнения ими своих должностных инструкций.

Модель коллектива представляется в виде двухуровневой системы, состоящей из Центра (руководителя коллектива) – верхний уровень и множества агентов $N = \{1, 2, \dots, n\}$ – нижний уровень. Рассматривается ситуация, когда по результатам своей деятельности коллектив получает премиальный фонд Φ , который распределяется между агентами полностью на основании коэффициента трудового участия (КТУ) агентов.

КТУ определяется как

$$\delta_i = \frac{KO_i}{\sum_{q=1}^n KO_q},$$

соответственно, поощрение Π_i , i -го агента, получаемое из фонда можно записать в виде

$$\Pi_i = \delta_i \Phi, i \in N.$$

Предпочтения i -го агента отражены его целевой функцией

$$\varphi_i = \frac{KO_i}{\sum_{q=1}^n KO_q} \Phi - \sum_{j=1}^{b_i} z_{ij}, i \in N,$$

где z_{ij} $i \in N, j=1,2,\dots,b_i$ затраты i -го агента на выполнение j -го пункта должностной инструкции. В дальнейшем предполагается, что

$$z_{ij} = \frac{O_{ij}}{r_{ij}}, i \in N, j=1,2,\dots,b_i,$$

где O_{ij} оценка Центром действий агента по выполнению каждого пункта должностной инструкции. Так как значение целевой функции агента зависит от его действий, то в рамках гипотезы рационального поведения агент будет выбирать действия, которые при заданной системе стимулирования максимизируют его целевую функцию.

Будем считать, что эффективность системы моделирования при наличии многих видов деятельности будет определяться суммой оценок, полученных агентами за каждый вид деятельности, то есть

$$K = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{b_i} O_{ij}.$$

Для повышения эффективности системы стимулирования Центр может использовать различные варианты формирования КО деятельности i -го агента. В работах [1,2] рассматриваются следующие способы построения комплексной оценки деятельности агентов:

- сумма всех оценок;
- среднее арифметическое всех оценок;
- минимальное значение из всех оценок;
- среднее геометрическое всех оценок;

Здесь рассматривается ситуация, когда комплексная оценка деятельности агентов определяется как сумма минимального и максимального значений из всех оценок, т.е.

Целевая функция i -го агента зависит как от оценок, полученных самим агентом, так и от оценок остальных агентов, поэтому функционирование такой системы рассматривается как игра n лиц [3] и эффективность системы стимулирования определяется по оценкам деятельности агентов, полученных в ситуации равновесия по Нэшу [3-5].

$$(1) \quad KO_i(O_{i1}, O_{i2}, \dots, O_{ib_i}) = \min_j \{O_{ij}\} + \max_j \{O_{ij}\}$$

В работе определяется эффективность системы стимулирования при формировании КТУ на основе (1), проводится с сравнение с эффективностью систем стимулирования при формировании КТУ на основе среднего арифметического всех оценок, минимального значения из всех оценок.

Литература

1. ЩЕПКИНА М.А. *Система стимулирования на основе свертки балльных оценок* Сборник научных трудов восьмой международной конференции. "Современные сложные системы управления", Краснодар-Воронеж-Сочи, 2005. С.219-222.
2. ЩЕПКИНА М.А. *Формирование оценки деятельности при стимулировании по нескольким показателям*. Материалы международной научной конференции «Проблемы регионального и муниципального управления», Москва. 2007. С. 33-38.
3. НОВИКОВ Д.А., ПЕТРАКОВ С.Н. *Курс теории активных систем*. М.: СИНТЕГ, 1999. – 108 с.
4. ЩЕПКИН А.В. *Внутрифирменное управление (модели и механизмы)*. - М.: ИПУ РАН, 2001. 80 с.
5. ИВАЩЕНКО А.А., НОВИКОВ Д.А., ЩЕПКИНА М.А. *Модели и механизмы многокритериального стимулирования в организационных системах*. М.: ИПУ РАН, 2006. 60 с.

Секция 2. Принятие решений и экспертные оценки

Сопредседатели секции

- ❖ д.т.н. А.С. Мандель,
- ❖ д.т.н., проф. А.И. Орлов

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ КРИТЕРИЯ ПИРСОНА ПРИ МАТЕМАТИКО-СТАТИСТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ РЕГЕНЕРАЦИИ КАТИОНИТОВЫХ ФИЛЬТРОВ

Авалиани З.Н, Дидманидзе И. Ш., Мегрелишвили З.Н.

(Государственный Университет Шота Руставели,

Батуми, Грузия)

ibraimd@mail.ru

Рассматриваются Особенности применения критерия Пирсона при математико-статистической обработке экспериментальных данных регенерации катионитовых фильтров. Находимости зависимости для построения выходных кривых процесса регенерации натрий катионитовых фильтров.

Ключевые слова: регенерация, катионитовый, фильтр, критерия, Пирсон.

Одной из задач обработки опытных данных, полученных на пилотной установке, является нахождение зависимости для построения выходных кривых процесса регенерации натрий катионитовых фильтров. Остаточное содержание ионов жесткости на загрузке фильтра в зависимости от удельного расхода определяли, зная объем пропущенных порций и крепость регенерационного раствора. Полная емкость загрузки, определенная по стандартной методике, составила $500,0 \text{ г-экв/м}^3$. Подставив в уравнение значения остаточного содержание ионов жесткости y и удельного расхода реагента x , полученных на основании опытных данных, получим ряд линейных уравнений, из которых по методу средних определяем значение коэффициента b . Суммарное уравнение для определения коэффициента b при применении 1,0%-ного регенерационного раствора имеет вид:

(1) $0.20896843 = 78a + 72,722b$.

Отсюда, после упрощения и подставив значения $a = 0,002$, находим $b = 0,00072837$. Размерность коэффициента b [м^3 загрузки / г-экв. воды].

Принимая, что распределение отклонений между точками определенными по уравнению и полученными опытным путем подчиняется нормальному закону распределения, для оценки соответствия значений рассчитанных по формуле, и полученных из эксперимента применим критерий согласия Пирсона. В этом случае расхождения (ошибки) должны быть представлены в процентах в виде вариационного ряда. Для определения количества интервалов группирования воспользуемся формулой:

$$(2) \quad m = 1,9 \cdot n^{0,4}$$

где n - количество точек полученных из эксперимента.

Эта зависимость не противоречить экспериментальным и теоретическим данным приведенным в литературе и полностью удовлетворяет практические требования. В месте с тем необходимо, чтобы число интервалов группирования было нечетное число. В противном случае в центре гистограммы образуются два равных столбца, что вызывает искусственное сглаживание. С учетом этих требований выбор возможных значений числа интервалов группирования очень ограничен.

Длина интервала определяется по зависимости:

$$(3) \quad d = 2\Delta x_m / m$$

где Δx_m - максимальное отклонение от центра крайней точки.

Полученное значение необходимо округлять в большую величину. В противном случае крайние точки могут оказаться за крайними столбцами гистограммы. Длина интервала должна легко делиться пополам, для установления координат центра столбцов. Тогда размах гистограммы определится как:

$$(4) \quad l = d \cdot m$$

Разница $l - l_1$, где l_1 - первоначальный размах между крайними точками, равномерно добавляется к значениям крайних точек. Интервал должен начинаться с целого числа, и нуль попадать на границу какого либо интервала. Это вызвано тем,

чтобы в дальнейшем при определении средневзвешенного значения интервала не произошло потеря члена ряда из-за умножения на нуль или сокращение членов при переходе через нуль. Определяются значения границ интервалов и вычисляются соответствующие значения центров столбцов. Дальнейшие расчеты данных ведутся в табличной форме по стандартной методике расчета критерия Пирсона [1].

Так как в предложенной методике обработки данных с применением критерия Пирсона расхождения между экспериментальными и теоретическими значениями рассматриваются в процентах и не зависят ни от условий проведения эксперимента, ни от метода получения зависимости, ни от природы входящих в зависимость величин она может быть использована во всех аналогичных случаях.

Литература

1. МЕГРЕЛИШВИЛИ З.Н., ДИДМАНИДЗЕ И.Ш., БЕРИДЗЕ З.Р., ДЕВАДЗЕ М.Е., ДИДМАНИДЗЕ Д.З. *Применение критерия согласия в просессе химической обработки вод.* Батуми: Батумский университет. 2006. – 122 с.

СЕРТИФИКАЦИЯ МАТРИЧНЫХ МОДЕЛЕЙ ПРЕДПОЧТЕНИЙ

Алексеев А.О.⁽¹⁾, Белых А.А.⁽²⁾, Шайдулин Р.Ф.⁽²⁾

(1 – ПГТУ, 2 – Пермская государственная сельскохозяйственная академия им.Д.Н. Прянишникова, Пермь)

nedstf@pstu.ru

В докладе предлагается новый подход к решению задачи проверки адекватности матричных моделей предпочтений, основанный на процедурах сертификации отдельных матриц по

степени влияния частных критериев на результат свертки и транзитивного обобщения промежуточных результатов.

Ключевые слова: модели предпочтений, матрицы свертки, сертификация, частные критерии, комплексная оценка.

Сертификация моделей предпочтений[1] необходима для удостоверения свидетельствования действительных, каждый раз особенных свойств этого продукта интеллектуальной деятельности носителей предпочтений, получаемого в процессе многошаговой процедуры выбора представленных средств моделирования. Структура и содержание сертификата должны помочь каждому респонденту – носителю прототипа модели, оценить ее адекватность своим взглядом на проблему и степень отличия от других мнений (предпочтений) по рассматриваемому вопросу, которых даже в упрощенной системе теоретически может существовать огромное число. Следовательно, в систему сертификации целесообразно внести приводимые ниже принципы.

1. Структура и содержание сертификата должны прозрачно интерпретировать индивидуальные свойства различных моделей, строящихся на комплексном оценивании (принцип информативности).

2. Мощность множества образов-сертификатов моделей предпочтений должна соответствовать мощности множества моделей (принцип достаточного многообразия системы сертификации).

3. Процедура сертификации моделей должна быть программно-реализуемой и в практическом плане конечной (принцип достижимости).

В настоящий момент проблемы сертификации моделей предпочтений выполняются несколькими способами, затрагивающими различные аспекты адекватности конструируемых моделей. Как правило, они поддерживают процесс моделирования объектов на разных стадиях его завершения: при построении дерева критериев, при обосновании области определения и

характера нелинейности функций приведения частных критериев к стандартной шкале комплексного оценивания, а также при конструировании или выборе из банка данных матриц свертки. Эти подходы по отдельности не могут однозначно характеризовать достигаемую степень адекватности, тем более что последнее может быть оценено только носителями предпочтений или широким спектром наблюдения. Поэтому возникает востребованность в эффективной процедуре комплексной сертификации моделей данного класса, которая освещала бы вопрос адекватности с позиций комплексности.

Принцип информативности требует от сертификата ответа на вопрос, какова роль (степень участия) каждого частного критерия и их отдельных групп в формировании комплексной оценки, моделирующее данное предпочтение. Решение данной задачи усложняется многомерностью области определения комплексной оценки и множеством ее значений. Подходящей универсальной сертифицирующей характеристикой моделей предпочтений могла бы служить совокупность значений степени влияния каждого частного критерия на комплексную оценку на всем интервале ее определения, что уместно назвать спектром свертки.

Предложенная характеристика моделей предпочтений легко согласуется с принципом многообразия сертификатов, если в ее основу положить известные линейные свертки как частные случаи матричных сверток в их локальных областях – рабочих точках.

В докладе предлагается новый подход к решению задачи проверки адекватности матричных моделей предпочтений.

Индуктивная процедура сертификации изначально строится на каждый узел дерева, оценивая степень взаимодействия частных критериев в бинарных свертках, а затем транзитивно распространяется на итоговую оценку.

Потребность в качественном описании свойств каждой свертки приводит к целесообразности отображения степени влияния частных критериев в области их малых (м), средних (с)

и больших (б) значений на конечный результат в аналогичных областях, для чего оценки приоритетов проставляются в специально составляемых табличных формах.

Исходными данными для этой процедуры являются топологии сертифицируемых матриц, в которых значение степени влияния каждого частного критерия на комплексную оценку зависит от особенности топологии контекстной подобласти определения [2]

Полученные таблицы описывают степень влияния частных критериев на комплексную оценку матрицы свертки уже за пределами этой матрицы, и служат исходной информацией при сертификации следующих уровней комплексного оценивания. С учетом данного обстоятельства строится транзитивная процедура обобщения промежуточных результатов сертификации. Результат принимает форму рисунка 1.

		M1 1			M2 1			M3 1			M		
		м	с	б	м	с	б	м	с	б	м	с	б
x1	м	0	0,375	—	0	0,188	—	0	0,09	0,02	0	0,06	0,012
	с	0	0	0,25	0	0	0,125	0	0	0,09	0	0	0,054
	б	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
x2	м	1	—	—	0,5	—	—	0,5	0,188	—	0,5	0,126	0
	с	0	0,625	—	0	0,312	—	0	0,156	0,039	0	0,105	0,023
	б	0	0	0,75	0	0	0,325	0	0	0,243	0	0	0,146
x3	м				0,5	—	—	0,5	0,188	—	0,5	0,126	0
	с				0	0,5	—	0	0,125	0,06	0	0,08	0,036
	б				0	0	0,5	0	0	0,375	0	0	0,225
x4	м							1	0	0	1	0	0
	с							—	0,375	0	—	0,25	0
	б							—	0	0,375	—	0	0,225
x5	м										1	0	0
	с										—	0,675	0
	б										—	—	0,6

Рис. 1 Пример полного сертификата на матричную модель предпочтения

Таким образом, транзитивная процедура обобщения промежуточных результатов сертификации представляет собой достаточно полную форму описания сертификата на модель, поскольку в ней содержится информация о приоритетах частных критериев в отдельных областях значений комплексной оценки (м, с, б) относительно аналогичных по диапазону собственных

значений. Дополнительный интерес представляют сертификаты в такой же форме на промежуточные этапы свертки.

Заметим, что сертификат любого уровня иерархии из матричной формы легко может быть свернут в строку или столбец посредством поэлементного суммирования. В первом случае, новая форма сертификата описывает влияние отдельного критерия на диапазоны варьирования комплексной оценки, во втором случае – иллюстрируется степень влияния отдельных областей варьирования частного критерия на комплексную оценку в целом, что является новой информацией о свойствах модели предпочтений.

В заключении можно рекомендовать дальнейшее развитие предложенного комплексного подхода к обоснованию адекватности модели предпочтений, совмещаемой, в случае необходимости, с коррекцией свойств модели по инициативе носителя предпочтений посредством целенаправленной замены вариантов свертки на основе ассоциативного восприятия графической формы сертификата по образу «фото-робота». Привлекательным обстоятельством подобной процедуры является ее близость к эвристическим процессам мыслительной деятельности человека.

Литература

1. ХАРИТОНОВ В.А., БЕЛЫХ А.А., ВИНОКУР И.Р. *Функциональные возможности механизмов комплексного оценивания с топологической интерпретацией матриц свертки* // Сб. трудов «Управление большими системами». Вып. 18. – М.: ИПУ РАН, 2007.
2. ХАРИТОНОВ В.А., БЕЛЫХ А.А. *Технологии современного менеджмента. Инновационно-образовательный проект* / Харитонов В.А., Белых А.А. Под научной редакцией В.А. Харитоновой. - Пермь: ПГТУ, 2007. – 187 с.

МЕХАНИЗМ КЛАССИФИКАЦИИ ОБЪЕКТОВ ПО СТЕПЕНИ ВОЗНИКНОВЕНИЯ РИСКА ЧРЕЗВЫЧАЙНОЙ СИТУАЦИИ

Арутюнян Э.А., Некрасов Д.П., Половинкина А.И.

*(Воронежский государственный архитектурно-
строительный университет)*

vgasu@vtn.ru

Ключевые слова: механизм, объект, риск.

В процессе оценки рисков потенциально опасных объектов (ПОО) производится группировка предприятий по степени потенциальной пожарной опасности. Для определения степени такой опасности объекта аварийными комиссарами собирается следующая информация: статистика о пожарах на данном предприятии за последние пять лет (по возможности, с указанием величины убытков); данные об опасных веществах, которые производятся, используются, перерабатываются и хранятся на объекте; сведения об уровне применяемой технологии; сведения о состоянии противопожарного оборудования, о существующей на предприятии системе обеспечения безопасности; данные об износе основных фондов; данные о квалификации производственного персонала; информация о плотности населения в зоне возможного воздействия, месторасположении объекта и показателях метеорологической обстановки.

При этом источником информации могут служить пожарные паспорта предприятий, данные бухгалтерского и статистического учета, материалы обследований и др. При наличии статистики пожаров за предшествующие годы для определения степени опасности ПОО вместо существующего апостериорного подхода [1,2] (когда на основе ретроспективных данных определяется частота пожаров и прогнозируется риск их возникновения в будущем) используем метод квалиметрического моделирования. Сначала производится отбор наиболее существенных показате-

лей объекта, влияющих на степень риска аварийного загрязнения окружающей среды. Затем строится дерево показателей, которое имеет характер иерархического графа (рис. 1). На первом иерархическом уровне такого дерева находим индивидуальные показатели опасности. Отдельные, близкие по смыслу индивидуальные показатели объединяются в группы, которым соответствуют групповые показатели, располагаемые на втором иерархическом уровне. При этом некоторые индивидуальные показатели перемещаются с первого уровня на второй в неизменном виде. Аналогичным образом показатели второго иерархического уровня группируются и создается третий иерархический уровень. На последнем четвертом уровне древовидного графа находится обобщенный показатель опасности объекта.

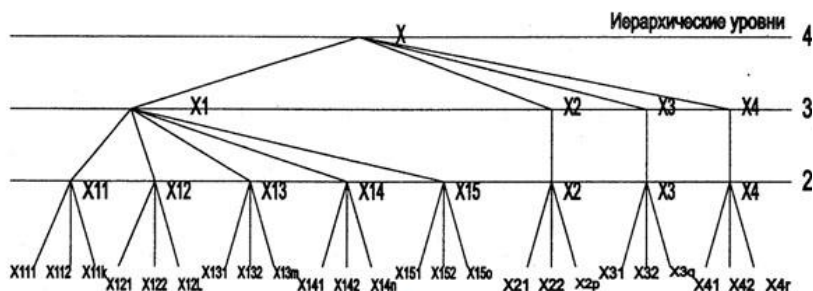


Рис. 1. Иерархическое дерево показателей опасности объекта.

На первом и втором иерархическом уровнях расположены индивидуальные показатели, в качестве которых, по мнению отечественных ученых, можно использовать: показатели токсической опасности веществ при пожаре для человека (x_{11}); показатели устойчивости выделяемых веществ (x_{12}); степень ненадежности и незащищенности используемого технологического оборудования (x_{13}); степень несовершенства технических элементов системы обеспечения безопасности; доля немеханизированных и неавтоматизированных операций в технологическом процессе (x_{14}); уровень неподготовленности производственного персонала к работе в предаварийной и аварийной ситуациях

(x_{15}); численность и плотность населения в зоне уязвимости (возможного поражения); наличие в зоне уязвимости детских учреждений, больниц, школ и т.п.

На третьем уровне расположены групповой показатель токсической опасности объекта (x_1), а также приведенные выше показатели x_2, x_3, x_4 .

Зависимость обобщенного (группового) показателя x_a , расположенного на каком-либо иерархическом уровне, от взаимосвязанных с ним показателей $x_{a1}, x_{a2}, \dots, x_{as}$, находящихся на предыдущем уровне, можно выразить следующим образом:

$$x_a = f(x_{a1}, x_{a2}, \dots, x_{as}) .$$

Таким образом, для проведения классификации необходима следующая информация: статистика об экологических авариях на данном предприятии за последние пять лет (по возможности, с указанием величины убытков, причиненных в результате аварийного загрязнения окружающей среды); данные об опасных веществах, которые производятся, используются, перерабатываются и хранятся на объекте; сведения об уровне применяемой технологии; сведения о состоянии природоохранного оборудования, о существующей на предприятии системе обеспечения безопасности; данные об износе основных фондов; данные о квалификации производственного персонала; информация о плотности населения в зоне возможного воздействия, месторасположении объекта и показателях метеорологической обстановки.

Тогда статистическая информация задается в виде матрицы «объект-признак». Пусть $X = \{X^1, \dots, X^m\}$ – множество признаков. Каждый признак $X^i \in X$ ($i = 1, \dots, m$) имеет алфавит значений $dom X^i = \{x_1^i, \dots, x_k^i\}$. В матрице данных присутствуют ПОО некоторого выделенного класса A и ПОО других классов, которые будем обозначать через $\bar{A}$. Экспертная информация задается на множестве $dom X^i$ значений каждого признака X^i по отношению к выделенному классу A с помощью графа G^i экспертных попарных предпочтений. Множеством вершин графа G^i является $dom X^i$. Дуга между вершинами x_l^i ($l = 1, \dots, k$) и x_p^i ($p =$

1...к) проводится тогда, когда с точки зрения эксперта наличие у ПОО значения x_l^i большей степени говорит о принадлежности этого ПОО к выделенному классу A чем наличие у этого объекта значения x_p^i .

Рассмотренная модель позволяет, используя обучающую выборку при проведении распознавания тестируемого ПОО по степени потенциальной угрозы не только отнести его к конкретной шкале пожарных рисков, но и расширив данную шкалу проводить более адекватную оценку угроз при возникновении ЧС, когда необходимо выделять ресурсы пожарной службы, позволяющие минимизировать последствия пожаров.

Литература

1. БИРТ СТ. *Кибернетика и управление производством.* – М.: Наука, 1965. –391 с.
2. ВАТЫРЕВА О.В. *Расчет значимости коэффициентов множественной корреляции и выбор оптимального числа предсказателей* // Метеорология и гидрология. – 1969. –N3. –С. 49-57.

ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ЗНАНИЙ ЭКСПЕРТОВ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ НЕЧЕТКОГО ЛОГИЧЕСКОГО ВЫВОДА

Астахова Ю. Ю.

*(Всероссийский НИИ проблем вычислительной
техники и информатизации, Москва)
julia.astakhova@gmail.com*

Статья посвящена разработке нечеткого вывода на основе реляционных моделей. Произведена оценка влияния знаний экспертов на нечеткий логический вывод. Даны рекомендации

по интерпретации знаний экспертов для дальнейшего использования.

Ключевые слова: нечеткая логика, реляционная модель, экспертная система, нечеткий логический вывод, когнитивные карты.

Введение

Для настоящего времени характерна разработка сложных и больших систем. В связи с этим становится проблематично решать задачи управления такими системами при помощи традиционных методов теории управления. В данной статье предлагается использовать нетрадиционные подходы к управлению, предложенные Л. Заде и получившие название «мягкие вычисления», одним из направлений которых являются методы, основанные на теории нечетких множеств [5].

Многие модели управления сложными системами базируются на знаниях экспертов. Человеческое мышление базируется не на числах, а на некоторых множествах или «качественных» понятиях. Т.е. мышление человека можно охарактеризовать нечетким. В связи с этим фактом существуют трудности анализа и использования полученных знаний экспертов при управлении сложными системами.

При построении нечеткого вывода основополагающую роль так же играют знания эспертов.

Подход, основанный на теории нечетких множеств, может применяться как для управления сложными системам, так и для диагностирования сложных ситуаций, основываясь на знаниях экспертов.

1. Построение алгоритма нечеткого вывода

Алгоритм построения нечеткого вывода на основе реляционных моделей может быть сведен к следующему [2,3].

1. Определяется множество входных признаков (предпосылок) и множество управляющих воздействий (заклучений).

2. Для каждого признака создаются лингвистические переменные.
3. Создается лингвистическая переменная, характеризующая обобщенный признак, и строится нефункциональное нечеткое соответствие, определяющее связь между входными и выходными термами. (Для динамических систем входными признаками могут являться измеряемые и управляемые фазовые координаты, выходным признаком – управляющее воздействие). Первые три пункта выполняются по результатам экспертного опроса.
4. Измеряются значения физических величин.
5. С использованием физических величин и нечетких множеств определяется входная ситуация.
6. Определяется эквивалентная ситуация в виде нечеткого множества, представляющего собой декартово произведение НМ.
7. Определяется нечеткое управляющее воздействие в виде нечеткого множества.
8. Производится усечение функций принадлежности нечетких множеств заключени.
9. Находится объединение всех нечетких множеств.
10. Ищется абсцисса центра тяжести фигуры, ограниченной полученной функцией принадлежности.

При диагностировании сложных ситуаций данный алгоритм состоит из пунктов 1-6.

Как видно пункты 1-3 алгоритма выполняются по результатам экспертного опроса. Возникают вопросы о формировании экспертных групп и использовании метода обработки полученных знаний экспертов для использования их в качестве некой базы знаний для построения нечеткого вывода.

2. Использование знаний экспертов

В данном докладе рассматривается диагностирование сложных плохо определенных (нечетких, неточных) проблемных ситуаций на основе экспертных знаний. В качестве примера

рассматриваются способы диагностирования сложных патологий сетчатки глаза [1].

Исследуемая проблемная область имеет некоторую особенность: помимо имеющихся объективных знаний о проблемной ситуации и возможном диагнозе, часто имеющих статистический характер, существенную роль играют также субъективные, эмпирические знания специалистов-экспертов (физиологов), отражающие накопленный ими опыт. В связи с этим возникает ряд задач, а именно: организация процесса сбора нечетких экспертных знаний, их анализа и последующей обработки. Полученные знания должны удовлетворять таким требованиям, как своевременность и достоверность, а также иметь логически упорядоченное соответствие. При работе со знаниями возникают некоторые сложности, а именно: разнообразие источников знаний, и вследствие этого трудности в процедуре обобщения полученной информации.

В результате мы должны получить достаточно формализованное описание проблемной ситуации, позволяющее с приемлемой степенью правдоподобия или даже достоверно ее диагностировать с целью последующего принятия решения о наиболее предпочтительном лечении.

Для решения проблемы интерпретации знаний экспертов предлагается использовать нечеткие когнитивные карты [4]. Они представляют собой разновидность математических моделей для формализации проблемы сложной системы в виде множества концептов.

Построение и анализ когнитивных карт поможет ответить на следующие вопросы [4]:

- описание состояний или значений концептов;
- определение способов и средств задания взаимовлияния концептов друг на друга;
- задание причинно-следственных отношений между концептами;
- задание механизма аккумуляирования влияния нескольких входных концептов на один выходной;

- и др.

Таким образом, при помощи нечетких когнитивных карт мы можем определить факторы, влияющие на диагностику патологий сетчатки глаза, дать оценки влияния отдельных факторов на выявление патологий, определить связи и их характер между выявленными факторами.

После интерпретации знаний экспертов переходим непосредственно к построению нечеткого логического вывода.

Литература

1. АНИСИМОВ Д.Н. *Использование подстраиваемой динамической модели сетчатки глаза в компонентном анализе для диагностики патологий методами искусственного интеллекта* / Д.Н. Анисимов, Д.В. Вершинин, И.В. Зуева, О.С. Колосов, А.В. Хрипков, М.В. Цапенко. // Вестник МЭИ. – 2008. – № 5. – С. 70 – 74.
2. АНИСИМОВ Д.Н. *Использование нефункциональных соответствий при построении нечетких систем управления* / Д.Н. Анисимов, Ю.Ю. Пискунова // Мехатроника, автоматизация, управление. – 2007. – № 3. – С. 18-21.
3. АНИСИМОВ Д. Н. *Нечеткие алгоритмы управления: Учебное пособие*. – М.: Издательство МЭИ, 2004. – 80 с.
4. БОРИСОВ В.В. *Нечеткие модели и сети* / В.В. Борисов, В.В. Круглов, А.С. Федулов. – М.: Горячая линия – Телеком, 2007. – 284 с.
5. ZADEN L. *Fuzzy sets* // Information and Control. — 1965. — №8. — P. 338-353.

ПРИМЕНЕНИЕ БАЙЕСОВЫХ СЕТЕЙ К РЕШЕНИЮ НЕКОТОРЫХ ПРОБЛЕМ УПРАВЛЕНИЯ БОЛЬШИМИ СИСТЕМАМИ

Баби́ков В.М., Пана́сенко И.М.

(ИПУ РАН, Москва)

vmbinter@gmail.com

Аппарат байесовых сетей предоставляет эффективное средство моделирования и анализа поведения систем и обеспечивает поддержку в принятии решений в условиях получения косвенной, неполной, неточной и противоречивой информации об управляемом объекте, исходящей из различных, в том числе и разнородных источников. Методологические приемы, используемые при построении и анализе таких сетей, во многом схожи с приемами, используемыми при моделировании и анализе больших систем. Для повышения эффективности управления рядом этих систем применение байесовых сетей оправдано и целесообразно.

Ключевые слова: декомпозиция, агрегирование, управление, принятие решения, большие системы, активные системы, байесовы сети, нечеткая информация, условная независимость, ориентированное разделение переменных, правдоподобие, доверие.

Введение

Большие системы (БС) по определению представляют собой управляемые системы, рассматриваемые как совокупность взаимосвязанных управляемых подсистем, объединённых общей целью функционирования. Простое перечисление примеров БС превысит объем, предоставленный для этого доклада. По определению БС являются активными [1]. Наличие человеческого фактора, с одной стороны, привносит дополнительную неопре-

деленность в процесс формализации БС, с другой стороны, обеспечивает возможность принятия нестандартных решений задач управления БС. Аппарат байесовых сетей (доверия) (БСД) предоставляет эффективное средство моделирования и анализа поведения таких систем и обеспечивает поддержку в принятии решений в условиях получения косвенной, неполной, неточной и противоречивой информации об управляемом объекте, исходящей из различных, в том числе и разнородных источников.

1. Базовые характеристики и некоторые особенности управления большими системами.

Понятие БС введено, чтобы выделить способ рассмотрения поведения управляемых систем большого масштаба, с учётом всего многообразия протекающих в них явлений. Характерные особенности БС: наличие выделяемых частей (управляемых подсистем), участие в системе людей, машин и природной среды, наличие материальных, энергетических и информационных связей между частями систем, а также связей между рассматриваемой и другими системами. Третьим из пяти проблемных направлений развития теории БС (вслед за проблемой языка и проблемой модели) называется проблема декомпозиции — расчленения исходной системы на относительно обособленные части. Задача управления БС существенно упрощается, если представить её в виде некоторого множества задач управления частями системы. При этом, однако, приходится преодолевать трудности, связанные с выбором способа декомпозиции, который обеспечивал бы необходимое упрощение процедуры решения, но не вызывал бы слишком больших погрешностей из-за отбрасывания некоторых связей при расчленении системы на части. Это направление представляет в контексте этого доклада наибольший интерес совместно с четвертым - проблемой агрегирования — объединения нескольких показателей одним, сводным, с целью упрощения решения задач управления БС. Так же как и декомпозиция, имеет целью преодоление «барьера

многомерности». Она заключается в выборе такого объединения показателей, которое существенно облегчило бы решение задач управления, но не приводило бы к недопустимым ошибкам, возникающим из-за уменьшения детальности описания системы. Пятое направление – это проблема стратегии - выбора способа оценки состояния системы и среды и выработки программы управляющих воздействий, обеспечивающей наилучшее достижение целей управления. Главные трудности в формировании стратегии управления связаны с необходимостью прогнозирования изменений системы и среды, которое принципиально не может быть точным.

2. Основные характеристики байесовых сетей

БСД представляет собой ориентированный граф без циклов с вершинами-переменными и дугами, задающими причинно-следственные связи между переменными [2].

С вершинами БСД связаны таблицы условных вероятностей, которые на начальном этапе задаются экспертами.

Специфическое эпизодическое событие, связанное с данной вершиной, называемое свидетельством, заставляет пересчитать таблицы условных вероятностей. Такой пересчет в БСД интерпретируется в терминах распространения доверия.

При рассмотрении отдельной вершины естественно разделить вершины непосредственно соединенные с этой вершиной на причинные (родительские) и следственные (детские).

Предположение об условной независимости родительских вершин от детских, которое графически интерпретируется как ориентированное разделение вершин (d-разделение) сужает класс рассматриваемых задач, но позволяет построить эффективные алгоритмы распространения доверия.

Основным предположением, лежащим в основе построения БСД, является предположение о возможности декомпозиции

БСД на отдельные подсистемы (клики)¹, для которых успешно применяются наивные методы вычислений. Так существует возможность внутри этих подсистем проводить маргинализацию или нормировку. Главная цель построения БСД заключается в поиске возможности распространения таких операций на БС в целом. Почти очевидно, что все БС¹ допускают возможность декомпозиции. Однако возможность расширения необходимых вычислений с фрагментов БС на БС в целом является серьезным ограничением на класс подходящих БС [2].

Алгоритмы распространения доверия позволяют, как проводить анализ наиболее вероятных причин свидетельства, так и наиболее вероятных последствий этого свидетельства.

Основное применение БСД для БС видится в создании эффективных систем поддержки принятия решений. Хотя успешный опыт создания и использования мультиагентных систем на базе БСД позволят говорить о более широком применении БСД в сфере управления БС.

Литература

1. БУРКОВ В.Н. *Основы математической теории активных систем*. М.: Наука, 1977. – 256 с.
2. ТУЛУПЬЕВ А.Л., НИКОЛЕНКО С.И., СИРОТКИН А.В. *Байесовские сети. Логико-вероятностный подход* СПб.: Наука, 2006. – 607 с.

¹ Хотя возможности декомпозиции заложены в самом определении БС, наверное, существуют примеры БС, для которых декомпозиция невозможна. Но, на наш взгляд, они представляются вымышленными и не принадлежат к числу известных БС.

МЕТОДЫ СТОХАСТИЧЕСКОЙ АППРОКСИМАЦИИ В ЗАДАЧАХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА СЛОЖНО ОРГАНИЗОВАННЫХ ДАННЫХ¹

Бауман Е.В., Гольдовская М.Д., Дорофеев А.А.
(ИПУ РАН, Москва)
bau@ipu.rssi.ru

Работа посвящена использованию методов стохастической аппроксимации для исследования алгоритмов размытой автоматической классификации. Исследуются критерии качества классификации, а также вид оптимальной классификации. Предложен рекуррентный алгоритм классификации, доказана теорема о его сходимости.

Ключевые слова: стохастическая аппроксимация, интеллектуальный анализ данных, структурно-классификационный анализ данных.

1. Процедуры стохастической аппроксимации в задачах интеллектуального анализа данных

При решении задач интеллектуального анализа сложноорганизованных данных часто приходится исследовать бесконечную выборку объектов. В таком случае актуальной является задача разработки рекуррентных алгоритмов типа стохастической аппроксимации, в которых решающие функции последовательно пересчитываются при появлении очередного объекта выборки. Исследование проводится для размытой постановки задачи структуризации, обобщающей многие частные постанов-

¹ Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ, проекты 08-07-00347-а, 08-07-00349-а.

ки задач интеллектуального анализа сложноорганизованных данных.

В качестве классифицируемого рассматривается множество X с заданной вероятностной мерой $P(A)$, $(A \subseteq X)$.

Размытой классификацией множества X на r классов называется r -мерная вектор-функция $H(x) = (h_1(x), \dots, h_r(x))$ ($h_i(x)$ - функция принадлежности к i -му классу), удовлетворяющая условиям: 1) $h_i(x)$ - измеримы по мере P ; 2) для любого $x \in X$ значение $H(x)$ удовлетворяет условию нормировки

$$\sum_{i=1}^r h_i(x) = 1, 0 \leq h_i(x) \leq 1.$$

Далее предполагается, что критерий качества классификации зависит от вероятностей и моментов классов. Для того, чтобы рассматривать только первые ненормированные моменты классов [1], введём в рассмотрение вектор-функцию $z(x)$ ($z: X \rightarrow Z = R^k$). Обычно пространство Z называют спрямляющим пространством [2]. Предполагается, что 1) $\exists A > 0: P(\|z(x)\| > A) = 0$, 2) $\forall c \in R^k$ и $\forall d \in R^1$ выполняется $P((c, z(x)) + d = 0) = 0$

Рассмотрим ненормированные моменты и вероятности классов (нулевые моменты): $M_i = \int_X z(x) \phi(h_i(x)) dP(x)$, $i = 1, \dots, r$, $p_i = \int_X \phi(h_i(x)) dP(x)$. Здесь $\phi(h)$ - монотонно-возрастающая функция, отображающая отрезок $[0, 1]$ на себя, причем $\phi(0) = 0$ и $\phi(1) = 1$. (Выбор функции $\phi(h)$ дает возможность варьировать тип размытости оптимальной классификации [1]).

Обозначим через $\mu(H) = (p_1, M_1, \dots, p_r, M_r)$ - $r(k+1)$ -мерный вектор, составленный из вероятностей и ненормированных моментов классов.

Критерий качества классификации, рассматриваемый в работе имеет следующий вид: $\Phi(H) = \phi(\mu(H))$, где ϕ - выпуклая функция от $r(k+1)$ -мерного вектора $\mu(H)$.

Пусть задан $r(k+1)$ -мерный вектор $\pi = (d_1, c_1, \dots, d_r, c_r)$, где $d_i \in R^1, c_i \in R^k, i = 1, \dots, r$. Назовем линейной с вектором коэффициентов π классификацию

$$H_\pi(x) = \arg \max_{(h_1, \dots, h_r)} \sum_{i=1}^r ((c_i, z(x)) + d_i) \phi(h_i)$$

Лемма 1. Если π - субградиент функции ϕ в точке $\mu(H)$, то $\phi(\mu(H_\pi)) \geq \phi(\mu(H))$.

Из леммы следует, что оптимальная классификация должна быть линейной.

Рекуррентный алгоритм классификации.

Цель настоящей работы - построить алгоритм максимизации функционала $H_\pi(x)$ по бесконечной выборке объектов $S = \{x_1, \dots, x_n, \dots\}$, появляющихся независимо в соответствии с законом распределения P .

На каждом шаге алгоритма по конечной подвыборке объектов $S_n = \{x_1, \dots, x_n\}$ для данной классификации $H(x)$ строятся оценки моментов и частоты (оценки вероятностей) классов $s_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n z(x_j) \phi(h_i(x_j))$, $v_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \phi(h_i(x_j))$, $i = 1, \dots, r$. Обозначим $r(k+1)$ -мерный вектор частот и оценок моментов классов через $\psi(H)$.

Лемма 2. Для любых $\eta > 0$ и $\varepsilon > 0$ с вероятностью большей $1 - \eta$ одновременно для всех классификаций $H(x)$ выборки S_n выполняется неравенство

$$\phi(\mu(H_\pi)) \geq \phi(\psi(H)) - |\pi| D \left[2\varepsilon + \sqrt{\frac{r(k+1)}{2} \ln \left(\frac{4r(k+1)}{\varepsilon} \right) + \ln \left(\frac{2}{\eta} \right)} \right],$$

где π - субградиент функции ϕ в точке $\psi(H)$, а $D = \text{const}$.

Предлагаемый алгоритм при появлении новой точки x_n пересчитывает оценки моментов и определяет текущую классификацию множества X на данном шаге. Формально он записывается следующим образом:

$$v_i^n = \frac{(n-1)v_i^{n-1} + (h_i^{n-1}(x_n))}{n}, \quad s_i^n = \frac{(n-1)s_i^{n-1} + (h_i^{n-1}(x_n))z(x_n)}{n},$$

$$\psi^n = (v_1^n, s_1^n, \dots, v_r^n, s_r^n), \quad \pi^n - \text{субградиент функции } \phi \text{ в точке } \psi^n,$$

$$H^n = H_{\pi^n}$$

Теорема. Если ϕ - выпуклая функция и все ее субградиенты ограничены, то в силу алгоритма с вероятностью единица справедливо:

1). $\lim_{n \rightarrow \infty} \Phi(H^n) \geq \lim_{n \rightarrow \infty} \Phi(\psi^n) = C(S)$, где $C(S)$ – константа, зависящая от выборки S , являющаяся односторонне-стационарным значением функции ϕ ;

2). если, кроме того, ϕ - дважды непрерывно дифференцируемая функция, то $C(S)$ - стационарное значение функции ϕ и любая предельная точка последовательности $\{\psi^n\}$ является стационарной.

Литература

1. БАУМАН Е.В., ДОРОФЕЮК А.А. *Классификационный анализ данных.* / Труды Международной конференции по проблемам управления. Том 1. –М.: СИНТЕГ, 1999. -С. 62-77.
2. АЙЗЕРМАН М.А., БРАВЕРМАН Э.М., РОЗОНОЭР Л.И. *Метод потенциальных функций в теории обучения машин.* - М.: Наука, 1970.

АЛГОРИТМ СТРУКТУРИЗАЦИИ ПАРАМЕТРОВ ДОЛЕВОГО ТИПА И ЕГО КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ¹

Бауман Е.В., Киселева Н.Е., Кулькова Г.В.
(ИПУ РАН, Москва)
bau@ipu.ru

Предложен алгоритм структуризации параметров долевого типа, приведены результаты его компьютерного моделирования.

Ключевые слова: параметры долевого типа, меры зависимости, группировка параметров долевого типа

1. Постановка задачи

Под структуризацией множества параметров имеется в виду разбиение его на группы «близких», «взаимозависимых» параметров на основе выбранной меры зависимости между параметрами. Так построены алгоритмы экстремальной группировки параметров, измеряемых в количественных, ранговых и номинальных шкалах [1]. В докладе предлагается подход к решению этой задачи для особого вида параметров – параметров долевого типа.

Рассмотрим некоторый «агрегированный объект» (например, город), включающий множество «индивидуальных объектов» (например, жителей города). Пусть каждый житель характеризуется некоторым качественным показателем, измеряемым в номинальной шкале (например, уровнем образования, имеющим три значения: ниже среднего, среднее, высшее). Тогда для города этот же показатель, уровень образования, естественно характеризовать набором из трех чисел, показывающих, какую

¹ Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ, проект 08-07-00347-а.

долю его населения составляют жители с соответствующими уровнями образования.

Рассмотрим множество из n агрегированных объектов, каждый из которых состоит из ряда индивидуальных объектов. Будем считать, что индивидуальные объекты описываются двумя параметрами x и y , измеренными в номинальных шкалах. Пусть параметр x принимает одно из значений $(x_1, \dots, x_k)$, а y - одно из значений $(y_1, \dots, y_m)$.

Рассмотрим соответствующие параметры долевого типа A и B , описывающие агрегированные объекты. Их значения для t -го объекта представляют собой векторы $A_t = (\alpha_t^{(1)}, \dots, \alpha_t^{(k)})$ и $B_t = (\beta_t^{(1)}, \dots, \beta_t^{(m)})$. Здесь $\alpha_t^{(i)}$ - доля индивидуальных объектов, принадлежащих t -му агрегированному объекту, для которых $x = x_i$, а $\beta_t^{(j)}$ - доля индивидуальных объектов, принадлежащих t -му агрегированному объекту, для которых $y = y_j$.

Вначале предположим, что все индивидуальные данные нам известны. Тогда кроме этих параметров мы можем подсчитать параметр $G_t = (g_t^{(i,j)}, i = \overline{1, k}, j = \overline{1, m})$, где $g_t^{(i,j)}$ - доля индивидуальных объектов, принадлежащих t -му агрегированному объекту, для которых $x = x_i$, а $y = y_j$.

Если интерпретировать долю $\alpha_t^{(i)}$, как вероятность i -й градации параметра x для t -го агрегированного объекта, а $\beta_t^{(j)}$, как вероятность j -й градации параметра y , то $g_t^{(i,j)}$ интерпретируется как совместную вероятность i -й градации параметра x и j -й градации параметра y .

Введем матрицы условных вероятностей

$$Q_t^{(i,j)} = P_t(y = y_j / x = x_i) = \frac{g_t^{(i,j)}}{\alpha_t^{(i)}}, \quad i = \overline{1, k}, \quad j = \overline{1, m}$$

$$R_t^{(i,j)} = P_t(x = x_i / y = y_j) = \frac{g_t^{(i,j)}}{\beta_t^{(j)}}, \quad i = \overline{1, k}, \quad j = \overline{1, m}$$

Справедливы соотношения

$$(1) \quad \beta_t^{(j)} = \sum_{i=1}^k Q_t^{(i,j)} \alpha_t^{(i)}, \quad \alpha_t^{(i)} = \sum_{j=1}^m R_t^{(i,j)} \beta_t^{(j)}$$

Матрицы Q_t и R_t отражают вероятностную зависимость между долевыми параметрами A и B . Однако во многих практических задачах индивидуальные данные недоступны, имеются только значения долевого показателя A и B . В этом случае показатель G и матрицы Q_t и R_t напрямую посчитать нельзя, и возникает следующая задача:

восстановить матрицы Q_t и R_t по параметрам A и B .

2. Алгоритм

Для решения указанной задачи сделаем следующее допущение: матрицы условных вероятностей Q_t и R_t не зависят от агрегированного объекта, т.е. $Q_t = Q$ и $R_t = R$. Рассмотрим алгоритм восстановления матрицы Q (восстановление матрицы R производится аналогично).

Будем считать, что соотношения (1) выполняются не точно, а с некоторой случайной погрешностью, имеющей характер аддитивного шума, в частности

$$(2) \quad \beta_t^{(j)} = \sum_{i=1}^k Q^{(i,j)} \alpha_t^{(i)} + \varepsilon_t^{(j)}, \quad j = \overline{1, m}, \quad t = \overline{1, n}.$$

Уравнение (2) имеет вид линейной регрессии и отличается от нее только ограничением

$$\sum_{j=1}^m Q^{(i,j)} = 1, \quad i = \overline{1, k}; \quad Q^{(i,j)} \geq 0, \quad i = \overline{1, k}, \quad j = \overline{1, m}.$$

Оценочная матрица $\hat{Q}$, минимизирующая суммарную дисперсию случайной погрешности, находится методом квадратичного программирования.

Качество линейной регрессионной модели принято измерять коэффициентом детерминации. В нашей задаче это

$$D(\hat{Q}) = \frac{T(Y) - F(\hat{Q})}{T(Y)},$$

где $T(Y)$ – сумма квадратов отклонений компонент вектора B от своих средних значений, а $F(\hat{Q})$ – сумма квадратов невязок в (2). Преимущество коэффициента детерминации по сравнению с некоторыми другими мерами качества модели состоит в том, что он достаточно нагляден и легко интерпретируем – меняется от 0 до 1, и чем он ближе к 1, тем лучше модель.

Матрица R восстанавливается аналогично. Однако в общем случае $D(\hat{Q}) \neq D(\hat{R})$, т.е. зависимость между долевыми параметрами A и B несимметрична (A может зависеть от B сильнее, чем B от A , и наоборот). Поэтому при структуризации множества долевого параметров в качестве меры зависимости целесообразно использовать сумму коэффициентов детерминации.

Для проверки работоспособности предложенной методики было проведено компьютерное моделирование как на модельных, так и на реальных данных, содержащих данные о $g_t^{(i,j)}$. Результаты моделирования показывают, что оценки матриц условных вероятностей получаются близкими к реальным матрицам, а при отсутствии шума $\varepsilon_t^{(j)}$ совпадают с ними.

Литература

1. БРАВЕРМАН Э.М., МУЧНИК И.Б. *Структурные методы обработки эмпирических данных*. М.: Наука. 1983. - 464 с.

КОМПЕТЕНТНОСТНЫЙ АЛГОРИТМ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ АСПИРАНТА

Белоусов В.Е., Добросоцкая И.В., Крахт Л.Н.
(*Воронежский государственный архитектурно-
строительный университет*)
vigasu@rambler.ru

Ключевые слова: механизм, мотивация, оценка.

Введение

В России принята федеральная целевая программа «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009 - 2013 годы» [1], которая должна задать существенный скачок в области подготовки научно-педагогических кадров новой формации. Сложившаяся в Российской Федерации ситуация в области воспроизводства и изменения возрастной структуры научных и научно-педагогических кадров показывает, что реализуемый комплекс государственных мер по привлечению и закреплению кадров является недостаточным и не оказывает решающего влияния на позитивное изменение ситуации.

Постановка задачи

Ежегодно аспирант отчитывается о проделанной работе на заседании кафедры, которое инициируется заведующим. Главной формой доклада является отчет аспиранта, который содержит 5 разделов различной научной направленности. Вопросы каждого раздела построены таким образом, чтобы свести к минимуму возможные недостоверные сведения, которые может предоставить аспирант, дабы зависеть свои результаты.

Задача экспертов на этом этапе – максимально объективно оценить аспиранта, т.е. сравнить, на сколько результат соответствует требованиям. Если эксперт затрудняется в оценке, он

может задать уточняющий вопрос докладчику. Эксперт имеет право поставить оценку от 0 до 1,5. Он должен осознавать, что промежуток от 1 до 1,5 подразумевает наличие значительных достижений и дополнительных результатов в работе аспиранта по оцениваемой задаче. Значение оценки эксперты определяют, основываясь на табл. 1.

Таблица 1. Значение оценки в зависимости от характера результата

Значение оценки	Характер результата
1 - 1,5	Результаты соответствуют задаче
0,7 - 0,9	Результаты имеют незначительные недостатки
0,3 - 0,6	Результаты имеют существенные недостатки
0 - 0,2	Результаты не соответствуют задаче

Информационное взаимодействие экспертов не начинается, пока каждый из них не составит собственного впечатления об объекте и не зафиксирует на бумаге свою оценку. Сформировавшиеся оценки эксперты регистрируют на своих индивидуальных бланках, заверенных их подписью.

Формирование итогового мнения

Задача заведующего кафедрой на этом этапе - сформировать компромиссное решение, которое соответствует мнению большинства участников экспертизы. Это происходит путем подсчета голосов за «положительное заключение» или «отрицательное заключение». Необходимое количество голосов для принятия решения – 2/3.

Рассмотрим пример нахождения коэффициента объективности экспертов.

$$d(\text{эксп.} A, R) = |0,9-0,7|+|0,7-0,9|+|0,8-0,8|+|0,4-0,6|+|1-1|=0,6$$

$$d(\text{эксп.} B, R) = |0,7-0,7|+|0,9-0,9|+|0,7-0,8|+|0,6-0,6|+|1,1-1|=0,2$$

$$d(\text{эксп.} C, R) = |0,5-0,7|+|0,9-0,9|+|0,9-0,8|+|0,6-0,6|+|0,7-1|=0,6$$

$$\sum_{i=1}^n d(r_i, R) = 0,6 + 0,2 + 0,6 = 1,4$$

$$\alpha A = 1 - 0,6/1,4 = 0,5714;$$

$$\alpha B = 1 - 0,2/1,4 = 0,8571;$$

$$\alpha C = 1 - 0,6/1,4 = 0,5714.$$

Итак, первый эксперт *В* имеет наибольшую объективность; наименьшую объективность имеют эксперты *А* и *С*.

Анализ и обработка экспертной информации органом управления вуза

Основными документами, на основе которых происходит итоговая оценка результатов деятельности аспиранта, являются: отчет аспиранта, выписка из протокола заседания кафедры и отчет экспертной комиссии.

Задачами аспирантуры на этапе оценки являются: сравнение полученных значений результатов деятельности *у* аспирантов со значениями *х* плана; разбиение множества полученных значений на подмножества; корректирующие мероприятия к подмножествам, находящимся в неблагоприятных зонах;

Сравнение полученных значений *у* со значениями *х* осуществляет ведущий инженер отдела аспирантуры на основе информации, содержащейся в выписке из протокола заседания кафедры и отчете экспертной комиссии.

В качестве показателя следует использовать результативность аспиранта, которая соответствует отношению значения *у* к значению *х*.

$$(1) \quad \mathcal{E}_i = y_i / x$$

где $\mathcal{E}_i$ - результативность *i*-го аспиранта; y_i - оценка деятельности *i*-го аспиранта; *х* - значение плана.

Результаты сравнений заносятся в табл. 2, где указаны промежутки расхождений, количество аспирантов в каждом из промежутков и их процентное соотношение к общему числу. На основании этих данных инженер строит диаграмму расхождений, что позволит выделить наиболее критичные группы аспи-

рантов. Разберем пример оценки качества результатов деятельности аспирантов (все данные приведены в таб. 2).

Таблица 2. Результаты регистрации расхождений

Интервал расхождения	Число аспирантов в интервале	Процент числа аспирантов по каждому интервалу к общему числу
$1,2 \leq \mathcal{E}_i$	27	18,4
$0,8 \leq \mathcal{E}_i \leq 1,1$	66	44,9
$0,5 \leq \mathcal{E}_i \leq 0,7$	30	20,4
$\mathcal{E}_i \leq 0,4$	24	16,3
Итого:	147	100

Заключение

Предложенная в данной статье схема действий должностных лиц вуза при анализе результатов работы аспирантов позволит упреждать нежелательные последствия при этом мотивация применяется более объективно чем в традиционной модели управления.

Литература

1. *Федеральная целевая программа «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009 - 2013 годы.*
2. НИКИФОРОВ А.Д. *Управление качеством.* Учебное пособие для вузов. – М.: Дрофа, 2004 – 720 с.
3. ВОРОНОВ А.А. *Исследование операций и управление.* М.: Наука, 1970. – 128 с.

РАЗРАБОТКА ПРОЦЕДУРЫ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ ДЛЯ БЮДЖЕТНОГО ФИНАНСИРОВАНИЯ КОНКУРСНЫХ ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ ОТРАСЛЕВЫХ НАУЧНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ

Бессарабов А.М., Кочетыгов А.Л.,
Квасюк А.В., Санду Р.А.,
(ФГУП «ИРЕА», Москва)
bessarabov@irea.org.ru

На основе метода анализа иерархий разработана процедура принятия решения для оптимального управления инновационным бюджетным финансированием отраслевых научных организаций (на примере химической промышленности). Разработка методологии оценки инновационных проектов проведено по следующим взаимосвязанным направлениям: рейтинговая оценка инновационного потенциала научной организации-разработчика; комплексная оценка творческого коллектива разработчиков проекта; оценка экономической эффективности конкурсных инновационных проектов.

Ключевые слова: метод анализа иерархий, управление инновациями, отраслевая наука, химическая промышленность.

Введение

Для сохранения и развития отраслевой науки, являющейся важнейшей составляющей научного потенциала России, необходима целенаправленная поддержка государственными органами управления (Минпромторгом и Минобрнауки России). Это осуществляется через механизм инновационных конкурсов на базе государственного заказа - одного из главных инструментов инновационной политики [1]. В условиях сокращения возможностей непосредственной государственной поддержки инновационных процессов, а также экономической самостоятельности

субъектов хозяйствования, особую актуальность приобретает разработка методов отбора инновационных проектов с применением методов системного анализа и теории принятия решений. В качестве наиболее перспективного подхода для оценки эффективности финансирования конкурсных отраслевых программ был выбран метод анализа иерархий [2].

1. Факторная система анализа конкурсных проектов

В разработанной нами иерархической структуре [3] глобальной целью (фокусом) является оптимальное финансирование перспективных инновационных проектов. Это связано с выбором из всего объема предлагаемых проектов такой оптимальной совокупности новых разработок, которая способствует максимальному развитию отрасли. На глобальную цель влияют следующие силы (факторы): экономические, аппаратурно-технологические, социальные и правовые. Эти факторы не являются собственно критериями, по которым производится анализ конкретных проектов. Но они полностью отражают всю совокупность характеристик, используемых при анализе.

Для оценки конкурсных проектов нами первоначально выбирались критерии более тесно связанные с предметной областью. В первом варианте трехуровневой иерархической системы прежде всего, рассматривались экономические характеристики проекта, уровень технологии и аппаратурного оформления, качество продукции и уровень сырьевой базы. По каждому из этих критериев оценки 1-го уровня были сгруппированы характерные для них цели (критерии оценки 2-го уровня). Например, критерий «экономические характеристики» оптимизируется следующими целями (критериями оценки 2-го уровня); емкость рынка, благоприятная конъюнктура, надежность потребителя, благоприятная налоговая и таможенная политика.

Метод анализа иерархий позволил разбить глобальную проблему на ряд подзадач, допускающих однотипные альтернативы. Каждый из рассматриваемых показателей попарно сравни-

вался экспертами с другими показателями по отношению к глобальной цели (фокусу). Оценки варьировались от 9 (много лучше) до 1/9 (много хуже), что позволило создать матрицу попарных сравнений.

На следующем этапе принятия решения был проведен синтез локальных приоритетов, в результате которого окончательные оценки получаются перемножением приоритетов нижнего уровня на оценку критерия более высокого уровня. Так были получены оценки (приоритеты) всех конкретных альтернатив нижнего уровня (конкретные инновационные проекты) относительно глобальной цели (выбор оптимальной совокупности новых разработок). Эта методология и разработанная на базе СУБД FoxPro информационная технология внедрены в 1995-1996 гг. в Главном научно-техническом управлении Роскомхим-нефтепрома РФ [3].

Однако в последующем в системе существенно снизилась детализация технико-экономических характеристик проекта, но значительно повысилась важность оценки уровня его разработчиков. Это связано с более значимой достоверностью оценки акторов (действующих лиц) проекта, чем представленной ими описанием инновации.

2. Акторная система анализа конкурсных проектов

В 1997–2004 гг. разработана двухуровневая структура акторного экспертного анализа для Минэкономики (Минпромнауки) России. В основу анализа положены три критерия первого (верхнего) уровня иерархии: уровень организации-разработчика, уровень руководителя проекта и уровень проекта.

На первом этапе работы с системой эксперт определял для себя уровни иерархий оценки для рассматриваемой инновационной программы. Их формулировки и весовые коэффициенты заносились в базу данных. Далее для указанного множества уровней производилась оценка перспективных проектов, а затем производилось ранжирование проектов по убыванию их оце-

ненного рейтинга. Впервые система была апробирована на конкурсных проектах-заявках по Федеральной целевой программе «Развитие промышленной биотехнологии» в Департаменте экономики химической и микробиологической промышленности Минэкономики России [3].

В 2004-2005 гг. предложен наиболее перспективный и современный вариант структуры с минимальной экспертной оценкой инновационных проектов на основе 3-х основных критериев верхнего уровня: инновационный потенциал научной организации-разработчика; комплексная оценка творческого коллектива разработчиков; экономическая проработка инновационного проекта [4]. Наибольший интерес в этой структуре представляет, разработанная на основе динамических и статических индексов интеллектуального и экономического потенциала, модель интегрированной рейтинговой оценки отраслевых научных организаций химической и нефтехимической промышленности. Эта методология в рамках информационной технологии внедрена в Департаменте промышленности Минпромэнерго России.

Литература

1. БЕССАРАБОВ А.М. *Инновационный потенциал научных организаций химического комплекса России: 1990-2000 гг.* // Химия и рынок. 2002. № 2-3. С. 42 – 45.
2. СААТИ Т. *Принятие решений. Метод анализа иерархий.* М.: Радио и связь, 1993. – 219 с.
3. БЕССАРАБОВ А.М., ГАФИТУЛИН М.Ю. *Автоматизированные системы для управления инновационным бюджетным финансированием отраслевой науки* // Приборы (и автоматизация). 2005. № 6. С. 51 – 60.
4. БЕССАРАБОВ А.М. *Системный анализ бюджетного инновационного финансирования отраслевых научных организаций химической и нефтехимической промышленности* // Нефтепереработка и нефтехимия. 2006. № 4. С. 17-22.

КОНЦЕПЦИЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ РАЗВИТИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ МНОГОАГЕНТНЫХ СИСТЕМ

Виноградов Г.П.
(ТГТУ, Тверь)
wgp272ng@mail.ru

Ключевые слова: развитие, многоагентные системы, эволюция

Введение

Многоагентные системы (МС) состоит из управляемых и управляющих субъектов (целеустремленных агентов - ЦА), обладающих собственными целями, мотивацией, способностью принимать решения исходя из своих интересов, в принципе, не совпадающих с интересами системы в целом. Эта особенность и наличие свободы выбора порождают так называемое “активное поведение” ЦА и одновременно создает основу для развития многоагентной системы, которое характеризуется такими понятиями, как самоорганизация и саморазвитие. Проблемы построения моделей развития МС рассматривались в [1, 2], где показано, что интерактивный процесс выработки согласованных целей и представлений является информационным управлением, цель которого в информационно-психологическом воздействии на ЦА, коалиции ЦА, осуществляющих выбор.

1. Формирование согласованных представлений, как основа развития многоагентных систем

Процесс развития МС надо рассматривать как последовательность смены ее целеустремленных состояний, возникающих вследствие целеустремленного выбора ЦА на основе представлений (знаний) об объекте управления, среде, поведении других агентов и т.д. Качество принимаемых решений ЦА зависит от уровня его знаний (представлений) в соответствующих формах

и определяет степень достижения двух основных целей: 1) приспособление к внешней среде; 2) увеличение степени доминирования во внешней среде. Стремление достижения этих двух целей определяет целенаправленный характер формирования представлений (знаний) ЦА в процессе его деятельности. Процесс формирования представлений имеет свою структуру (как особый вид деятельности) и формы. Способом формирования представлений являются процессы общения и коммуникации. Процесс коммуникации является интерактивным и итерационным. Каждая его стадия является результатом целенаправленного выбора.

Процесс выработки согласованных представлений в зависимости можно разбить на три этапа в соответствии с этапами при принятии решений: получение удовлетворительных решений (реализация цели выживания МС и ЦА), оптимизация решений (рациональный выбор – достижение тактических целей) и самоорганизацию для управления будущими возможными ситуациями с целью достижения стратегических целей.

Поскольку процесс интерактивного взаимодействия лица должен сходиться к состоянию равновесия (в принципе), то его следует рассматривать как итерационный процесс.

2. Концептуальная модель развития интеллектуальной организации

Эволюционный процесс развития следует рассматривать как процесс адаптации, связанный с корректировкой представлений об объекте в пределах принятой парадигмы. Его результатом является накопление знаний путем получения информации, которую агенты получают, исследуя внешнюю среду, самих себя, объект управления, процессы, протекающие в организационной системе, все, что образует область исследования. Интерфейс между агентом и областью исследования состоит из двух альтернативных процессов – абстрагирования и интерпретации. Такой процесс связан, во-первых, с тем, что полную информа-

цию об объекте получать сразу сложно, а во-вторых, если это и возможно, то она оказывается малополезной и трудно интерпретируемой. Это связано с тем, что “по мере возрастания сложности системы способность человека формулировать точные, содержащие смысл утверждения о ее поведении уменьшается вплоть до некоторого порога, за которым точность и смысл становятся взаимоисключающими” [3].

Если принятое решение на основе используемого уровня абстрагирования (используются обобщенные, схематизированные, а значит неточные модели как представление о реальности, составляющие текущий уровень знания) достаточно удовлетворительное (правильное), то считается, что достигнут компромисс между точностью (она вызывает неопределенность) и сложностью (что делает модель мало информативной). В противном случае для достижения успеха необходимо выполнить крупные качественные сдвиги в новом направлении. Первое связано с эволюционным развитием, второе – определяет скачок в развитии. Чем более точное знание, тем более специализированным оно является.

Таким образом, можно сформулировать следующие принципы развития естественных и искусственных интеллектуальных многоагентных систем:

1. В процессе функционирования системы внешняя среда и внутреннее состояние системы создают проблемы для ее нормального функционирования, которые являются стимулом (мотивацией) для творческого начала в системе для начала поиска их решения.

2. Для их решения организуется поиск для формирования относительно простых с высокой степенью абстракции представлений о процессах, протекающих в объекте. Если решения на основе этих обобщенных неточных представлений удовлетворительны, то выполняется направленный поиск для достижения компромисса между сложностью и точностью.

3. Результатом поиска являются различного рода формы (гипотезы, теории и т.д.). Неудачные формы устраняются путем

модифицирования механизмов выработки согласованных представлений (экспертизы, дискуссии, публикации и т.д.). Принимаемые формы (гипотезы, теории) образуют популяцию, ее эволюция идет параллельно с эволюцией механизма управления.

4. Популяция форм знания является целенаправленным процессом и сама является пробным решением, которое анализируется в процессе реализации развития интеллектуальной системы, когда выполняется либо ее приспособление к изменениям во внешней среде, либо – преобразование элементов внешней среды в нужном для системы направлении.

5. Знания о системе и внешней среде формируется на основе активного изучения агентами. Знания являются формой приспособления системы к условиям внешней среды или преобразования внешней среды и самой организации в соответствии с целями развития.

6. Знание есть результат пробы и устранения ошибок в результате согласования представлений агентов путем правильной интерпретации результатов на различных этапах использования знания за счет развития согласованных механизмов отбора.

Литература

1. БУРКОВ В.Н., ЕНАЛЕЕВ А.К., НОВИКОВ Д.А. *Механизмы функционирования социально-экономических систем с сообщением информации.* // Автоматика и телемеханика, 1996, №3, с. 3-25.
2. БОРИСОВ П.А., ВИНОГРАДОВ Г.П., СЕМЕНОВ Н.А. *Интеграция нейросетевых алгоритмов, моделей нелинейной динамики и методов нечеткой логики в задачах прогнозирования.* // Изв. РАН. ТиСУ. 2008. №1. с.78-84.
3. ЗАДЕ Л.А. *Основы нового подхода к анализу сложных систем и процессов принятия решений.* // Математика сегодня – Знание, 1974. – с. 5-49.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТРУКТУРЫ ДЕРЕВА СВЕРТОК

Власова Е.А., Набиуллин И.Ф., Сидоренко Е.А.

(Воронежский государственный архитектурно-
строительный университет)

vgasu@vtn.ru

Ключевые слова: матрица, критерии, структура.

Введение

В начале 1970х годов американский математик Томас Саати разработал процедуру поддержки принятия решений, которую назвал «Analytic hierarchy process» (АНП) (в русском переводе – «Метод анализа иерархий») [1, 2]. Этот метод относится к классу критериальных и занимает особое место, благодаря исключительно широкому распространению и активному применению и по сей день, особенно в США. Его отличительной особенностью является использование матриц парных сравнений для критериев, для которых не существует объективных оценок. Такие матрицы заполняются экспертами или лицами, принимающими решения (ЛПР), и формализуют относительную попарную предпочтительность значения критерия для рассматриваемых альтернатив. Определение предпочтительности альтернатив путем парных сравнений вызывает меньше затруднений у ЛПР в сравнении с необходимостью напрямую задать вес для каждой из альтернатив, с чем, возможно, связана немалая доля популярности этого метода и его производных. Окончательное значение комплексной оценки получается в результате взвешенной суммы значений критериев, что, в частности, исключает возможность учесть часто присутствующее взаимное влияние критериев друг на друга. Недостаткам данного метода уделено внимание в работе [3].

Результаты данной работы еще более облегчают использование аппарата матриц свертки, позволяя реализовать автоматизиро-

ванный выбор структуры дерева и матриц свертки на основе данных, задаваемых в виде матрицы парных сравнений критериев.

1. Выбор структуры дерева

Определение структуры дерева сверток на основе информации, представленной в матрице парных сравнений критериев представляет определенную трудность, связанную с тем, что последняя описывает отношение между любой парой критериев, в то время как дерево сверток описывает последовательность парных объединений критериев и/или продуктов свертки и напрямую учитывает отношения лишь для некоторого подмножества пар критериев. В связи с этим, в работе рассмотрение ограничивается таким классом матриц сравнительной важности критериев, который позволяет определить некоторый «порядок» для группы сворачиваемых критериев.

Определение. Пусть $\mathbf{R}$ — матрица парных сравнений размера $N \times N$ для группы критериев K , где элемент r_{ij} в i -ой строке задает степень предпочтительности j -того критерия по отношению к i -тому. Будем считать группу критериев K *упорядочиваемой* по отношению к матрице $\mathbf{R}$, если существует такая перестановка.

(1) $l_k, k \in 1..N, l_p \neq l_q$ при $p \neq q$, что для $p > q, p, q \in 1..N, r_{l_q l_p} \leq 1$

Для групп критериев и матриц, упорядочиваемых в смысле, задаваемым определением (1), возможна такая перестановка критериев, что матрица примет следующий блочно-диагональный вид, в котором верхнетреугольная часть содержит только такие элементы, которые меньше или равны 1 (рис. 1).

В дальнейшем изложении в качестве диагональных блоков будем рассматривать только квадратные подматрицы из единичных элементов, симметричных относительно диагонали матрицы, что позволяет остальным элементам верхнетреугольной части матрицы принимать значения, равные 1 и считать, что переупорядочивание критериев уже произведено.

Критерий	Кр:Кр1	Кр:Кр2	Кр:Кр3	Кр:Кр4	Кр:Кр5
Критерий 1	1	1/2	1/2	1/2	1/3
Критерий 2	2	1	1	1	1/4
Критерий 3	2	1	1	1	1/4
Критерий 4	2	1	1	1	1/4
Критерий 5	3	4	4	4	1

Рис. 1. Результат переупорядочивания критериев.

Для получаемого порядка блоков на диагонали матрицы **R** представляется возможным сконструировать дерево в результате рекурсивного применения следующей процедуры (Процедуры 1), в которой более «важный» (т.е. находящийся левее и выше на диагонали) блок сворачивается с результатом свертки менее «важных» блоков. Получаемое (достаточно вырожденное) дерево, в листьях которого находятся блоки критериев на диагонали матрицы **R**, представлено на рис.2.

Таким образом, более «важные» блоки критериев оказываются ближе к корню дерева, соответствующему получаемой КО. Для окончательного определения структуры дерева требуется определиться с процедурой построения поддерева, соответствующего диагональным блокам размера, большего 1. Критерии, принадлежащие такому блоку, эквивалентны по важности с точки зрения содержимого матрицы **R**, в связи с чем порядок свертки этих критериев в соответствующем поддереве может быть произвольным при сохранении условия эквивалентности критериев с точки зрения их важности. Как будет показано ниже, определенный выбор матриц свертки в узлах поддерева позволяет сохранить это свойство. Учитывая это обстоятельство, в данной работе предлагается следующая процедура (Процедура 2) построения поддерева для набора критериев, принадлежащих одному диагональному блоку:

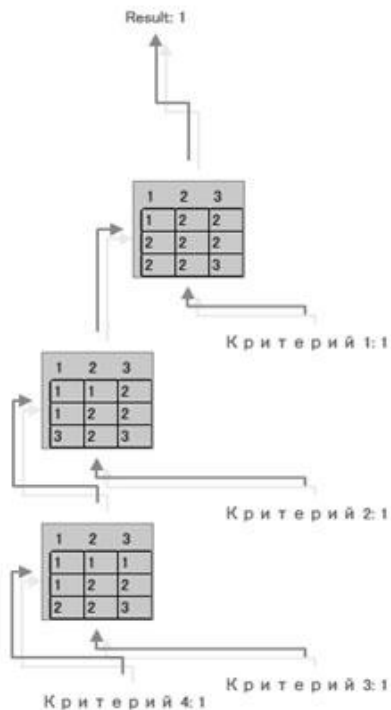


Рис.2. Основная структура дерева свертки

Критерии подгруппы разбиваются произвольным образом на пары и формируют самый нижний уровень поддерева. В случае нечетного размера диагонального блока, оставшийся критерий переносится на следующий уровень поддерева, где может участвовать в свертке с результатами сверток выбранных пар критериев. Данная процедура применяется к каждому уровню поддерева до достижения его корня, который уже, в свою очередь, сворачивается с основным деревом, построенным в результате Процедуры 1.

Выводы

В данной работе представлен подход к автоматизированному построению комплексной оценки на основе матриц сверток, значительно повышающий доступность использования этого метода для экспертов и ЛПР за счет использования матриц попарных сравнений критериев для формализации соотношений, существующих с точки зрения ЛПР в рассматриваемой области.

Литература

1. СААТИ Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий / Т. Саати – М.: Радио и Связь, 1993.
2. SAATY T. “The Analytic Hierarchy and Analytic Network Processes for the measurement of intangible criteria and for decision-making” in Multiple criteria decision analysis: state of the art surveys / T. Saaty // Volume 57 by José Figueira, Salvatore Greco, Matthias Ehrgott, – 2005. – p. 346.
3. CARLOS A. A critical analysis of the eigenvalue method used to derive priorities in AHP / Carlos A. Bana e Costaa, Jean-Claude Vansnick // European Journal of Operational Research, – 2008. – Vol. 187, Is. 3, P. 1422-1428.

УПРАВЛЕНИЕ СОЦИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ С УЧЕТОМ НЕЧЕТКИХ ПРЕДПОЧТЕНИЙ

Гитман М.Б., Столбов В.Ю.

(ПГТУ, Пермь)

svu@matmod.pstu.ac.ru, gmb@matmod.pstu.ac.ru

Рассматривается задача выбора оптимальных стратегий функционирования и развития сложной социально-технической системы. Предложена методика учета иерархической структуры нечеткого критерия оптимальности системы.

Ключевые слова: социально-технические системы, иерархия принятия решений, обобщенный критерий оптимальности.

Введение

Исследуемая техническая система вместе с иерархией принятия решений может рассматриваться как единая социально-техническая система, в которой активную роль играют лица, принимающие решения. В некоторых 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. Построение иерархии принятия решений

В рассматриваемых социально-технических системах выделим 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. Зададим 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. 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 (профессиональному) 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 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.

2. Построение обобщенного иерархического критерия оптимальности системы

Пусть каждый вариант развития некоторой социально-технической системы характеризуется набором значений техни-

ческих 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 развития системы, при этом критерии оптимальности имеют иерархическую структуру, соответствующую принятой иерархии 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 $\{U_{n-1}^{n-1}\}$, 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 1-го уровня зависят от технических критериев оптимальности системы U_i^0 . Критерии U_i^0 можно назвать техническими (объективными) критериями оптимальности системы. На каждом вышестоящем уровне при построении критерия U_i^p устраняется многокритериальная неопределенность нижестоящего уровня, причем вариант устранения многокритериальной неопределенности на уровне p зависит от лица, принимающего на этом уровне решение. Поэтому критерии уровней $1...n$ можно назвать обобщенными (субъективными).

Будем считать, что каждое значение критерия u_{ik}^0 задает степень предпочтительности функционирования системы для каждого варианта развития системы V_k^0 по критерию U_i^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). 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 $\mu_{\tilde{R}^1}(V_a^1, V_b^1)$, имеющее смысл степени превосходства варианта построения системы $V_a^1 = \{\mu_j^1(u_{ia}^0)/u_{ia}^0\}, i = \overline{1, m_0}$ 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. Для этого могут быть использованы различные подходы. Например, с помощью замены множества критериев их линейной сверткой. Функция принадлежности нечеткого отношения при использовании такого подхода будет иметь следующий вид:

$$(1) \quad \mu_{\tilde{R}^1}(V_a^1, V_b^1) = \frac{1}{2} + \frac{\sum_i \bar{\mu}_{ij}^1(\mu_j^1(u_{ia}^0) - \mu_j^1(u_{ib}^0))}{2m_1 \sum_i \bar{\mu}_{ij}^1} \equiv \mu_{\tilde{R}^1}^I(V_a^1, V_b^1),$$

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. Выбор конкретной функции принадлежности зависит от предметной области функционирования системы. Возможен также компромиссный вариант:

$$(2) \quad \mu_{\tilde{R}^1}(V_a^1, V_b^1) = (1 - \alpha)\mu_{\tilde{R}^1}^I(V_a^1, V_b^1) + \alpha\mu_{\tilde{R}^1}^{II}(V_a^1, V_b^1) \equiv \mu_{\tilde{R}^1}^{III}(V_a^1, V_b^1),$$

где $\alpha \in [0,1]$ некоторая константа.

Коэффициент α в формуле (2) 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.

Вернемся к построению обобщенного критерия оптимальности системы. Построим интегральную оценку варианта построения сети $V_a^1 = \{\mu_j^1(u_{ia}^0)/u_{ia}^0, i = \overline{1, m_0}\}$ в смысле критерия $U_j^1, i = \overline{1, m_1}$ 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 $u_{ji}^1 \equiv F_j^1(V_i^1)$.

Применив аналогичные рассуждения для последующих уровней, для уровня p получаем:

$$u_{ik}^p \equiv F_i^p(V_k^p) = \min_{b, b \neq k} (\mu_{\bar{R}^p}^p(V_k^p, V_b^p)) = \min_{b, b \neq k} (\{\mu_i^p(u_{jk}^{p-1})/u_{jk}^{p-1}\}, \{\mu_i^p(u_{jb}^{p-1})/u_{jb}^{p-1}\}),$$

где i - номер критерия уровня p , k - номер варианта построения системы, j - номер критерия уровня $p-1$. На последнем уровне имеется только один обобщенный критерий U_1^n . Иначе говоря, на последнем уровне критериев варианту построения системы номер 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 $u_{0a}^n = \max_k (u_{0k}^n)$.

Предложенный подход нашел применение и показал высокую эффективность в задачах выбора оптимальной конфигурации сетей связи [1,2] и оптимизации учебных планов образовательных программ компетентностного содержания [3].

Литература

1. ГИЛЯЗОВ Р.Л., ГИТМАН М.Б., СТОЛБОВ В.Ю. *Управление транспортными сетями электросвязи с учетом нечетких предпочтений* // Проблемы управления. – 2008. – №1. – С.62-67.
2. 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.
3. 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.

АЛГОРИТМЫ ЭКСПЕРТНО- КЛАССИФИКАЦИОННОГО АНАЛИЗА КВАЗИПЕРИОДИЧЕСКИХ БИОСИГНАЛОВ В ЗАДАЧАХ МЕДИЦИНСКОЙ ДИАГНОСТИКИ ¹

**Гольдовская М.Д., Гучук В.В.,
Десова А.А., Покровская И.В.**
(ИПУ РАН, Москва)
ivp@ipu.ru

Описаны результаты использования специально разработанного комплекса алгоритмов экспертно-классификационного анализа данных для анализа параметров квазипериодического

¹ Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ, проект 08-07-00349-а.

пульсового сигнала, выбора информативных параметров для решения задач медицинской диагностики.

Ключевые слова: квазипериодические временные ряды, экспертно-классификационные методы анализа данных, пульсовой сигнал, спектральные методы анализа.

1. Особенности квазипериодического пульсового сигнала лучевой артерии

Исследования по анализу и оценке вариабельности сердечного ритма (ВСР) свидетельствуют о существенной диагностической значимости показателей ВСР при различных патологических состояниях человека. В настоящей работе подобное исследование проводится на примере сигнала периферического пульса лучевой артерии. Методика исследования пульсового сигнала основана на синхронном анализе колебательных компонент, присущих различным функционально - значимым элементам пульсового сигнала и оценке их взаимосвязи.

Форма пульсового сигнала лучевой артерии в пределах основного квазипериода описывается следующими характеристиками: PA – период пульсовой волны, PC – время достижения максимума дикротической волны, PG – время падения основной волны, VA , VC , VG – амплитудные характеристики систолической и дикротической волн. Информация о пульсовом сигнале, может быть представлена в двух видах - значения параметров формы пульсовой волны; информация, отражающая динамические изменения элементов формы пульсовой волны. Автоматизированные методы анализа пульсового сигнала должны предусматривать обработку обоих видов информации.

2. Основные этапы анализа ритмической структуры пульсового сигнала

Методика анализа ритмической структуры пульсового сигнала предусматривает идентификацию значимых элементов в пределах его основного квазипериода и состоит из следующих этапов: 1) автоматизированное выделение характерных элементов пульсового сигнала в пределах основного квазипериода, вычисление амплитудных и временных параметров этих элементов; 2) формирование динамических рядов амплитудных и временных параметров характерных элементов (каждый представляет собой зависимость значений данного параметра от номера периода); 3) вычисление статистических характеристик этих динамических рядов; 4) вычисление спектральной плотности всех сформированных динамических рядов и оценка взаимных соотношений колебательных компонент.

Если основной задачей является диагностическая классификация (построение диагностических правил), то на базе полученных характеристик производится оценка степени их информативности и формируется пространство признаков для рассматриваемой диагностической задачи. В этом пространстве производится построение диагностических решающих правил с использованием алгоритмов экспертно-классификационного анализа данных и распознавания образов [1].

3. Выделение функционально-значимых элементов пульсового сигнала

Начальным этапом является разбиение пульсового сигнала на квазипериоды. Сложность задачи автоматического выделения квазипериодов обусловлена значительной вариабельностью форм сигнала, наличием локальных экстремумов и т.п. В качестве базовых параметров исходного сигнала используются амплитудные (VA , VC , VG ,) и временные (PA , PC , PG ,) парамет-

ры характерных элементов единичного квазипериода. Для автоматического выделения основной и дополнительных волн единичного квазипериода был разработан специальный алгоритм [2], базирующийся на методах экспертно-классификационного анализа данных [1]. К сожалению, на реальных пульсограммах часто наблюдаются существенные колебания значений амплитуд основных квазипериодов, поэтому распределение выявленных зубцов анализируется на временной шкале [2].

4. Спектральный анализ колебательных компонент динамических рядов

Динамические ряды, полученные на предыдущем этапе, рассматриваются как квазистационарные случайные процессы, представляющие собой суперпозицию колебаний, трендов и шумов. Выявление периодических составляющих динамических рядов осуществляется с помощью спектрально-корреляционного анализа, прежде всего при анализе функции спектральной плотности. Пики спектральной плотности, как правило, были сосредоточены в частотных диапазонах *HF* (0.15-0.4 Гц), *LF* (0.04-0.15 Гц), *VLF* (0.003-0.04 Гц).

На исследуемом массиве данных (355 векторов) экспертным путём было выделено 7 типов спектральной плотности, отличающихся количеством и степенью выраженности указанных выше колебательных компонент. Аналогичные типы спектральной плотности были выделены и для динамических рядов для других базовых параметров пульсового сигнала. Для получения объективных данных о типах спектральной плотности была проведена автоматическая классификация спектральных кривых в пространстве следующих параметров: *VLF/LF*, *LF/HF* и *HF/VLF*. Для этой цели использовался комплексный алгоритм автоматической классификации [3]. Сравнительный анализ экспертной и формализованной классификаций показал их достаточно высокую согласованность. Этот важный результат позволяет в дальнейшем в значительной степени автоматизиро-

вать процесс диагностики. Было построено трёхмерное распределение указанных параметров для различных типов спектров. Это позволило выявить ориентировочные области расположения различных типов спектральной плотности в координатах рассматриваемых параметров.

Литература

1. БАУМАН Е.В., ДОРОФЕЮК А.А. *Классификационный анализ данных.* // Труды Международной конференции по проблемам управления. Том 1. – М.: СИНТЕГ, 1999. - с. 62-77. Брызгунов И.П.,
2. ДЕСОВА А.А., ДОРОФЕЮК А.А., ГУЧУК В.В., ДОРОФЕЮК Ю.А., ПОКРОВСКАЯ И.В. *Процедуры классификационного анализа в задаче формирования информативных признаков при исследовании ритмической структуры биосигнала* / Автоматика и телемеханика. 2008, №6. – с. 143-152.
3. ДОРОФЕЮК Ю.А. *Комплексный алгоритм автоматической классификации и его использование в задачах анализа и принятия решений.* / Таврический вестник информатики и математики. 2008. № 1. –с. 171-177.
4. ДЕСОВА А.А., КИЗЕВА А.Г. *Исследование характеристик формы и ритмической структуры пульсового сигнала лучевой артерии при артериальной гипертензии в детском и подростковом возрасте.* // Физиология человека. 2007. том 23. № 3. –с. 38 –43.

ПРОЦЕДУРА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ КОЛЛЕГИАЛЬНЫХ РЕШЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АКТИВНОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ

Гуреев К.А.⁽¹⁾, Лыков М.В.⁽¹⁾, Шайдулин Р.Ф.⁽²⁾

(1 – ПГТУ, 2 – Пермская государственная сельскохозяйственная академия им.Д.Н. Прянишникова, Пермь)

nedstf@pstu.ru

Рассматриваются две процедуры (два подхода) поддержки принятия коллегиальных решений в форме согласованных оценок и согласованных моделей предпочтений, использующие механизмы матричных сверток и активной экспертизы.

Ключевые слова: коллегиальные решения, согласованные оценки, согласованные модели предпочтений, матричные свертки, активная экспертиза.

Востребованность в процедурах поддержки принятия коллегиальных решений обнаруживается во время принятия решения коллегиальными руководящими органами при обосновании наиболее предпочтительного проекта, выборе подрядчиков, учете предпочтений социума, электората, субъектов рынка и т.п. и связана с обработкой экспертной информации, например, в форме активной экспертизы[1] приводящей к согласованным результатам.

В докладе рассматриваются две процедуры (два подхода) поддержки принятия коллегиальных решений: в случае необходимости получения согласованных оценок и согласованных моделей предпочтений.

Суть первого подхода: мнение экспертов запрашивается не в виде оценок, а в форме моделей предпочтений, являющихся средством выражения мнений экспертов. Каждая модель имеет одну и ту же область определения, составленную из частых критериев объектов оценивания.

После соответствующей обработки полученной информации эксперты могут быть приглашены уже на утверждение окончательного варианта согласованной оценки.

Последовательность действий для данного подхода заключается в следующем:

1) для каждого объекта оценивания устанавливается многомерный вектор значений частных критериев;

2) для каждого объекта оценивания вычисляется комплексные оценки на основе предоставленных ранее моделей предпочтений всех экспертов;

3) с помощью активной экспертизы находятся согласованные оценки по каждому объекту оценивания;

4) индекс варианта согласованного решения определяется по признаку наибольшей из согласованных комплексных оценок.

Положительные стороны методики:

- при установлении согласованной оценки учтены мнения всех сторон;

- существенно уменьшена возможность манипулирования оценками отдельных заинтересованных экспертов;

- все исходные промежуточные и окончательные результаты обоснования документируемы.

Замечание: данный механизм может быть модифицирован для обсуждения проблемы в коллегиальных органах, участники которого имеют различные доли ответственности. Это достигается правом тиражирования отдельными экспертами своего мнения пропорционально доли ответственности.

Моделирование согласованных предпочтений более привлекательно, чем нахождение согласованных оценок, поскольку не только освобождает членов коллегиального руководства от рутинной работы по принятию решений в типовых ситуациях в течение длительного периода, но и предоставляет дополнительные возможности в области анализа состояний объекта и обоснования управленческих решений [2].

Суть второго подхода заключается в том, что решение данной задачи ищется не методом построения искомой модели, а

путем ее нахождения среди моделей предпочтений, представленных участниками совета по представленному вопросу. В такой модели должно быть реализовано наиболее взвешенное по сравнению с другими мнение эксперта в рассматриваемой предметной области. Обсуждаемый подход представляет особый интерес для маркетинговых исследований.

Последовательность действий для данного подхода заключается в следующем:

1) на принципах маркетинга осуществляется выборка группы респондентов (экспертов) из исследуемого слоя населения;

2) для каждого респондента составляется своя модель предпочтения;

3) строится ряд согласованных оценок для множества специально подобранных виртуальных объектов оценивания (рабочих точек) по методике предыдущего подхода – согласованного комплексного оценивания:

$\bar{X}_{\text{сogl}} = (X_{\text{сogl}1}, \dots, X_{\text{сogl}k}, \dots, X_{\text{сogl}\pi})$, где π – количество рабочих точек, множество которых представляет собой образ идеальной согласованной модели предпочтений;

4) вычисляется усредненное отклонение σ_i оценок модели каждого респондента от образа идеальной согласованной модели;

5) определяется индекс согласованной модели как наилучшего приближения к идеальной согласованной модели предпочтений согласно выражения $i_{\text{сogl}} = \text{Ind} \min_n \sigma_i$, при условии

достаточной близости к ней: $\sigma_{i_{\text{сogl}}} \leq \sigma_{\text{доп}}$. Если условие не выполняется, то нужно увеличить число респондентов, либо проверить их правомочность представлять данный социум.

Обсуждаемые подходы к согласованному оцениванию и моделированию предпочтений с использованием механизма активной экспертизы способствуют расширению области применения методов управления организационными системами, характеризующимися большим числом активных элементов, несвязанных жесткой структурой, к каковым относятся коллективные органы, кондоминиумы, рынки и другие объекты с признаками однородности.

Литература

1. Д.А.Новиков, С.Н. Петраков *Курс активных систем* – М.:СИНТЕГ, 1999. – 108с.
2. ХАРИТОНОВ В.А., БЕЛЫХ А.А. *Технологии современного менеджмента. Инновационно-образовательный проект* / Харитонов В.А., Белых А.А. Под научной редакцией В.А. Харитонова. - Пермь: ПГТУ, 2007. – 187 с.

МЕТОДЫ РАЗМЫТОЙ СТРУКТУРНОЙ АППРОКСИМАЦИИ В ЗАДАЧАХ ИДЕНТИФИКАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ СЛОЖНЫМ ОБЪЕКТОМ¹

Дорофеюк А.А., Дорофеюк Ю.А.

(ИПУ РАН, Москва)

dorofeyuk_julia@mail.ru

Решается задача построения модели функционирования сложного объекта с помощью алгоритмов структурной аппроксимации. Основная идея структурной аппроксимации сложной зависимости состоит в разбиении пространства входных параметров на такие области, в пределах каждой из которых сложную во всём пространстве функцию можно аппроксимировать достаточно простыми функциями.

Ключевые слова: структурная аппроксимация, классификационный анализ данных, кусочная аппроксимация

¹ Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ, проект 08-07-00349-а

1. Задача структурной аппроксимации при идентификации сложных объектов

В работе для простоты рассматривается статическая модель $y = F(x)$ функционирования сложного объекта, как модель зависимости выходного показателя y от вектора входных показателей $x = (x^{(1)}, \dots, x^{(k)}) \in X \subseteq R^k$.

Многие сложные объекты могут работать в нескольких режимах, существенно различающихся своими моделями $y = F_j(x)$, где j – индекс режима. При этом j -му режиму соответствует область H_j в пространстве X . В [1] для идентификации таких объектов впервые было предложено использовать методы структурной (кусочной) аппроксимации. Часто в качестве оценок локальных моделей $\tilde{F}_j(x)$ используются простые функции – линейные или константы, поэтому далее рассматривается только кусочно-линейная модель (аппроксимация).

Классическая схема структурной аппроксимации состоит в следующем [2,4]. Пространство X разбивается на r классов $(H_1, \dots, H_r)$, в каждом классе строится линейная оценка $\tilde{F}_i(x) = ((c_i, x) + d_i)$ локальной модели объекта. Задача состоит в нахождении такого разбиения на классы, для которого сумма квадратов невязок по оценкам локальных моделей всех классов была бы минимальна [4]. Классификация H задаётся через вектор-функцию принадлежности $H(x) = (h_1(x), \dots, h_r(x))$. Можно записать функционал качества аппроксимации I в двух эквивалентных видах:

$$I_1 = \sum_{i=1}^r \sum_{t=1}^n [y_t - ((c_i, x_t) + d_i)]^2 h_i(x), \quad I_2 = \sum_{t=1}^n \left[y_t - \sum_{i=1}^r ((c_i, x_t) + d_i) h_i(x) \right]^2.$$

Оказывается, что оптимальная для I_1 и I_2 классификация зависит не только от входных, но и от выходного показателя, что неприемлемо для прогнозных моделей.

2. Использование размытой структурной аппроксимации в задачах идентификации

В этом случае, классификацию будем задавать через вектор-функцию принадлежностей $H(x)$ с ограничениями: $\sum_{i=1}^r h_i(x)=1$, $h_i(x) \geq 0$, $x \in X, i=1, \dots, r$. Так как I_1 линейен по $H(x)$, то функционал $\hat{I}_1 = -\min_{c_i, d_i} I_1$ является выпуклым по $H(x)$. Отсюда следует, что оптимальная классификация $H(x)$ лежит на границе допустимой области, что соответствует чёткой классификации. В соответствии с методикой обобщённого среднего [3] для получения структурно-линейной модели с размытой классификацией функционал I_1 необходимо модифицировать:

$I_3 = \sum_{i=1}^r \sum_{t=1}^n [y_t - ((c_i, x_t) + d_i)]^2 \varphi(h_i(x))$, где $\varphi(h)$ – одна из следующих функций: $\varphi_1(h) = h$ приводит к чёткой классификации; $\varphi_2(h) = (h)^t$, $t > 1$, приводит к структурно-линейной модели с размытой классификацией; $\varphi_3(h) = t - \sqrt{t^2 - (2t-1)h}$, $t > 1$, приводит к классификации с размытыми границами. С точностью до знака функционал I_3 является частным случаем функционала классификационного анализа общего вида [3]:

$$J(H, A) = \sum_{x \in X} \sum_{i=1}^r K(x, \alpha_i) \varphi(h_i(x)), \text{ поэтому для его оптимизации}$$

можно использовать общий итерационный алгоритм классификационного анализа [3]. Алгоритм состоит в последовательном применении двухэтапной процедуры: на первом этапе фиксируется вектор-функция $H(x)$, и для неё находятся оптимальные значения c_i, d_i , $i=1, \dots, r$; на втором – найденные оценки коэффициентов фиксируются, и для них находится оптимальная вектор-функция $H(x)$. Сходимость этого алгоритма следует из

сходимости общего итерационного алгоритма классификационного анализа [3]. Также как и для случая чёткой классификации, недостатком такого подхода является то, что в уравнения границ оптимальной классификации входят не только входные показатели, но и выходной.

Чтобы избавиться от этого, необходимо, чтобы классификация имела «простой» вид в пространстве X . Для этого предлагается строить модель так, чтобы классификация производилась по одному набору показателей, а аппроксимация в каждом классе – по-другому [4]. В соответствии с этим еще пространство $Z = R^s$, в котором производится классификация объектов. Часть показателей в пространствах X и Z могут совпадать. Задача состоит в построении такой структурно-линейной модели, чтобы соответствующая классификация имела достаточно простой вид в пространстве Z .

При решении задачи ограничимся множеством эталонных классификаций пространства Z [3]. Тогда эта задача ставится следующим образом: необходимо минимизировать функционал I_1 , I_2 или I_3 при условии, что классификация $H(x)$ является эталонной в пространстве Z . Если в эталонной классификации $\varphi(t)$ равно $\varphi_2(t)$ или $\varphi_3(t)$, то соответствующие функционалы дифференцируемы по своим свободным параметрам, и для нахождения их локальных экстремумов можно использовать стандартные градиентные процедуры.

Литература

1. ДОРОФЕЮК А.А., ТОРГОВИЦКИЙ И.Ш. *Применение методов автоматической классификации данных в задаче контроля качества изделий.*/ Стандарты и качество, № 4, 1967.
2. РАЙБМАН Н.С., ДОРОФЕЮК А.А., КАСАВИН А.Д. *Идентификация технологических объектов методами ку-сочной аппроксимации.* М.: ИПУ, 1977. – 70 с.

3. БАУМАН Е.В., ДОРОФЕЮК А.А. *Классификационный анализ данных*. В сб.: “Избранные труды Международной конференции по проблемам управления. Том 1”. М.: СИНТЕГ, 1999
5. Е.В. БАУМАН, А.А. ДОРОФЕЮК, Г.В. КОРНИЛОВ *Алгоритмы оптимальной кусочно-линейной аппроксимации сложных зависимостей*. /Автоматика и телемеханика. №10, 2004. С. 163– 171

АДАПТИВНЫЙ ПО ЧИСЛУ КЛАССОВ АЛГОРИТМ АВТОМАТИЧЕСКОЙ КЛАССИФИКАЦИИ В УСЛОВИЯХ СУЩЕСТВЕННОЙ СТРУКТУРНОЙ ДИНАМИКИ¹

Дорофеюк Ю.А.
(ИПУ РАН, Москва)
dorofeyuk_julia@mail.ru

В работе описан адаптивный алгоритм классификационного анализа с оптимизацией числа выбираемых классов в динамике, позволяющий отслеживать кардинальные изменения структуры исследуемых объектов.

Ключевые слова: классификационные методы анализа данных, динамический кластерный анализ, адаптивный алгоритм автоматической классификации.

¹ Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ, проект 08-07-00349-а.

1. Комплекс алгоритмов статического классификационного анализа

Пусть исследуемая система состоит из n объектов, каждый из которых характеризуется набором из k параметров. Вводится в рассмотрение k -мерное пространство параметров X , в котором каждый объект представляется точкой $x_j = (x_j^{(1)}, x_j^{(2)}, \dots, x_j^{(k)})$, $j = 1, \dots, n$. Предполагается, что вектор значений параметров x_j достаточно полно характеризует состояние j -го объекта на момент сбора информации (т.е. взаиморасположение множества точек $x_1, \dots, x_n$ в пространстве X отражает реальную структуру исследуемых объектов на этот момент времени). Для выявления такой структуры используется комплекс алгоритмов структурно-классификационного анализа, специально разработанный для решения таких задач [1]. Этот комплекс включает алгоритмы: m -локальной оптимизации заданного критерия J , выбора информативных параметров, выбора начального разбиения, выбора «оптимального» числа классов. Так как существенная часть алгоритмов комплекса используется и в адаптивном варианте структурно-классификационного анализа, приведём краткое описание некоторых из них.

1.1. АЛГОРИТМ М-ЛОКАЛЬНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ

Вначале опишем алгоритм 1-локальной оптимизации. Для простоты, без ограничения общности рассматривается случай двух классов. Пусть задано начальное разбиение R_0 точек $x_1, \dots, x_n$. Обозначим через $x_j \in A_1$ точки из первого класса, а через $x_j \in A_2$ – из второго. Алгоритм итерационный - на каждом шаге рассматривается одна точка из $x_1, \dots, x_n, x_1, \dots, x_n, x_1, \dots$. Отнесение точки к классу обозначается индексом $\rho(x_j)$, который равен 1 для точек из класса A_1 и -1 для точек из класса A_2 . Алгоритм 1-локальной оптимизации описывается следующим

образом: $\rho(x_j) = \text{sign}[J(x_j \in A_1) - J(x_j \in A_2)]$. То есть точка x_j относится к тому классу, при отнесении к которому значение критерия J будет больше. Алгоритм заканчивает работу, если на некотором цикле среди точек $x_1, \dots, x_n$ не будет сделано ни одной «переброски» точки из класса в класс.

Алгоритм m -локальной оптимизации – это поэтапное применение к выборке алгоритмов s -локальной оптимизации, $s = 1 \div m$. На s -ом этапе алгоритма происходит пробная «переброска» из класса в класс не одной, а s точек. Подсчитывается значение критерия J до и после «переброски», принадлежность каждой из s точек к классу либо остаётся неизменной (J до «переброски» больше, чем после), либо меняется на другой класс. Доказана сходимость алгоритма за конечное число шагов к локальному максимуму критерия J . Разработан алгоритм сокращённого перебора, который на каждом шаге для пробной «переброски» использует s точек в определённом смысле ближайших к границе между классами. В качестве критерия J использовался функционал J_1 средней близости точек в классах:

$$J_1 = \sum_{i=1}^r \frac{n_i}{n} K(A_i, A_i), \quad \text{где} \quad K(A_i, A_i) = \frac{2}{n_i(n_i - 1)} \sum_{i=1}^{n_i} \sum_{j>i} K(x_i, x_j),$$

$K(x, y) = 1/\{1 + \alpha R^p(x, y)\}$ – потенциальная функция [3].

1.2. АЛГОРИТМ ВЫБОРА ЧИСЛА КЛАССОВ

Эксперт оценивает диапазон $(r_{\min}, r_{\max})$, в пределах которого заведомо находится искомое число классов. Используя алгоритм m -локальной оптимизации, выборка разбивается на $r_{\min}, \dots, r_{\max}$ классов. Качество каждой из полученных классификаций оценивается с помощью критерия $J_3 = J_1 - q J_2$, где

$$J_2 = \frac{1}{r-1} \sum_{i=1}^r \sum_{j>i} \frac{n_i + n_j}{n} K(A_i, A_j), \quad K(A_i, A_j) = \frac{1}{n_i n_j} \sum_{x_i \in A_i} \sum_{x_p \in A_j} K(x_i, x_p).$$

Далее полученное число классов r_{opt} , которое максимизирует

$J_3(r_j)$, корректируется при помощи специальной экспертной процедуры r_{opt} [4].

2. Адаптивный алгоритм кластер-анализа

Предложенный в работе оптимальный алгоритм выбора числа классов хорошо работает в стабильных условиях развития исследуемой системы. Для отслеживания изменений структуры объектов в условиях существенной динамики предлагается следующая схема. Все результаты обработки данных на момент времени t_1 , включая результаты классификации на $r_{min}, r_{min}+1, \dots, r_{max}$ классов, сохраняются. Данные об исследуемых объектах, собранные в момент времени t_2 , распределяются по классам каждой классификации на r_j классов, $r_j \in (r_{min}, r_{max})$. Для этой цели используется алгоритм распознавания образов с учителем метода потенциальных функций [3]. После этого подсчитываются значения критерия $J_3(r_j, t_2)$ и в качестве оптимального (на момент времени t_2) выбирается такое число классов $r_{opt}(t_2)$, которое максимизирует $J_3(r_j, t_2)$. При необходимости используется экспертная процедура коррекции $r_{opt}(t_2)$. Этот алгоритм повторяется для всех моментов времени в пределах диапазона T стационарности, выбираемого экспертным путём [4]. В первый же момент времени вне этого диапазона система «перезагружается» – все предыдущие результаты отправляются в архив, структуризация проводится заново как для момента времени t_1 . Разработан вариант адаптивного алгоритма, когда переструктуризация объектов производится для данных, собранных в моменты времени, находящихся в пределах скользящего окна ширины T .

Литература

1. ДОРОФЕЮК Ю.А. *Комплекс алгоритмов экспертно-классификационного анализа сложноорганизованных данных.* / III Всероссийская молодёжная конференция по про-

- блемам управления. Труды конференции. –М.: ИПУ РАН, 2008. –С. 101-102.
2. БАУМАН Е.В., ДОРОФЕЮК А.А. *Классификационный анализ данных* / Труды Международной конференции по проблемам управления. Том 1. – М.: СИНТЕГ, 1999. - С. 62-67.
 3. БРАВЕРМАН Э.М., МУЧНИК И.Б. *Структурные методы обработки эмпирических данных*. – М.: Наука, 1983.
 4. ДОРОФЕЮК А.А., ПОКРОВСКАЯ И.В., ЧЕРНЯВСКИЙ А.Л. *Экспертные методы анализа и совершенствования систем управления* / Автоматика и телемеханика. 2004, №10. -С. 172 – 188.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ АЛГОРИТМА АДАПТИВНОГО СТРУКТУРНОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ¹

Дорофеюк Ю.А.
(ИПУ РАН, Москва)
dorofeyuk_julia@mail.ru

Рассматривается задача анализа и прогнозирования в многопараметрической системе управления. Предполагается, что структура объектов исследуемой системы может меняться со временем. Разработан адаптивный алгоритм отслеживания таких структурных изменений. Построение такого интегрального описания объектов и адаптивной прогнозной модели

¹ Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ, проекты 08-07-00349-а, 08-07-00427-а.

позволяет существенно повысить эффективность результатов принимаемых управленческих решений.

Ключевые слова: классификационные методы анализа данных, адаптивный алгоритм автоматической классификации, адаптивная прогнозная модель, оптимизация выбора числа классов.

1. Постановка задачи

В данной работе будем рассматривать крупномасштабные системы, состоящие из большого числа формально не структурированных объектов. Исследуемая система состоит из n объектов, каждый из которых характеризуется набором из k параметров. Изучается поведение этого множества объектов в последовательные дискретные моменты времени. В момент времени t объект $x_j(t)$ можно представить точкой в k -мерном пространстве параметров X . Точки $x_j(t_1), \dots, x_j(t_m)$ представляют известную часть траектории j -го объекта.

В большинстве приложений для принятия управленческого решения в момент времени t_m используется совокупная информация об известных траекториях каждого объекта и прогноза значений $x_j(t_m + 1)$, $j = 1, \dots, n$. Однако для многих прикладных задач требуется знать не точные значения параметров в моменты времени $t_1, t_2, \dots, t_m$ и прогнозировать значения в момент t_{m+1} , а знать (и прогнозировать) лишь класс, к которому принадлежит (будет принадлежать) этот объект в соответствующие моменты времени в рамках некоторой структуры множества объектов изучаемой системы. Основу предлагаемого подхода составляет процедура выявления такой структуры объектов. В работе для выявления такой структуры использовался комплексный алгоритм автоматической классификации [3]. Но такая схема структуризации хорошо работает в условиях стационарного функционирования исследуемой организационной системы. В условиях

существенной динамики структура исследуемых объектов существенно изменяется, поэтому необходимо разрабатывать более адекватные схемы структуризации и прогнозирования.

2. Методы адаптивной структуризации

В момент времени t_1 при помощи комплексного алгоритма автоматической классификации [3] производится структуризация n точек в пространстве X на r классов. Число классов $r = r_{opt}(t_1)$ выбирается при помощи специальной процедуры (из комплекса алгоритмов [3]) выбора «оптимального» числа классов из диапазона (r_{min}, r_{max}) , определяемого экспертами. Вводится понятие эталона i -го класса $a_i(t)$ (как правило это центр класса) [2]. Для каждого объекта вычисляются расстояния до эталонов каждого из классов $R_{ij}(t)$, $i=1,...,r$; $j=1,...,n$. Для отслеживания изменений структуры объектов во времени все упомянутые результаты обработки данных на момент времени t_1 сохраняются.

На основании данных, полученных в момент времени t_2 , все объекты распределяются по классам для каждой из классификаций на r_l классов, $r_l \in (r_{min}, r_{max})$. Для этой цели используется алгоритм распознавания образов с учителем метода потенциалных функций [1]. Далее подсчитываются значения критерия $J_3(r_l, t_2)$ [3] и в качестве оптимального (на момент времени t_2) выбирается то число классов $r_{opt}(t_2)$, которое максимизирует критерий J_3 . В случае необходимости используется экспертная процедура коррекции $r_{opt}(t_2)$.

После того, как определена принадлежность всех точек к тому или иному классу в пределах каждой классификации $r_l \in (r_{min}, r_{max})$, пересчитываются эталоны $a_{il}(t_2)$, $i=1,...,r_l$. Для каждой точки с предыдущего шага пересчитываются (для каждой новой точки вычисляются) расстояния до новых эталонов

$R(a_i(t_2), x_j(t_2))$, $i=1, \dots, r_l$, $j=1, \dots, n$. Такая процедура выполняется для всех m моментов времени. В итоге для каждого объекта получается последовательность из m позиций: в s -ой позиции находится $(r_{opt}(t_s) + 1)$ число, первое из которых – это номер класса, к которому относился этот объект в s -ый момент времени, а последующие числа – это значения расстояний до центров классов оптимальной классификации в тот же момент времени. Требуется спрогнозировать номер класса, к которому будет относиться каждый объект в момент времени t_{m+1} .

3. Адаптивный алгоритм прогнозирования

В качестве прогнозной модели для каждого объекта в рамках оптимальной для s -го шага классификации используется марковская цепь с $r_{opt}(t_s)$ состояниями. На s -ом шаге рассчитываются элементы матрицы переходных вероятностей $P = \|p_{ji}\|$. Разработан специальный алгоритм пересчёта на каждом шаге соответствующих переходных вероятностей p_{ji} с использованием информации о значениях расстояний до центров классов и условий нормировки $\sum_{i=1}^{r_{opt}(t_s)} p_{ji} = 1$ для всех $j=1, \dots, n$ [4].

Разработанные методы адаптивного прогнозирования использовались при исследовании нескольких крупномасштабных систем управления, в которых подтвердилась высокая эффективность разработанных процедур.

Литература

1. АЙЗЕРМАН М.А., БРАВЕРМАН Э.М., РОЗОНОЭР Л.И. *Метод потенциальных функций в теории обучения машин*. М.: Наука, 1970.

2. БАУМАН Е.В., ДОРОФЕЮК А.А. *Классификационный анализ данных.* / Труды Международной конференции по проблемам управления. Том 1. – М.: СИНТЕГ, 1999. – С. 62-67.
3. ДОРОФЕЮК Ю.А. *Комплексный алгоритм автоматической классификации и его использование в задачах анализа и принятия решений.* / Таврический вестник информатики и математики. 2008. № 1. –С. 171-177.
4. ДОРОФЕЮК Ю.А. *Структурные методы прогнозирования в крупномасштабных системах управления.* / Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD'2008). Материалы Второй международной конференции. Том I. / -М.: ИПУ РАН, 2008. –С. 32-35.

МЕТОДИКА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ИННОВАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ

Ерошкин С.Ю.

*(ГОУ ВПО «Московский государственный
технологический университет «Станкин»)*

erosserg@mail.ru

Представлена методика прогнозирования инновационно-технологических решений. Излагаются современные подходы к построению технологических прогнозов в зависимости от накопленного потенциала и от потребностей рынка в использовании создаваемых инноваций и технологий.

Ключевые слова: конкурентоспособные технологии, инновационные решения, методика прогнозирования

Полный жизненный цикл технологии (объекта) – это последовательное состояние технологии на разных этапах ее реа-

лизации, т.е. идеи ее воплощения в опытные, а затем промышленные образцы, эксплуатации, утилизации [1].

Прогноз инновационно-технологических решений в рамках полного жизненного цикла охватывает совокупность технологий, находящихся на разных стадиях жизненного цикла.

Приоритетные направления науки и технологий – перспективные области исследований и разработок, позволяющие получать такие инновационные решения, результаты которых вносят существенный вклад в реализацию важнейших задач социально-экономического, научно-технического и технологического развития и обеспечения безопасности страны.

Прогноз развития инновационных решений должен:

- разрабатываться на регулярной основе в соответствии с установленным порядком;
- входить в состав системы государственных прогнозов социально-экономического развития Российской Федерации;
- ориентировать на решение важнейших социально-экономических и научно-технологических проблем и быть сопоставимым с зарубежными прогнозами развития науки и технологий;
- стать информационной основой для подготовки предложений по мерам государственной научно-технической политики, корректированию приоритетных направлений науки, технологий и техники и критических технологий РФ, разработке федеральных целевых программ.

Одной из основных задач политики РФ в области науки и технологий на долгосрочную перспективу предусматривается проведение прогнозных исследований по выявлению «узких мест» и проблемных ситуаций в развитии экономики и общества, определению направлений инновационно-технологического развития, выявлению конкурентоспособных и устаревших технологий.

Разработка технологического прогноза на перспективу должна повторяться регулярно, включая перечень проблемных ситуаций, уточнение состава приоритетных направлений развития науки, технологий и техники и перечня решаемых проблем. Для обеспечения разработки технологического прогноза на регулярной основе должна

быть создана организационная структура, состоящая из органов, обеспечивающих выполнение комплекса задач по управлению разработкой прогноза (заказчик, исполнители – исследовательские и научно-технологические центры, научный совет по прогнозированию, Межведомственная рабочая группа, рабочие группы, субъектов, принимающих участие в разработке прогноза и организаций, оказывающих услуги в процессе прогнозирования (рис. 1).

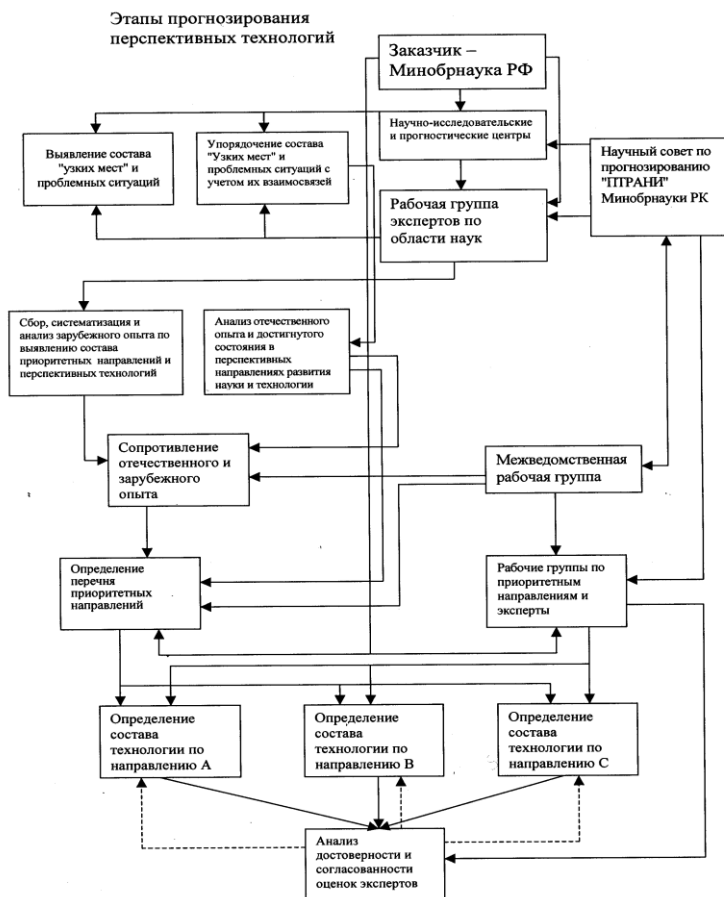


Рис. 1. Структурная схема организации проведения перспективных технологических прогнозов.

При разработке методологии перспективного технологического прогноза (ТПр) и выборе процедур получения его результатов должен учитываться опыт зарубежных стран, где подобные работы ведутся на протяжении длительного времени.

Обзор прогностических методов [1], применяемых в разных странах (Япония, Великобритания, Германия), показывает, что в основном для этих целей используется методика типа Форсайт, основанная на опросах многочисленных специалистов-экспертов.

При разработке российского перспективного ТПр необходимо использовать перечни: основных направлений макротехнологии, важнейших ожидаемых научно-технологических результатов, сформулированных в зарубежных прогнозах. Указанные перечни должны быть проанализированы российскими специалистами на предмет определения целей и задач технологического прогноза и включения некоторых технологий в состав технологического прогноза в России.

Параллельно с анализом зарубежного опыта проводится анализ «узких мест» и проблемных ситуаций по каждому приоритетному направлению. Информация об «узких местах» и проблемных ситуациях может быть получена от исследователей, специалистов и экспертов с помощью интервью, анкетного опроса и «круглых столов».

В качестве тематических областей для формирования технологического прогноза выбираются приоритетные направления развития науки, технологий и техники, утверждаемые Президентом РФ, а также перечни критических технологий.

Формирование состава конкурентоспособных технологий должно осуществляться на основе опроса специалистов ведущих научных организаций, выполняющих исследования и разработки в соответствующих областях, и промышленных предприятий. Таким способом выявляются ключевые научно-технические и технологические решения в каждом из приоритетных направлений развития науки, технологий и техники, в перспективе в России и за рубежом.

Предложения организаций и предприятий по каждому научно-техническому и технологическому достижению, сведенные в единую таблицу должны быть проанализированы ведущими специалистами, работающими в соответствующих областях науки и техники, на предмет их актуальности с одновременным уточнением формулировок прогнозируемых технологий, а также их функциональных параметров, устранением повторов и пр.

Эксперты, привлекаемые к работе на данном этапе, получают анкеты (единую форму) и инструкции по их заполнению.

Экспертам предлагается оценивать лишь те достижения, которые входят в сферу их компетенции и отмечать те, которые выходят за ее пределы. Полученные в итоге формулировки ожидаемых научно-технических и технологических достижений включаются в анкету для проведения многотурового опроса экспертов по методу Дельфи.

Состав экспертных групп для выполнения данного этапа работы должен включать не менее пяти человек, представляющих академическую науку, государственные научные центры, предпринимательский сектор и государственные структуры, в том числе Министерство образования и науки РФ.

Экспертный опрос проводится с целью формулирования итогового прогноза – перечня перспективных технологий по каждому из выбранных направлений ТПр. Опрос проводится по методу Дельфи на основе рассылки анкет. (Возможны два способа рассылки опросных листов – в бумажном (по почте, факсу или лично) и в электронном виде, вместе с инструкцией по заполнению.) Анкета представляет собой таблицу, в подлежащем которой приводится перечень технологий, а в сказуемом – перечень критериев, по которым эти технологии должны быть оценены.

К участию в опросе может быть привлечен широкий круг специалистов (несколько сотен человек по каждому направлению ТПр).

Результаты опроса экспертов проходят автоматическую обработку с использованием специализированных программ,

которая завершается получением сводных таблиц для обобщения итоговых данных.

Обработанные и систематизированные первичные экспертные данные подготовлены для последующего рассмотрения в аналитических экспертных группах на следующем туре метода Дельфи.

Формирование итоговых сводных таблиц результатов прогноза по направлениям позволяет формализовать процесс выбора приоритетов по направлениям развития науки и технологий на кратко- и долгосрочную перспективу по различным признакам (или их совокупности), определяющим их эффективность.

Полученные результаты технологического прогноза могут быть использованы для разработки сценариев технологического развития России и уточнения приоритетов научно-технической, инновационной и инвестиционной политики страны.

После формирования итоговых сводных таблиц результатов ТПр по направлениям осуществляется разработка аналитических материалов по каждому направлению технологического прогноза.

Результаты долгосрочного технологического прогноза должны соответствовать состоянию технологического потенциала отраслей промышленности и межотраслевых комплексов. Это позволит оценить конкурентоспособность производства и сформулировать прогнозные оценки влияния перспектив освоения вероятных научных и технологических достижений на развитие экономики на общегосударственном уровне, а также на уровне отдельных отраслей. Сопоставление результатов технологического прогноза с возможностями их реализации в реальном секторе экономики позволяет уточнить стратегию его развития и выбрать адекватный перечень критических технологий.

Для обеспечения возможности выбора перечня критических технологий и приоритетных направлений должна быть построена систематизированная иерархическая структура, на нижнем уровне которой располагаются перспективные технологии (достижения), полученные по итогам разработки технологического прогноза, на следующем уровне – критические технологии, объединяющие в себе набор технологий с общей направленностью. Верхний уро-

вень представляет собой перечень приоритетных направлений развития науки, техники и технологий.

Для выполнения этапов прогнозирования (см. рис. 1) могут быть использованы рассмотренные в [1] методы прогнозирования.

Литература

1. КОМКОВ Н.И., БАКЛАНОВ А.О., ЕРОШКИН С.Ю. *Организационно-методические основы технологического прогнозирования: учебное пособие*. М.: МГТУ «Станкин», 2008. – 288 с.

СИНТАКСИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ: РАЗБИЕНИЕ РУССКОГО ТЕКСТА НА ПРОСТЫЕ ПРЕДЛОЖЕНИЯ

Капнин А. В., Кузнецов Л. А.

(ЛГТУ, Липецк)

gert@inbox.ru

В данной работе рассматривается подход к разбиению на простые предложения текста на русском языке. Разбиение осуществляется в два этапа: выделение предложений из текста и разбиение этих предложений на простые. Второй этап представляется наиболее значимым и интересным и в работе он детально освещен.

Ключевые слова: синтаксис, текст, предложение, простое предложение, разбиение, правила.

Введение

Задача синтаксического анализа рассматривается в рамках задачи семантического анализа, которая в настоящее время

представляется одним из перспективных направлений искусственного интеллекта. Его используют при решении множества задач: системы автоматического перевода, системы автоматизированной технической поддержки, поисковые системы, сравнение текстов и др.

Сравнение двух текстов русского языка – это конечная цель работы, синтаксический анализ в которой является неотъемлемым инструментом.

Синтаксический анализ, в общем случае, может быть также разделен на несколько подзадач:

1. разбиение текста на предложения;
2. выделение простых предложений в составе сложного;
3. полный разбор простого предложения (с выделением членов предложения).

1-ая подзадача не представляется очень сложной. В данной работе сделан ряд допущений для быстрого, но достаточного ее решения. На начальном этапе считается, что предложения разделяются символами «!», «?», «.», «...».

Более интересна 2-ая подзадача, так как проблема автоматизированного разбиения сложного предложения на простые слабо освещена в научной литературе. Более того, на этапе анализа предметной области были найдены несколько работ и реализованные программные продукты, в той или иной мере решающих подзадачу 3 наилучшим образом именно для простого предложения (<http://cs.isa.ru:10000/dwarf/>).

Для решения 2-ой подзадачи был найден оригинальный подход.

Представление текста (структура)

Попытаемся представить структуру русскоязычного текста после применения предполагаемых процедур синтаксического анализа. Предлагаемый алгоритм предполагает наличие нескольких вариантов разбиения. На начальном этапе будем опе-

рировать всеми вариантами, а в дальнейшем, будут разработаны методики снятия неопределенности.

Текст может быть разбит на n сложных предложений S_i , $i=1 \dots n$ (в частном случае они могут быть и простыми). Каждое сложное предложение порождает n_i групп простых предложений GSS_{ij} , $j=1 \dots n_i$. Именно группы простых предложений возникают вследствие наличия неопределенности при разбиении. Каждая группа простых предложений состоит из n_{ij} простых предложений SS_{ijk} , $k=1 \dots n_{ij}$.

Разбиение сложного предложения на простые

ОПИСАНИЕ

В основе идеи лежит понятие разделителя. Под разделителем будем понимать некоторые символы, которые участвуют в отделении простых предложений. Разделителями выступают союзы, союзные слова и знаки препинания (также могут быть их комбинации).

Для классификации разделителей в целях решения поставленной задачи введено понятие категории. Каждый разделитель принадлежит одной или нескольким категориям. Введены были следующие категории разделителей (нумерация и словесные названия в скобках соответствуют дальнейшей их кодировке): незначащий (ничего), начало предложения (начало), конец предложения (конец), конец одного и одновременно начало другого предложения (начало и конец).

Таким образом, при разбиении сложного предложения происходит поиск разделителей, определение их категорий и, согласно значениям категорий, построение групп простых предложений.

ПРАВИЛА

С учетом описанных выше понятий разделителя и категории была выработана начальная версия таблицы правил:

Таблица 1. Правила разбиения

Категории Разделители	0	1	2	3
,	1	1	1	1
:	1	0	0	1
-	1	0	0	1
;	0	0	0	1
и	1	0	0	1
да	1	0	0	1
ни	1	0	0	1
или	1	0	0	1
либо	1	0	0	1
ли	1	0	0	1

УМЕНЬШЕНИЕ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

Естественно, что при таком подходе, результатом разбиения одного сложного предложения будут служить несколько групп простых предложений. В целях уменьшения количества этих групп (в идеальном случае до одной) предполагается использовать следующие методы:

- Можно использовать утверждение, что каждое предложение должно содержать сказуемое. Тогда, используя методики синтаксического разбора в рамках предложения (3-ья подзадача), можно отсеивать «псевдопредложения» неудовлетворяющие такому утверждению.
- Дополняя таблицу разделителей, разделителями, получающимися при комбинировании союзов или союзных слов со знаками препинания и относящимися к одной категории. Например: «, который».

Направления развития

Поставленная задача носит сложный характер и относится к ряду перспективных. Дальнейшие исследования планируется осуществлять в следующих направлениях:

- учесть смысл связей предложений в тексте;
- учесть смысл связей простых предложений при разбиении;
- разработать методы уменьшения неопределенности.

Литература

1. НОЖОВ И.М., *Морфологическая и синтаксическая обработка текста (модели и программы)* / диссертационная работа. – М.: АКД, 2003 – 140 с.
2. РАССЕЛ С., НОРВИГ П. *Искусственный интеллект: современный подход*. 2-е издание.: пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2007. – 1408 с.
3. ШМЕЛЕВ Д. Н. *Проблемы семантического анализа лексики.* / Д. Н. Шмелев. – М.: Издательство ЛКИ, 2008. – 208 с.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДОВ КЛАСТЕРИЗАЦИИ В ЗАДАЧАХ ПРЕДПРОЕКТНОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ АВТОМАТИЗИРУЕМЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ СНАБЖЕНИЕМ И ЛОГИСТИКИ*

Коновалов А.С., Барладян И.И., Токмакова А.Б.
(ИПУ РАН, Москва)
kononov.artem@mail.ru

Сравнительное исследование эффективности различных методов кластеризации в применении к решению проблемы ABC-анализа в задачах управления материально-техническим снабжением.

* Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект № 09-07-00195-а.

Ключевые слова: кластеризация, управление запасами, ABC-анализ

Введение

Важным инструментом практического решения задач управления многономенклатурными запасами и задач логистики является выполнение так называемого ABC-анализа. Суть ABC-анализа состоит в том, чтобы разбить всё множество видов товаров на несколько групп (как правило, три) так, чтобы в группу А вошло относительно небольшое число наиболее значимых в стоимостном выражении наименований товара, группа В – промежуточная, а в группу С включаются все оставшиеся товары. При этом в группе С оказывается примерно 75-80 % процентов наименований товара таких, что в стоимостном выражении их доля прямо противоположна и составляет в общем доходе от 5 до 15 %. Отыскание хорошего решения задачи ABC-анализа оказывает большое влияние на эффективность функционирования автоматизированных систем управления снабжения, поскольку позволяет дифференцированно применять различные схемы и алгоритмы сбора и обработки данных и управления запасами товаров, принадлежащих в разным группам, – от наиболее времяёмких и дорогостоящих для группы А до самых неприязательных и дешёвых для группы С.

В настоящей работе проводится сравнение эффективности различных методов кластеризации (автоматической классификации) при выполнении ABC-анализа.

1. ABC-анализ

В основе данного метода лежит принцип Парето: 20% всех товаров дают 80% оборота [1]. Данным методом товарные запасы делятся на три категории:

- А – наиболее ценные,

- В – промежуточные,
- С – наименее ценные.

При этом доля каждой группы в общем множестве номенклатур подчиняется условию:

$$(1) \quad \alpha < \beta < \gamma,$$

где α, β, γ – доли объектов групп А, В и С соответственно.

Выполнение АВС-анализа включает в себя следующие этапы:

1. Выбор критерия классификации.
2. Расчет нарастающего итога значения критерия классификации.
3. Выделение классификационных групп.

Первый этап является наименее формализованным по причине того, что выбор критерия сильно зависит от сферы, в которой проводится анализ, а также от стратегии, выбранной предприятием. Кроме того, при выборе критерия может использоваться не один, а несколько параметров одновременно (в этом случае строится составной критерий классификации). Примерами таких параметров могут служить цена закупки, прибыль или доход от продаж, средний уровень запаса, период оборота товара и т.п.

Выделение групп на третьем шаге в классическом АВС-анализе осуществляется по правилу Парето: около 75-80 % вклада в значение качественного критерия (как правило, стоимостного) определяется 5-15 % наименований товаров. Именно эти виды товаров включаются в группу А. Группу В образуют 10-25 % наименований товаров, вклад которых в итоговый критерий составляет от 15 до 20 %. Все остальные товары включаются в группу С.

2. Кластеризация

Процессу кластеризации был подвергнут набор временных рядов, содержащих годовичные данные о ежедневных продажах в одной из крупных торговых сетей. При выполнении кластеризации методом k -средних и средствами иерархической кластеризации (при разных метриках) использовался пакет MATLAB.

При иерархической кластеризации сравнивались евклидова и линейная метрики и метрика, основанная на расстоянии Махаланобиса. Результаты оказались схожи: кластеры выделялись нечётко, образовывалось большое количество монокластеров. Возможно, это связано с особенностями процесса таксономии.

Кластеризация методом k -средних дала более внятные результаты. Было проведено разделение на различное число кластеров (3, 4 и 5) при использовании в пространстве признаков различных метрик (евклидова, линейная и расстояние косинуса). В качестве критерия, определяющего качество кластеризации,

использовалась величина $s_i = \frac{\min_k(b_{ik}) - a_i}{\max\{a_i, \min_k(b_{ik})\}}$, где a_i – среднее

расстояние между i -м элементом и другими элементами кластера, b_{ik} – среднее расстояние между i -м элементом и элементами k -го кластера.

Наибольшее значение было достигнуто при делении на три кластера и использовании линейной метрики.

При выполнении классического АВС-анализа пришлось упорядочить все наименования товаров по убыванию приносимого ими дохода. Выяснилось, что первые по списку 3600 видов товара обуславливают 77.5 % всей выручки. Однако число наименований товаров в так выбранной группе А (3600 видов товара) оказалось слишком велико. В результате было выдвинуто предложение отойти от “процентных” правил классического АВС-анализа, в сторону уменьшения числа номенклатур в группе А.

Заключение

В результате выполнения различных процедур кластеризации все множество номенклатур было разбито на разные варианты групп. При этом все методы иерархической кластеризации продемонстрировали свою несостоятельность в силу свойств исходного многообразия входных данных. Два других подхода:

итеративный метод k -средних и претерпевший некоторые видоизменения ABC-анализ, – привели к сходным разбиениям. Осталось заметить, что возникающие различия в разбиении на группы, полученных с помощью разных методов, должны обязательно обсуждаться с заказчиком, и окончательное решение об отнесении товаров к той или иной группе выносится именно заказчиком разработки.

Литература

1. СТЕРЛИГОВА А.Н. *Управление запасами широкой номенклатуры: с чего начать?* / Логинфо, 2004. № 1. С. 46-49.
2. МАНДЕЛЬ И.Д. *Кластерный анализ*. – М.: Финансы и статистика. 1988.

ПРИМЕНЕНИЕ ФИЛЬТРА КАЛМАНА ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СПРОСА ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ*

Коновалов А.С., Мандель А.С.

(ИПУ РАН, Москва)

konovalov.artem@mail.ru, manfoon@ipu.ru

Исследуется возможность применения фильтра Калмана для прогнозирования спроса при решении задач управления запасами.

Ключевые слова: фильтр Калмана, прогнозирование, управление запасами

* Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект № 09-07-00195-а.

Введение

В своей ставшей уже классической работе [1] Рудольф Калман предложил метод оценки состояния динамической системы при наличии случайных помех. Этот метод касался лишь дискретных систем, чуть позднее был предложен новый алгоритм, относящийся к непрерывным системам и названный фильтром Калмана-Бьюси. Калмановский подход к оптимальной оценке состояния системы по результатам измерений привел к принципу двойственности, связывающему стохастическую теорию фильтрации с детерминированной теорией оптимального управления.

Достоинства фильтра Калмана-Бьюси перечислены в [2]. К недостаткам метода следует отнести то, что он применим, в основном, к линейным системам, качество его работы связано с адекватным выбором коэффициентов усиления, кроме того, он требует априорного знания статистических свойств помех.

1. Построение системы управления запасами

Рассмотрим случай, когда марковский процесс формирования спроса описывается линейной авторегрессионной моделью первого порядка [3]. В этом случае довольно естественно применить калмановский аппарат линейной оптимальной фильтрации. Цель системы управления запасами – обеспечить минимальное среднеквадратичное отклонение уровня запаса от заданной величины R (задача стабилизации запаса). Разобьём решение задачи на два этапа:

1. *Задача прогнозирования (идентификации)*: осуществляется оценка (прогнозирование) спроса с применением фильтра Калмана.
2. *Задача управления*: на основе прогноза определяется размер заказа.

1.1. ЗАДАЧА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ

Пусть процесс формирования спроса описывается уравнением

$$(1) \quad z_{t+1} = \alpha_t z_t + \beta_t + \xi_t,$$

а наблюдаемыми являются величины

$$(2) \quad \zeta_t = z_t + \eta_t.$$

При этом на случайные процессы ξ_t, η_t накладываются следующие ограничения: $|\xi_t| \leq \beta_t, \quad M(\eta_t) = M(\xi_t) = 0, \quad M(\xi_t \xi_s) = \sigma_\xi^2 \delta_{ts},$
 $M(\eta_t \eta_s) = \sigma_\eta^2 \delta_{ts},$ где δ_{ts} – индекс Кронекера.

Алгоритм прогнозирования имеет следующий вид:

$$(3) \quad \hat{z}_{t+1} = \alpha_t \hat{z}_t + \beta_t + \Gamma_t (\zeta_t - \hat{z}_t), \quad \hat{z}_0 = 0;$$

$$(4) \quad \Gamma_t = \frac{D_t^2}{D_t^2 + \sigma_\eta^2};$$

$$(5) \quad D_{t+1}^2 = D_t^2 + \sigma_\eta^2 - \frac{\alpha_t^2 D_t^2}{D_t^2 + \sigma_\eta^2}; \quad D_0^2 = 0.$$

Выбор коэффициента усиления Γ_t , задаваемый уравнением (4), предложен в работе [4]

1.2. РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ

На рис. –3 представлены примеры результатов моделирования работы фильтра Калмана для конкретных значений дисперсий шумов состояния w_k и наблюдения v_k (Q и R соответственно).

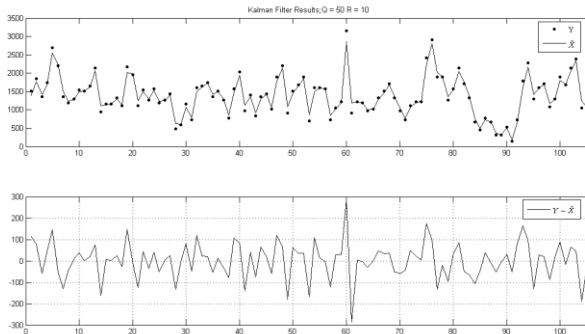


Рис. 1. Результаты работы фильтра Калмана. Исходные данные (точки), данные на выходе фильтра (сплошная линия) и разность между ними. $Q = 50, R = 10$

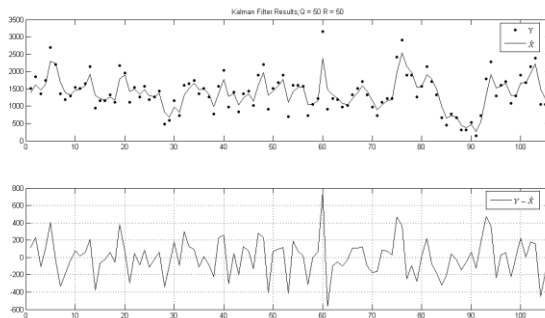


Рис. 2. Результаты работы фильтра Калмана. Исходные данные (точки), данные на выходе фильтра (сплошная линия) и разность между ними. $Q = 50, R = 50$

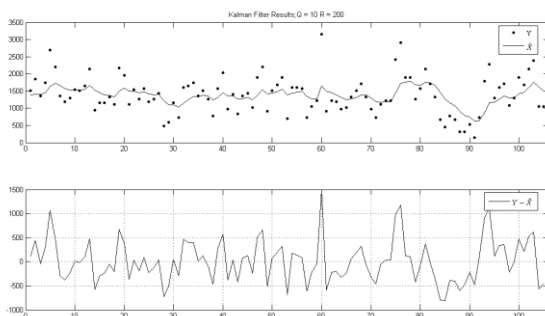


Рис. 3. Результаты работы фильтра Калмана. Исходные данные (точки), данные на выходе фильтра (сплошная линия) и разность между ними. $Q = 10, R = 200$

Литература

1. KALMAN R. A new approach to linear filtering and prediction problems / Transactions of the ASME – Journal of Basic Engineering/ 82 (Series D), 1960. pp/ 35-45.

2. ПРОХОРОВ М.Б., САУЛЬЕВ В.К. *Метод оптимальной фильтрации Калмана–Бьюси и его обобщения* / Итоги науки и техн. Сер. Мат. анализ, 14, ВИНТИ, М., 1977, 167–207.
3. ЛОТОЦКИЙ В.А., МАНДЕЛЬ А.С., ПОПОВ Ю.В. *Об автоматизированных процедурах формирования многовариантных заявок на лекарства* // В кн.: “Труды Всесоюзной научно-практической школы-семинара «Разработка ИУС систем для аптечной сети (ВДНХ, 1991 г.)»”. М.: Минздрав СССР, 1990.
4. ЛОТОЦКИЙ В.А., МАНДЕЛЬ А.С. *Модели и методы управления запасами*. – М.: Наука, 1991.

О КЛАСТЕРИЗАЦИИ ЭКСПЕРТНЫХ ОЦЕНОК В ЗАДАЧЕ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОГО РАНЖИРОВАНИЯ

Костюченко О.В., Титова Н.В.

(ВЦ РАН, Москва)

titova_nina@inbox.ru, chtaterrr@gmail.com

В статье приводится способ многокритериального ранжирования альтернатив с использованием множества нечетких экспертных оценок, при этом предлагается метод кластеризации нечетких экспертных оценок с учетом весов критериев

Ключевые слова: нечеткие множества, экспертное оценивание, кластеризация.

В задаче нечеткого многокритериального оценивания при анализе многих экспертных оценок необходимо агрегировать голоса экспертов по каждому отдельно взятому объекту, то есть из набора всех нечетких оценок, данных всеми экспертами по этому объекту, получить ровно одну нечеткую оценку того же

вида, в известном смысле усредняющую мнение всех экспертов. При более детальном рассмотрении задачи становится ясно, что на самом деле логичнее не агрегировать все оценки в одну, а кластеризовать их – то есть разбить на группы сходных оценок, затем уже каждую группу (кластер) усреднить (при этом не произойдет особой потери информации, так как все оценки внутри кластера близки) и для каждого среднего значения кластера решить задачу многокритериального ранжирования.

При усреднении же мнений на первом шаге (например, медианой Кемени), без кластеризации, велик шанс получить решение задачи, мало соответствующее истинному оптимальному результату.

Особенно неточен результат, когда мнения экспертов разделяются на четкие, сильно различающиеся между собой группы.

Кластеризация мнений экспертов – отдельная содержательная задача. В математической постановке она выглядит так: мнение каждого эксперта (по всем критериям вместе) – это точка в многомерном пространстве, являющимся декартовым произведением N векторных пространств (N – число критериев), у каждого из которых столько же измерений, сколько градаций у соответствующего критерия. Действительно, на место каждой градации каждого критерия ставится вещественное число из $[0,1]$ (правдоподобие), а норма во всем пространстве вычисляется так:

(пусть степень уверенности эксперта X в том, что объекту соответствует j -ая градация i -ого критерия, равна p_{ij}^X , а вес i -ого критерия равен w_i .

$$d(A, B) = \sqrt{w_1 \cdot ((p_{11}^A - p_{11}^B)^2 + (p_{12}^A - p_{12}^B)^2 + \dots) + w_2 \cdot ((p_{12}^A - p_{12}^B)^2 + \dots) + \dots}$$

Отсюда видно, что если предварительно умножить каждую координату точки на корень из соответствующего веса, то итоговое пространство обращается в евклидово. Данный способ удобен тем, что учитывает веса критериев и одновременно дает преимущества работы с евклидовой нормой – в частности, возможность использовать алгоритм QHull.

Литература

1. СААТИ Т. *Принятие решений. – Метод анализа иерархий.* М.: Радио и связь, 1993, 320 с.
2. МАКЕЕВ С.П., ШАХНОВ И.Ф. *Упорядочение объектов в иерархических системах.* Известия АН СССР. Техническая кибернетика № 3. – М., 1991.
3. C.V.BARBER, D.P. DOVKIN, H.T. HUHDANPAA *The Quick-hull Algorithm for Convex Hulls.* ACM. Transactions on Mathematical Software (TOMS). – New York, 1996.

СИСТЕМА МОРФОЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

Кузнецов Л.А., Тищенко А.Д.

(ЛГТУ, Липецк)

dantis@lipetsk.ru

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, подтверждение гипотезы.

Введение

В настоящее время на кафедре разрабатывается автоматизированная обучающая система. Один из модулей этой системы должен автоматически оценивать ответ студента. Фактически, этот модуль должен осуществлять семантическое сравнение двух текстов.

Разрабатываемый на кафедре алгоритм семантического анализа в рамках автоматизированной обучающей системы включает в себя следующие этапы:

1. Морфологический (определение грамматических характеристик слов)
2. Синтаксический (определение структуры предложений)
3. Семантический (анализ схожести 2-х текстов)

1. 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. 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 [1]. 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.

2. Алгоритмы работы морфологического анализатора.

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.

Для четкого морфоанализа необходима заполненная база слов с их характеристиками.

Структура разработанной базы:

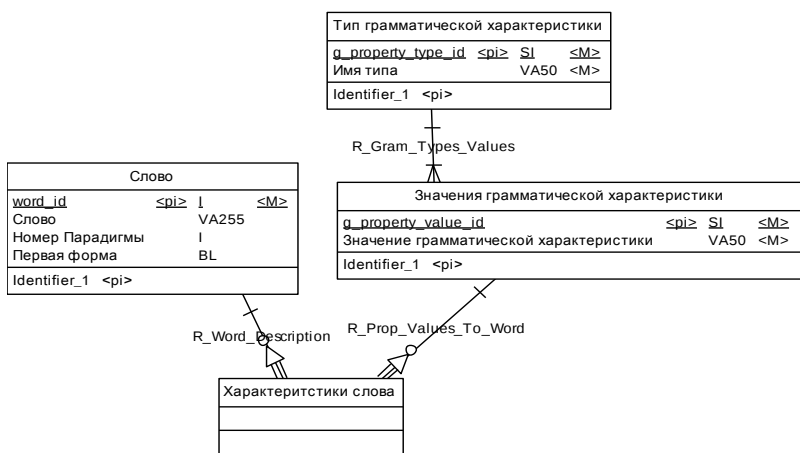


Рис. 1. Концептуальная схема базы данных для четкой морфологии.

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 [3] и содержит 2 613 145 слов и их характеристик.

На основе полученной базы система анализа дополняется алгоритмом нечеткой морфологии.

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.

Такой подход приведет к построению нескольких гипотез о характеристиках слова, с которыми уже сможет работать система синтаксического анализа.

Данный алгоритм можно описать следующими шагам:

1. Получить слово для морфоанализа.
2. Выбрать из БД слова, оканчивающиеся на ту же букву, 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.

После того, как мы получили все возможные гипотезы, необходимо выделить среди них наиболее вероятные. Мы можем попытаться подтвердить некоторые из них. Для этого надо сгенерировать всевозможные формы слова, исходя из гипотезы, и попытаться найти их в тексте, обрабатываемой системой семантического анализа. Это позволит избавиться от морфологической омонимии.

Литература

1. СОКИРКО А.В. *Семантические словари в автоматической обработке текста (по материалам системы ДИАЛИНГ)*. // Диссертация., ФТИПЛ, РГГУ, 2006. – 185с.
2. ЗАЛИЗНЯК А.А. *Грамматический словарь русского языка: словоизменение*. – 3-е изд. Москва.: Рус.яз., 1987. -398 с.
3. КОНСТАНТИН СЕЛЕЗНЕВ. *Обработка текстов на естественном языке*. Открытые системы.
<http://www.osp.ru/os/2003/12/>

ВОЗМОЖНЫЙ ПОДХОД К ОБЩЕМУ ЛИНГВИСТИЧЕСКОМУ АНАЛИЗУ ТЕКСТА

Кузнецов Л.А., Фарафонов А.С.

(ЛГТУ, Липецк)

shade_fai@lipetsk.ru

Предложен возможный подход к общему лингвистическому анализу текста в контексте задачи смыслового оценивания ответов студентов.

Компьютерная лингвистика, синтаксис, семантика.

Подходы к общему лингвистическому анализу текста различны [1-4], все они диктуются задачей, которую в итоге необходимо решить. Например, системы автоматического перевода, системы автоматического аннотирования и т. п. В подобных системах этап синтаксического анализа сконцентрирован на построении полного дерева синтаксических связей, а этап семантического анализа отсутствует вовсе. В нашем же случае лингвистический анализ текста рассматривается в контексте смыслового оценивания 2-ух текстов, ответов обучающегося на некоторый

вопрос и эталонного. Возникла необходимость разработать собственный подход к лингвистическому анализу текста, т.к. существующие подходы в неизменном виде были неприменимы.

В нашей задаче необходимость в полном дереве семантических связей отсутствует. Это подтверждается в [5]. В связи с этим разработан один из возможных подходов к решению задачи. Предполагается выделить следующие этапы общего анализа:

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.

На этапе графематического анализа предполагается начальный анализ естественного текста, предоставляющий информацию, необходимую для дальнейшей обработки морфологическому анализу. Морфологический анализ в свою очередь обеспечивает получение всех словоформ слова, постановку слова в заданную форму (например, словарную) и получение грамматических характеристик словоформы. Далее на основе морфологических характеристик определяются синтаксические связи между словами. После этого также строится неполное дерево синтаксического разбора. Следующим этапом становится этап семантического анализа, который, используя данные синтаксического анализа, обеспечивает определения семантической связи текстов на основе универсального словаря-тезауруса – WordNet. Во всех рассмотренных системах такая последовательность этапов не применялась, а этап семантического анализа отсутствовал.

Литература

1. ЕРМАКОВ А.Е. *Неполный синтаксический анализ текста в информационно-поисковых системах. Компьютерная лингвистика и интеллектуальные технологии: труды Между-*

народного семинара Диалог'2002. В двух томах. Т.2. "Прикладные проблемы". - Москва, Наука, 2002.

2. HAYS, DAVID G.. *Dependency theory: A formalism and some observations*. Language, № 40. 1964. P. 511 – 525.
3. HUDSON, RICHARD. *English Word Grammar*. Basil Blackwell. Cambridge. MA. 1991.
4. MEL'CHUK, IGOR A *Dependency Syntax: Theory and Practice*. State University of New York Press. Albany. 1987.
5. ЕРМАКОВ А.Е., ПЛЕШКО В.В. *Синтаксический разбор в системах статистического анализа текста*. Информационные технологии. № 7. 2002.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДОСТОВЕРНОСТИ ПРИНИМАЕМЫХ РЕШЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ВОЗНИКНОВЕНИЯ НЕИСПРАВНОСТЕЙ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ

Лобанов А.В.

(Федеральное государственное унитарное предприятие
«Научно-исследовательский институт «Субмикрон»,
Москва, Зеленоград)
lav@se.zgrad.ru

Предлагается метод автоматической организации сбое- и отказоустойчивого принятия сложных составных решений на основе параллельных вычислений.

Ключевые слова: достоверность принятия решения, сбое- и отказоустойчивые вычисления, репликация задач, враждебная неисправность, динамическая избыточность, реконфигурация системы, восстановление вычислительного процесса.

Введение

Предполагается, что технические средства, используемые при принятии решений, представляют собой сложные гетерогенные многомашинные вычислительные системы, содержащие большое количество ЦВМ, соединенных разнородными каналами связи [1]. Принятие решения основывается на результатах параллельного выполнения различных задач, решаемых на различных ЦВМ и обменивающихся информацией, и достоверность принятого решения определяется достоверностью решения каждой из задач. Такие системы обычно не имеют общего ядра, обеспечивающего сбое- и отказоустойчивость выполняемых вычислений. Однако критичность выполняемых такими системами задач может потребовать быстрой реакции, высокой достоверности их результатов и автоматического осуществления требуемых действий без участия человека. Одним из подходов, обеспечивающих это качество, является репликация выполняемых задач с использованием динамической избыточности, состоящие в выполнении одной и той же задачи на нескольких ЦВМ с обменом копиями результатов, выбором из них правильного в предположении о известном возможном количестве неисправных ЦВМ, автоматическом обнаружении и идентификации случившихся проявлений неисправностей, изоляции неисправных элементов системы, автоматическом восстановлении сбившихся элементов и отключении отказавших элементов, необходимых автоматических саморекон-фигурации и самовосстановления системы и требуемом автоматическим перераспределении в системе выполняемых взаимообменивающихся задач [2].

Сложность реализации такого подхода определяется используемой моделью допустимой неисправности ЦВМ. Самой общей моделью неисправности, покрывающей все остальные модели, является модель враждебной неисправности ЦВМ [3] и методы организации сбое- и отказоустойчивых вычислений в условиях возникновения враждебных неисправностей будут обеспечивать защиту и от неисправностей всех других существующих моделей.

Область автоматической организации сбое- и отказоустойчивых вычислений на основе автоматической репликации параллельно выполняемых взаимообменивающихся задач и динамической избыточности в неполносвязных гетерогенных многомашинных вычислительных системах и сетях ЦВМ в условиях возникновения враждебных неисправностей остается полностью открытой и в данной работе ставится задача создания именно такого метода.

2. Метод автоматической организации сбое- и отказоустойчивого принятия сложных решений на основе параллельных вычислений

Комплексом называется группа ЦВМ, имеющая структуру с определенными свойствами, в которой все ЦВМ реализуют автоматическую сбое- и отказоустойчивую репликацию некоторой задачи на основе динамической избыточности.

Предполагается, что все ЦВМ системы пронумерованы и составляют текущую рабочую конфигурацию (ТРК), а ЦВМ, отключаемые из-за отказов, исключаются из ТРК, что приводит к изменению структуры ТРК. В составе системы изначально сформирован комплекс, называемый комплексом заданий, который осуществляет прием заданий из внешней среды и их реализацию. Задание представляет собой описание каждой из пронумерованных задач, подлежащих параллельному выполнению в рамках этого задания, и их взаимного трафика. Каждой из задач приписана характеристика достоверности ее результатов в виде степени сбое- и отказоустойчивости комплекса, который должен выполнять данную задачу. Комплекс заданий по имеющейся у него информации о ТРК формирует в системе соответствующие комплексы-задачи и передает им на выполнение предписанные задачи. Каждый из комплексов-задач выполняет репликацию на основе динамической избыточности предписанной ему задачи и все осуществляемые ею взаимообмены информацией с другими комплексами-задачами. Каждый комплекс-задача по результатам

выполнения предписанной ему задачи формирует отчет о техническом состоянии этого комплекса, содержащим перечень обнаруженных и идентифицированных неисправностей с их характеристиками (место неисправности и тип неисправности: сбой, программный сбой или отказ), и после завершения задачи передает отчет комплексу заданий. Комплекс заданий, осуществляя репликацию своих действий на основе динамической избыточности, формирует отчет о собственном техническом состоянии и после получения отчетов от всех комплексов-задач осуществляет необходимую самореконфигурацию и самовосстановление вычислительного процесса во вновь сформированном комплексе заданий, а также реконфигурацию всей системы путем преобразования ТРК на основе информации из всех полученных отчетов о техническом состоянии. Затем комплекс заданий переходит к ожиданию следующего задания.

Литература

1. ЛОБАНОВ А.В. *Модели замкнутых многомашинных вычислительных систем со сбое- и отказоустойчивостью на основе репликации задач в условиях возникновения враждебных неисправностей* // Автоматика и телемеханика. 2009. № 2. С. 171-189.
2. ЛОБАНОВ А.В. *Организация сбое- и отказоустойчивых вычислений в полносвязных многомашинных вычислительных системах* // Автоматика и телемеханика. 2000. № 12. С. 138-146.
3. BARBORAK M., MALEK M. *The consensus problem in fault-tolerant computing* // ACM Computing Surveys. 1993. V. 25. № 2, P. 171-220.

О ПАРАДИГМАХ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЁННОСТИ*

Мандель А.С.
(ИПУ РАН, Москва)
manfoon@ipu.ru

Обсуждается проблема управления запасами в условиях неопределённости. Показано, что в условиях нестационарности случайных процессов в системе снабжения применение известных методов управления запасами по критерию минимума суммарных средних затрат приводит к существенным экономическим потерям. Предлагается новая парадигма управления: прогнозирование и использование оптимального прогноза в рамках детерминированной модели управления запасами с последующим расчётом поправок в форме страховых запасов.

Ключевые слова: управление запасами, критерии, условия неопределённости, прогнозирование

1. Предистория

Начиная с 60-х годов прошлого века, в научной и научно-периодической литературе, посвящённой решению задач управления запасами, обозначились, иногда пересекаясь, две «волны» публикаций. Первая – эконометрическая, точнее, классически экономистская «волна» (см. например, недавно переизданную книгу [1]), в рамках которой основная идея сводилась к тому, что при управлении запасами следует различать производственные, нормативные (синонимов на счесть) компоненты запасов, которые подсчитывались в предположении детерминированно-

* Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект № 09-07-00195-а.

сти процессов снабжения, и различные виды страховых запасов, предназначенных для того, чтобы компенсировать «ненормативные» отклонения, связанные с возможными случайными возмущениями (спроса, времени поставок и пр.).

Вторая, постепенно становившаяся всё более преобладающей волна публикаций – теоретико-управленческая (см. например, [2]), в которой никакого формального различия между детерминированными и стохастическими составляющими запасов не делалось. Вместо этого для выбора оптимальных по критериям типа критерия минимума суммарных средних затрат на период планирования стратегий управления запасами (а стало быть, и размеров запасов – без разбиения их на отдельные компоненты) стали напрямую использоваться вероятностные модели.

К 80–90-м годам обозначился «триумф» теоретико-управленческого подхода в связи с массовой разработкой систем управления, в том числе и систем управления запасами, способных действовать в условиях неопределённости, когда изначально, а, может быть, и впоследствии, в условиях нормальной эксплуатации, неизвестны статистические характеристики и/или не полностью наблюдаемы отдельные компоненты управляемой системы.

В настоящей работе на основе анализа опыта отдельных разработок и результатов имитационного моделирования будет показано, что этот “триумф” представляется иллюзорным и не исключено, что в ближайшем будущем при разработке многих реальных систем управления запасами понадобится вернуться к парадигме классически экономистского взгляда, поддержанного математическим фундаментом современной теории управления.

2. Управление запасами в условиях неопределённости

2.1. СТАЦИОНАРНЫЙ СЛУЧАЙ

При решении задач управления запасами в условиях неопределённости параметров или формы описывающих процесс снабжения случайных процессов (например, спроса) в рамках теоретико-

управленческого подхода, как правило, используется сепарабельный критерий минимума суммарных средних затрат на N -шаговом периоде планирования вида

$$(1) \quad C_N(\mathbf{x}_0, \{\mathbf{u}_n\}_{n=0}^{N-1}) = \sum_{n=1}^N E C_n(\mathbf{x}_{n-1}, \mathbf{u}_{n-1}),$$

где $\{\mathbf{u}_n\}_{n=0}^{N-1}$ – стратегия управления запасами, т.е. совокупность векторных (для многономенклатурной задачи) решений по выбору размеров заказов $\mathbf{u}_n$ на n -м шаге, $\mathbf{x}_n$ – вектор запаса в n -й момент принятия решений, $C_n(\mathbf{x}_{n-1}, \mathbf{u}_{n-1})$ – значение текущих затрат на n -м шаге, а E – оператор вычисления математического ожидания.

Для многих случаев использования критерия (1) в теории управления запасами показано (см. например, [2]), что оптимальная стратегия управления запасами является параметрической, причём, как правило, двухуровневой с векторными параметрами $\mathbf{S} = \{S_k\}_{k=1}^K$ и $\mathbf{s} = \{s_k\}_{k=1}^K$, где S_k – уровень, до которого в момент принятия решений нужно пополнить запас k -й номенклатуры хранимого на складе товара, а s_k – так называемая точка подачи заказа, т.е. тот уровень запасов k -й номенклатуры товара, при достижении или преодолении которого в момент принятия решений (сверху вниз) необходимо подавать заказ на пополнение запасов. В противном случае в рассматриваемый момент принятия решений запас k -го вида товара в пополнении не нуждается.

В этом случае теоретико-управленческий подход, как правило, позволяет решить задачу до конца, выписав быстро сходящиеся адаптивные алгоритмы для пересчёта искомых значений параметров $\mathbf{S}$ и $\mathbf{s}$ (см., например, [3, 4]).

2.2. НЕСТАЦИОНАРНЫЙ СЛУЧАЙ

В том случае, когда случайные процессы, протекающие в системе управления запасами, нестационарны и, в том числе, их свойства могут подвергаться достаточно частым скачкообразным изменениям, то, как показывают результаты имитационного

моделирования [5, 6], управление запасами в рамках парадигмы теоретико-управленческого подхода с вытекающими из него адаптивными алгоритмами приводит к существенным экономическим потерям. В качестве альтернативы предлагается воспользоваться видоизменённым вариантом парадигмы классически экономистского подхода, когда сначала с применением любых адекватных методов прогнозирования (фильтр Калмана, метод аналогов [7, 8] и пр.) на каждом шаге строится прогноз значений наблюдаемых случайных процессов, которые используются для расчёта детерминированной (нормативной) компоненты заказа, а уже затем применяются методы, созданные в рамках теоретико-управленческого подхода, для расчёта корректирующих значений страховых запасов и соответствующих им поправок к размерам заказов на пополнение запасов.

На последнем этапе для расчёта страховых запасов могут применяться различные алгоритмические средства, включая модифицированные адаптивные алгоритмы.

Литература

1. ФАСОЛЯК Н.Д. *Управление производственными запасами.* – М.: Экономика, 2002.
2. ХЕДЛИ Д., УАЙТИН Т. *Анализ систем управления запасами.* – М.: Наука, 1969.
3. ЛОТОЦКИЙ В.А., МАНДЕЛЬ А.С. *Модели и методы управления запасами.* – М.: Наука, 1991.
4. МАНДЕЛЬ А.С., Семёнов Д.А. *Адаптивные алгоритмы оценки параметров оптимальных стратегий управления запасами при ограниченном дефиците.* / Автоматика и телемеханика, 2008.
5. МАНДЕЛЬ А.С., БЕЛЯКОВ А.Г. *Анализ достоверности выводов, формируемых с помощью экспертно-статистических систем.* – М.: Институт проблем управления, 2002. – 64 с.
6. MANDEL A.S., BELYAKOV A.G., SEMENOV D.A. *Expert-Statistical Processing of Data and the Method of Analogs in Solution of Applied*

Problems in Control Theory / Preprints of the 17th World Congress. July 6-11, 2008, Seoul, Korea, pp. 3180-3185.

7. БЕЛЯКОВ А.Г., МАНДЕЛЬ А.С. *Прогнозирование временных рядов на основе метода аналогов.* – М.: ИПУ РАН, 2002. - 60 с.
8. МАНДЕЛЬ А.С. *Метод аналогов в прогнозировании коротких временных рядов: экспертно-статистический подход / Автоматика и телемеханика, №5, 2004.*

СЕТИ ЭКСПЕРТОВ В НЕФОРМАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ ЭКОНОМИКЕ БУДУЩЕГО

Орлов А.И.

(МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва)

prof-orlov@mail.ru ,

Перспективные организационно-экономические механизмы управления производственно-хозяйственной деятельностью предлагаем конструировать на основе неформальной информационной экономики будущего (НИЭБ). Рассмотрены основные идеи этой новой организационно-экономической теории применительно к проблемам управления развитием народного хозяйства в условиях экономического кризиса. Математическая основа НИЭБ - теория управления организационными системами, прежде всего теория активных систем и теория принятия решений на основе экспертных технологий и нечисловой статистики.

Ключевые слова: управление, экономика, неформальная информационная экономика будущего, экспертные оценки.

Введение

Мировой экономический кризис продемонстрировал принципиальные пороки сложившейся системы экономических отношений. Для обеспечения устойчивого социально-экономического развития нельзя допускать, чтобы деньги порождали новые деньги, не проходя через сферу производства товаров и услуг. Уже из этого простого соображения вытекает целый ряд управленческих решений – национализация банков, ликвидация фондовых бирж, отказ от использования денежных суррогатов – акций, опционов, фьючерсов и т.п. Итак, кризис выявил необходимость разработки новых организационно-экономических механизмов функционирования народного хозяйства, в частности, стратегического планирования и развития предприятий и интегрированных производственно-корпоративных структур [1]. Организация производства в масштабах предприятия, страны и мира в целом должна быть основана на адекватной организационно-экономической теории. Такой теорией не может быть популярная ныне «экономикс», основанная на апологетике рыночных отношений.

Кризис демонстрирует необходимость переосмысления как экономической политики нашей страны, так и основ преподавания экономической теории. Например, всеми экономически развитыми странами отброшено требование невмешательства государства в экономику. Идет реальная национализация. Миф о безграничности потребностей человека несовместим с требованиями экологии. Вызывает сомнения экономическая необходимость анархии товаропроизводителей (т.е. «рынка») и конкуренции. И многие иные догмы массового сознания.

1. О развитии НИЭБ

Неформальная информационная экономика будущего (НИЭБ) развивается в Инновационном научно-образовательном центре Института проблем управления РАН и МГТУ им. Н.Э.

Баумана и Международной академии исследований будущего (<http://www.maib.ru/>) как методологическая основа конкретных исследований в области организационно-экономического моделирования. Одна из ее целей - выявить основные черты экономики будущего на период стратегического планирования (на 20-30 лет) государства и крупных корпораций.

Первая формулировка НИЭБ была выставлена в Интернете еще до первых толчков мирового экономического кризиса, 11 июня 2007 г. (<http://forum.orlovs.pp.ru/viewtopic.php?t=570>). За два года эта тема собрала более 20000 просмотров. НИЭБ обсуждалась на шести международных и всероссийских научных конференциях, иных семинарах и советах, представлена в Интернете на сайтах университетов (<http://www.ibm.bmstu.ru/nil/biblio.html#stats-10-nefor>, <http://www.econ.asu.ru/lib/sborn/iimer2007/sod.html>) и других ресурсах. Развернутое изложение основных идей НИЭБ дано в [2-4].

Актуальность НИЭБ повышается по мере развертывания мирового экономического кризиса. Многие специалисты прогнозируют, что после кризиса организация экономической жизни принципиально изменится. НИЭБ нацелена на научно обоснованное конструирование будущего. Видимо, этим и интересна научному сообществу.

Внутри самой НИЭБ происходит некоторое смещение акцентов. На настоящий момент основная идея такова. Предлагается строить хозяйственную жизнь в соответствии с разработками таких наук, как «организация производства», «экономика предприятия», «менеджмент» (включая его современные разделы, такие, как теория активных систем, организационно-экономическое моделирование, контроллинг, теория управления жизненным циклом продукции и др.). Это означает критическое отношение к зараженной хрематистикой (термин Аристотеля) идеологизированной концепции «экономикс». В частности, должна быть пересмотрена система преподавания экономической теории, предприняты меры по искоренению экономических догм массового сознания. Пример такой догмы – утверждение о нецелесообразности активного вмешательства государства в экономическую жизнь.

Нужны ли деньги для нормального функционирования экономики? Очевиден отрицательный ответ для небольших структур – семья, община. Исходя из опыта германской экономики в годы Первой мировой войны, О. Нейрат разработал концепцию безденежной экономики [5]. Опираясь на достижения линейного программирования, современный исследователь Пол Кокшотт демонстрирует отказа от денег как всеобщего эквивалента [6]. Одна из очередных задач НИЭБ – выяснить, целесообразно ли опираться на денежные инструменты в будущей экономике или же более обоснованно проводить расчеты в натуральной форме, интенсивно используя современные возможности информационных технологий.

2. Некоторые принципиальные положения НИЭБ

2.1. При принятии решений необходимо учитывать не только экономические, но и технологические, социальные, экологические, политические факторы. Экономика в целом – служанка общества, выполняет его требования. Цели общества первичны, экономические механизмы вторичны, конструируются по заданию общества.

2.2. На основе современных информационных технологий и методов разработки и принятия управленческих решений [7] необходимо реализовать идеи В.М. Глушкова и Ст. Бира. В 60-х В.М. Глушков предложил создать Общегосударственную автоматизированную систему управления экономикой страны (ОГАС), а Ст. Бир разработал автоматизированную систему управления национализированными предприятиями Чили «Киберсин».

2.3. Новым по сравнению с временами В.М. Глушкова и С. Бира является широкое распространение Интернет-технологий, позволяющее аппаратно реализовать право граждан на участие в принятии касающихся их решений. Открытый процесс создания реальных организационных модулей системы, привлечения участников, прокладывания горизонтальных связей, осуществ-

ления операций с ее помощью можно назвать Open P2P Society - «Открытое сетевое общество». Неформальность – важнейшая черта, обеспечивающая свободу передачи информации и участие всех заинтересованных лиц и организаций в выработке и реализации решений.

2.4. В перспективе путем предварительного обсуждения и планирования можно будет снять проблему нерационального производства товаров и услуг. Удастся снять противоречие между «планом» и «рынком», избавиться от недостатков, но сохранить достоинства каждого из этих подходов к организации хозяйственной жизни.

2.5. Экономическую теорию надо избавить от крена в сторону хрематистики. Экономика – это наука о том, как производить, а не о том, как делить прибыль. Основное ядро современной экономической теории – это экономика предприятия (инженерная экономика).

3. НИЭБ и управление экономическими процессами

Современные технологии позволяют разработать и внедрить интегрированные информационно-управляющие системы, которые предназначены для решения задач, связанных с координацией людей, ресурсов, потребностей, предложений; которые позволяют объединять людей в рабочие группы по реализации экономических проектов, прокладывать прямые связи между производителями и потребителями; оптимально координировать инициативы и проекты в масштабе всего общества. К конкретным функциям в рамках экономического блока можно отнести: учет и распределение ресурсов, обмен экономическим опытом и технологиями, регистрация потребностей населения в товарах и услугах, формирование коллективов новых хозяйствующих субъектов, аккумуляирование и распределение инвестиций, координация действий трудовых коллективов, публичная оценка потребителями работы хозяйствующих субъектов, ведение публичного диалога между потребителями и производителем.

лями товаров и услуг, публикация жалоб добросовестных хозяйствующих субъектов на деструктивные действия официальных и неофициальных структур, выработка схем оптимального ресурсообмена и планов экономического развития. Возрастает роль неформальной, «роевой» деятельности, как противовеса иерархическим структурам. Идеи анархизма Кропоткина и Маркса в организации народного хозяйства и общественной жизни получают техническую базу для своей реализации.

НИЭБ находится на стыке теории управления, экономики и прогностики. Связи между предприятиями и организациями (B2B), а также во многом между предприятиями и потребителями - физическими лицами (B2C) будут осуществляться через сетевые информационные структуры, представляющими собой дальнейшее развитие современного Интернета и корпоративных сетей. Третья составляющая (наряду с производством и потребителями) – органы государственного и муниципального управления. Путем предварительного обсуждения и планирования можно будет снять проблему нерационального производства товаров и услуг. Конкурировать будут не товары и услуги, а их идеи (проекты).

Математическая основа НИЭБ - теория управления организационными системами [8], прежде всего теория активных систем [9] и теория принятия решений [7], в том числе на основе интенсивного использования экспертных технологий и нечисловой статистики [10]. Разработка НИЭБ должна опираться на современную методологию [11].

4. Проект «Сеть экспертов»

Кратко рассмотрим шестишаговую схему применения НИЭБ для повышения эффективности процессов управления в крупной корпорации (как примере крупномасштабной экономической системы), организации (предприятия) которой находятся в различных регионах.

4.1. Выделение ЗАДАЧ, для решения которых привлекаются и/или будут привлекаться эксперты.

4.2. После составления и гармонизации СИСТЕМЫ ЗАДАЧ (в управленческих терминах) составляем систему МОДЕЛЕЙ ЭКСПЕРТИЗ (описываем систему «черных ящиков», т.е. систему «входов» - «выходов») в терминах организационно-экономического моделирования экспертной деятельности.

4.3. На основе МОДЕЛЕЙ разрабатываем (адаптируем или вновь предлагаем) МЕТОДЫ экспертных исследований (т.е. сбора и анализа экспертных оценок, на пути от «входа» к «выходу»).

4.4. На основе МЕТОДОВ выявляем ТРЕБОВАНИЯ к экспертам (включая внешних), а также к регламентам экспертных процедур (т.е. «условия применимости» экспертных методов), включая регламенты формирования сети (реестра) экспертов, формирования экспертной комиссии (ЭК), заданий экспертам, процедурам сбора и анализа мнений экспертов, выработки заключений ЭК.

4.5. Формируем основы НТД (нормативно-технических документов) по созданию и деятельности СИСТЕМЫ ЭКСПЕРТИЗ Компании.

4.6. Разрабатываем пошаговую процедуру и график внедрения проекта по созданию СИСТЕМЫ ЭКСПЕРТИЗ Компании.

Новизна научных основ проекта «Сеть экспертов» состоит, в частности, в том, что вместо отдельных экспертных комиссий, предназначенных для проведения конкретных экспертиз, строим СЕТЬ ЭКСПЕРТОВ, работающую постоянно и являющуюся составной частью системы управления корпорации. Сеть экспертов действует в постоянном контакте (и в переплетении) с системой принятия управленческих решений. Сетевая корпоративная экспертная структура является открытой – любой сотрудник через корпоративную информационную систему может включиться в эту структуру (как эксперт с совещательным голосом).

Таким путем в рамках отдельно взятой конкретной корпорации реализуются основные идеи НИЭБ и открытого сетевого общества.

Эффективность применения подходов НИЭБ в государственном и муниципальном управлении, международной деятельности, планировании и контроле в масштабах Земного шара не вызывает сомнений.

Литература

1. КОЛОБОВ А.А., ОМЕЛЬЧЕНКО И.Н., ОРЛОВ А.И. *Менеджмент высоких технологий. Интегрированные производственно-корпоративные структуры: организация, экономика, управление, проектирование, эффективность, устойчивость*. М.: Экзамен, 2008. - 621 с.
2. ОРЛОВ А.И. *Неформальная информационная экономика будущего / Неформальные институты в современной экономике России: Материалы Третьих Друкеровских чтений*. М.: Доброе слово: ИПУ РАН, 2007 г. С.72-87.
3. ОРЛОВ А.И. *Экономико-математические методы в контроллинге и неформальная информационная экономика будущего / Формування ринкової економіки: Зб. наук. праць. Спец. вип., присвяч. Міжнар. наук.-практ. конф. «Контролінг у бізнесі: теорія і практика»*. К.: КНЕУ, 2008 г. С.43-50.
4. ОРЛОВ А.И. *Основные идеи неформальной информационной экономики будущего – новой организационно-экономической теории / Четвертая международная конференция по проблемам управления: Сборник трудов*. М.: ИПУ РАН, 2009. С.672 - 686.
5. NEURATH O. *Economic plan and calculation in kind*. In: *Otto Neurath: Economic Writings 1904-1945* (Thomas Uebel and Robert Cohen, editors). Kluwer, 2004.

6. КОКШОТТ П. *Расчет в натуральной форме, от Нейрата до Канторовича* // Левая Россия, 2009, №6, <http://www.left.ru/2009/6/cockshott188.phtml>
7. ОРЛОВ А.И. *Теория принятия решений*. М.: Экзамен, 2006. – 576 с.
8. НОВИКОВ Д.А. *Теория управления организационными системами*. М.: Московский психолого-социальный институт, 2005. – 584 с.
9. БУРКОВ В.Н., НОВИКОВ Д.А. *Теория активных систем: состояние и перспективы*. М.: Синтег, 1999. – 128 с.
10. ОРЛОВ А.И. *Организационно-экономическое моделирование. Часть 1. Нечисловая статистика*. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009. – 541 с.
11. НОВИКОВ А.М., НОВИКОВ Д.А. *Методология*. М.: СИНТЕГ, 2007. – 668 с.

ВАРИАНТНОСТЬ СТРУКТУРЫ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ В МОДЕЛИ ЦЕЛЕНАПРАВЛЕННОГО ВЫБОРА

Павельев В.В.
(ИПУ РАН, Москва)
pavvvs@ipu.ru

Рассматривается процесс построения решающего правила, обеспечивающего однозначность целенаправленного многокритериального выбора при различных вариантах формирования бинарной иерархической структуры оценочных показателей. Совокупность концевых вершин у вариантов древовидной структуры показателей при этом предполагается одинаковой.

Структура показателей комплексной оценки, решающее правило целенаправленного выбора.

Введение

Модель целенаправленного выбора, используемая в работе [1], имеет следующий вид:

$$(1) \quad M = \langle A, S, R \rangle,$$

где A – заданная формулировка цели; S – структура показателей оцениваемых объектов; R – решающее правило, функция выбора.

Процедура дихотомической декомпозиции заданной формулировки цели при участии ЛПР обеспечивает построение структуры показателей (частных критериев), конкретизирующих и детализирующих изначальную общую формулировку цели [2]. Эта структура всегда имеет вид бинарного дерева. Такая структура может быть функционально описана следующим выражением:

$$f(x_1, x_2, \dots, x_n) = \phi_1(x_1, \phi_2(x_2, \dots, \phi_{n-1}(x_{n-1}, x_n)) \dots)$$

Возможность разложения любой непрерывной функции n переменных в суперпозицию непрерывных функций меньшего числа переменных, в частности двух, доказана в работах А. Н. Колмогорова [3] и В. М. Арнольда [4].

Для каждого узла древовидной структуры показателей лицо, принимающее решение, или эксперты заполняют матрицы размерности 5×5 логической свертки частных оценок в обобщающую оценку. Строки матрицы соответствуют значениям оценок по одному из объединяемых показателей, столбцы – значениям оценок по второму показателю. Значения оценок варианта по обобщающему показателю проставляются на пересечении столбцов и строк. Их определяет эксперт или лицо, принимающее решение с учетом относительной значимости объединяемых показателей.

Обобщение частных оценок с помощью матрицы логической свертки позволяет учесть изменение относительной важности оценок показателей в зависимости от того, на каких участках шкал производится их сравнение. Заполненные матрицы логической свертки показателей, помещенные во всех узлах полученной иерархической структуры, порождают решающее правило комплексной оценки.

Вариантность структуры показателей

Возможны различные варианты построения структуры показателей комплексной оценки. Варианты могут возникать как при построении структуры комплексной оценки различными экспертами или различными группами экспертов, так и при построении этой структуры одними и теми же экспертами. Вариантность структуры показателей объясняется это тем, что эксперты при построении структуры комплексной оценки могут производить детализацию объекта оценки различными способами, используя понятия, объединяющие в пары различные число понятий меньшей степени общности. Так, например, структура декомпозиции автомобиля на различные совокупности агрегатов, также как и структура характеристик этих совокупностей агрегатов, важных при рассмотрении их соответствия заданной цели, могут быть построены в различных вариантах. Комплексную оценку автомобиля на первом уровне детализации можно рассматривать, как свёртку оценки кузова (определяемой его характеристиками) с обобщающей оценкой всех остальных агрегатов, также определяемой их характеристиками. Возможны и другие варианты. Можно на первом уровне детализации выделить оценку силовой установки и оценку всего остального. При дальнейшей детализации получим другой вариант структуры комплексной оценки, но с одинаковыми концевыми вершинами древовидной структуры показателей. При построении решающего правила комплексной оценки в виде совокупности матриц смысловой свёртки оценок нижнего уровня необходимо соблюсти условие получения одинаковой комплексной оценки при одинаковых значениях одинакового набора конечных показателей. Перемещение промежуточных обобщающих показателей с одного уровня иерархии на другой должно соответствующим образом изменять влияние этих показателей на комплексную оценку. Производя несколько итераций построения структуры комплексной оценки и решающего правила, можно получить систему поддержки принятия решений наиболее понятную и

удобную и для ЛПР и для экспертов, что способствует консенсусу участников и получению более обоснованной комплексной оценки рассматриваемых объектов.

Прозрачность и наглядность структуры показателей и решающего правила комплексной оценки при данном подходе к целенаправленному выбору [1] обеспечивают быструю сходимость процесса перебора вариантов к согласованному мнению участников.

Литература

1. ГЛОТОВ В. А., ПАВЕЛЬЕВ В. В. *Векторная стратификация*. – М.: Наука, 1984. – 95 с.
2. ПАВЕЛЬЕВ В.В. *Формирование системы критериальных свойств при комплексной оценке сложных объектов*. – В кн.: Механизмы функционирования организационных систем. Вып. 29. – М., Институт проблем управления, 1982. С. 36 – 39.
3. КОЛМОГОРОВ А.Н. *О представлении непрерывных функций нескольких переменных суперпозициями непрерывных функций меньшего числа переменных*. – ДАН СССР, 1956, т. 108, № 2.
4. АРНОЛЬД В. М. *О функции трёх переменных*. – ДАН СССР, 1957, т. 114, № 4.

ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНИМОСТИ БАЗОВОГО ЭКСПЕРТНОГО МЕТОДА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ЗАДАННЫХ УРОВНЕЙ СЛОЖНОСТИ И ОБШИРНОСТИ

Салтыков С.А., Сидельников Ю.В.

(ИПУ РАН, Москва)

ssaltykov@mail.ru, sidelnikovy@mail.ru,

В работе впервые предложена формальная процедура обоснования применимости экспертного метода для решения задачи заданного уровня сложности и обширности.

Ключевые слова: выбор базового экспертного метода, сложность, обширность.

В нашей ключевой работе [4] была рассмотрена общая процедура установления соответствия между экспертным методом и прогнозной оценочной задачей. В данной статье, мы ставим более узкую задачу: формально обосновать целесообразность применения конкретного базового экспертного метода для решения задачи, заданных уровней сложности и, так называемой, обширности [3]. При этом мы полагаем, что составной частью каждого экспертного метода является, по крайней мере, один механизм получения новой информации (МПНИ). Формальное описание МПНИ задано в работе [6]. Для отбора метода, на первом этапе процедуры обоснования используем лишь понятие сложности задачи. Предварительно рассмотрим наличие самой возможности использовать данную разновидность МПНИ от экспертов для решения задачи заданного уровня сложности.

*Таблица 1. Возможность использования МПНИ
для решения прогнозной задачи*

Градация уровней сложности задачи	Виды механизмов получения новой информации от экспертов					
	Простейший	Систематизация перебора	Обратная связь. Итеративные	Хаотизация перебора	Методологическая рефлексия	Интуиция, озарение
V	-	-	-	-	-	+
IV	-	-	-	-	+	-
III	-	-	+	+	-	-
II	-	+	+	-	-	-
I	+	-	-	-	-	-

Мы полагаем, что каждому из шести механизмов [6] соответствует шесть групп экспертных методов и для каждой группы в табл. 2 будут рассмотрены базовые методы. В этой же таблице экспертным путем оценим в баллах уровень эффективности применения таких методов к задаче фиксированного уровня сложности.

Для задач I – III уровней сложности существуют, согласно табл. 2, более чем один приемлемый базовый экспертный метод. Так, например, исходя из данных этой таблицы, для решения задачи I уровня сложности, целесообразно использовать: метод «лицом к лицу», процедуру суда и метод комиссий. Мы исходим из допущения, что при наличии более одного экспертного метода решения прогнозной задачи необходимо, по крайней мере, сначала использовать только один из них. Отсюда вытекает необходимость отбора.

Таблица 2. Оценки эффективности применения метода к решению задачи заданного уровня сложности

Виды МПНИ									
Уровни сложности	Простейший		Систематизация перебора	Обратная связь. Итеративные	Хаотизации перебора	Методологическая рефлексия	Интуиция, озарение	Соответств. методы получен. новой информации от экспертов	
	метод «лицом к лицу»	процедура суда	метод комиссий	Морфологический анализ	метод дельфи	Мозговая атака	Метод фок. объектов	методы с элементами рефлексии	метод нам не известен
V	1 ²	1	1	1	1	1	1	1	использовать МПНИ возможно
IV	1	1	1	1	1	1	1	5	3
III	1	1	1	1	4	5	4	2	3
II	1	1	1	5	4	3	3	2	3
I	4	5	4	3	3	3	3	2	3

1 – Курсивом отмечены методы, широко используемые в прогностической практике, а подчеркнуты те градации, которые считаются приемлемыми, чтобы соответствующие методы можно было рекомендовать для решения задач данного уровня сложности. Содержательная интерпретация используемых градаций приведена в работе [5].

2 – Оценка в баллах, указанная на пересечении строк и столбцов таблицы, характеризует уровень эффективности применения данного метода к задаче данного уровня сложности. При этом общее количество балльных градаций – пять, а их значения занумерованы в порядке возрастания уровня эффективности.

С учетом вышесказанного, приведем обоснование целесообразности применения конкретного базового экспертного метода для решения задачи указанных уровней сложности и обширности.

С этой целью для каждого уровня сложности и обширности решим задачу многокритериального отбора приемлемого метода, взяв в качестве критериев эффективность и быстроту решения. В табл. 3 – 5 последовательно рассмотрим и используем такую характеристику кортежа задача-метод как быстрота решения задач I, II и III уровней сложности указанным методом.

Кратко обоснуем использование балльной шкалы и соответствующих градаций. (Полное обоснование мы рассмотрим в расширенном варианте статьи на аналогичную тему). Сначала исходим из минимального количества градаций, позволяющих содержательно описать степень быстроты решения задачи: не приемлемо, приемлемо, очень быстро. Используем то, что на градациях можно задать отношение древесного порядка [1] и такая разновидность упорядоченности позволяет нам определить ценности этих градаций. Таким образом, оказывается, что градация - «приемлемо» может быть разбита еще на 4 градации, исходя из минимально необходимого их числа для выявления различий между длительностями решения специально подобранных нами примеров задач. Суммируя, получим шесть следующих балльных градаций: 0, 1,...,5. На втором этапе оценим быстроту решения задачи, используя понятие обширности задачи. На пересечении строк и столбцов табл. 3 укажем оценки в баллах быстроты решения задачи указанным методом при соответствующем уровне обширности.

Аналогично составим табл. 4 – 5 для II и III уровня сложности. Конкретные значения балльных градаций выявлены экспертно.

Таблица 3. Для I уровня сложности (в баллах)

методы	уровни обширности		
	I	II	III
лицом к лицу	5	0	0
суда	4	4	2
комиссий	4	4	3

Таблица 4. Для II уровня сложности (в баллах)

методы	уровни обширности		
	I	II	III
морфологический анализ	3	2	1
дельфи	4	4	3

Таблица 5. Для III уровня сложности (в баллах)

методы	уровни обширности		
	I	II	III
дельфи	4	4	3
мозговая атака	3	2	1

Итак, мы определили балльные градации для эффективности и быстроты решения задачи данных уровней сложности и обширности, и теперь определим ценности каждого из этих балльных градаций.

Отбирать можно различными многокритериальными инструментами. Таких инструментов (общего вида) мы рассматриваем три: метод взвешенной суммы, теория полезности и теория важности критериев [2]. В первом приближении, полагаем, что имеет смысл применять для данного случая именно теорию полезности. Из этой теории используем функцию полезности. Для ее построения вначале в таблицах 6 и 7 построим функцию ценности для каждого из двух критериев. В этих таблицах заданы законы соответствия между вербально-балльными градациями и числовыми значениями ценности. Далее определяем разницу ценностей различных градаций. При этом, мы исходим из того, что рост этой ценности замедляется при переходе от меньших шкальных градаций к большим (что соответствует так называемой «информации D» по Подиновскому В.В. [2]). Более подробное обоснование получения балльных значений ценности градаций шкалы, будет раскрыто в последующих работах.

Таблица 6. Ценности различных градаций эффективности

вербальные градации	градации шкалы	ценность
решил	5	10
скорее всего, решил	4	0

Таблица 7. Ценности различных градаций быстроты

вербальные градации	градации шкалы	ценность градаций шкалы
быстро	5	44
средне	4	33
долго	3	26
очень долго	2	14
очень-очень долго	1	0
неприемлемо долго	0	не определяем ¹

Для таблиц 8 – 16 получаем балльные значения эффективности и быстроты решения задачи различных уровней сложности и обширности (исходя из таблиц 2-5). Для определения коэффициентов важности критериев (необходимых для формирования любой свертки) используем их определение из теории важности критериев, так как там оно наиболее строгое и формализованное. Из существования коэффициентов важности следует существование аддитивной функции полезности. Предполагаем также, что в первом приближении критерии (эффективность и быстрота) равноважны. Поэтому полезность варианта мы можем определить как сумму ценностей соответствующих шкальных градаций.

Таким образом, в таблицах 8 – 16 описываются решения многокритериальных задач отбора наиболее приемлемого базового экспертного метода для задачи данных уровней сложности и обширности на основе аддитивной функции полезности, включающей два критерия – эффективность и быстроту. То есть функция полезности выражается аддитивной сверткой двух указанных критериев. Используя значения ценности градаций быстроты и эффективности, полученные из таблиц 6 и 7, и аддитивную свертку двух указанных критериев получаем значения полезности варианта.

1 Вариант с таким значением быстроты не будет участвовать в отборе.

Таблица 8. Задачи II уровня сложности и I уровня обширности

Метод	Эффектив- ность	Быстрота	Полезность варианта
Морфологич. анализ	5	3	36
дельфи	4	4	33

Таблица 9. Задачи II уровня сложности и II уровня обширности

Метод	Эффектив- ность	Быстрота	Полезность варианта
Морфологич. анализ	5	2	24
дельфи	4	4	33

Таблица 10. Задачи II ур. сложности и III ур. обширности

Метод	Эффектив- ность	Быстрота	Полезность варианта
морфологич. анализ	5	1	10
дельфи	4	3	26

Таблица 11. Задачи III ур. сложности и I ур. обширности

Метод	Эффектив- ность	Быстрота	Полезность варианта
дельфи	4	4	33
мозговая атака	5	3	36

Таблица 12. Задачи III ур. сложности и II ур. обширности

Метод	Эффектив- ность	Быстрота	Полезность варианта
дельфи	4	4	33
мозговая атака	5	2	24

Таблица 13. Задачи III ур. сложности и III ур. обширности

Метод	Эффек- тивн.	Быстрота	Полезность варианта
дельфи	4	3	26
мозговая атака	5	1	10

Таблица 14. Задачи I уровня сложности и I уровня обширности

Метод	Эффективн.	Быстрота	Полезн. варианта
лицом к лицу	4	5	44
суда	5	4	43
комиссий	4	4	33

Таблица 15. Задачи I уровня сложности и II уровня обширности

Метод	Эффективн.	Быстрота	Полезн. варианта
лицом к лицу	4	0	-
суда	5	4	43
комиссий	4	4	33

Таблица 16. Задачи I ур. сложности и III ур. обширности

Метод	Эффективн.	Быстрота	Полезн. варианта
лицом к лицу	4	0	-
суда	5	2	24
комиссий	4	3	26

В результате решения этих многокритериальных задач мы нашли наилучший базовый экспертный метод для задачи каждого уровня сложности и обширности. Результаты решения этих задач рассмотрим в таблице 17.

Таблица 17. Наиболее приемлемые экспертные методы для решения задачи данных уровней сложности и обширности

Уровень сложн. задачи	Уровень обширности задачи		
	I	II	III
V	Метод неизвестен, но используется интуиция (озарение) исследователя	Метод не известен, но используется интуиция (озарение) исследователя	Метод не известен, но используется интуиция (озарение) исследователя
IV	Вариант МКВ (напр., список Т. Эйлоарта)	Вариант МКВ (напр., список Т. Эйлоарта)	Вариант МКВ (напр., список Т. Эйлоарта)
III	Мозговая атака	Дельфи	Дельфи
II	Морф. анализ	Дельфи	Дельфи
I	«Лицом к лицу»	Процедура суда	Метод комиссий

В данной статье впервые формально обосновано соответствие между прогнозной задачей данного уровня сложности и обширности и наиболее приемлемым базовым экспертным методом, необходимым для её решения.

Литература

1. ГЛОТОВ В.А., ПАВЕЛЬЕВ В.В. *Векторная стратификация*. – М.: Наука, 1984. – 96 с.
2. ПОДИНОВСКИЙ В.В. *Введение в теорию важности критериев в многокритериальных задачах принятия решений*. – М.: Физматлит, 2007. – 64 с.
3. САЛТЫКОВ С.А. *Обширность задачи как один из ключевых факторов выбора наиболее эффективного экспертного метода*. // Материалы XXXV Международной конференции «Информационные технологии в науке, социологии, экономике и бизнесе». – Ялта, Гурзуф, май 2008. – с. 360–361.
4. СИДЕЛЬНИКОВ Ю.В., САЛТЫКОВ С.А. *Процедура установления соответствия между задачей и методом*. // Экономические стратегии, № 7, 2008. – с. 102–109.
5. СИДЕЛЬНИКОВ Ю.В., САЛТЫКОВ С.А. *Отбор наиболее эффективного экспертного метода: процедура и модели*. // Материалы XXXVI Международной конференции «Информационные технологии в науке, социологии, экономике и бизнесе». – Ялта, Гурзуф, май 2009. – с.18-21.
6. СИДЕЛЬНИКОВ Ю.В., САЛТЫКОВ С.А. *Отбор эффективного экспертного метода для задачи III уровня сложности и II уровня обширности*. // Материалы XXXVI Международной конференции «Информационные технологии в науке, социологии, экономике и бизнесе». – Ялта, Гурзуф, октябрь 2009 (в печати).

О ПРОГРАММНОМ МОДУЛЕ НЕЧЕТКОГО ИЕРАРХИЧЕСКОГО ОЦЕНИВАНИЯ

Титова Н.В.

(ВЦ РАН, Москва)

titova_nina@inbox.ru

В статье приведено описание программного модуля, реализующего модель иерархического оценивания ситуации на основе анализа качественных оценок, полученных от экспертов.

Ключевые слова: иерархическая модель, нечеткие множества, экспертное оценивание.

Модуль иерархической оценки предназначен для комплексной оценки определенной ЛПР генеральной цели и критериев ее достижения на основе иерархической структуры критериев достижения генеральной цели. На последнем, самом нижнем уровне иерархической структуры располагаются критерии, на которые оперирующая сторона может непосредственно воздействовать. Эффект от воздействия на эти критерии, распространяясь вверх по последовательно расположенным уровням иерархической структуры приведет к реализации всех выше расположенных критериев и, в конечном итоге, - к достижению генеральной цели функционирования рассматриваемого сложного объекта

Модуль иерархического оценивания ситуации состоит из:

- Блока настройки параметров модели иерархии, включающего графический редактор иерархии, блок ввода предпочтений экспертов;
- Блока обработки;
- Блока визуализации комплексной оценки рассматриваемой ситуации.
- При этом в блоке определена следующая последовательность действий:

- Построение иерархической структуры
- Проведение элементарных экспертиз
- Усреднение экспертных оценок
- Определение весов дуг иерархической структуры
- Определение коэффициентов важности факторов.

Модуль построения и редактирования иерархической модели

Задачи модуля. Модуль иерархической оценки предназначен для создания и автоматизированной корректировки иерархических моделей оценивания ситуации и поддержки процесса выработки рациональных вариантов решений. Проведенная проработка системы (блока) иерархического оценивания имеет своим результатом создание модуля иерархического оценивания текущих альтернатив с позиции их рационального приоритета относительно генеральной цели.

Задачи, решаемые модулем иерархического оценивания, следующие:

комплексная оценка ситуации, относительно различных критериев (экономического, технологического и др.)

оценка и отображения отдельных составляющих (элементов) экономического, технологического и других потенциалов.

Предметом оценки является представленная в виде иерархической структуры совокупность факторов, описывающих критерии выбора и градации шкал критериев. В основе модели ситуации лежит иерархическая структура критериев, получаемая в результате функционально-структурной декомпозиции проблемной области. Связи в этой иерархии определяют зависимость реализуемости элементов вышележащего уровня от соответствующих элементов нижележащего уровня. На последнем, самом нижнем уровне этой структуры располагаются факторы, содержащие конкретные численные или количественные значения, на которые оперирующая сторона может непосредственно воздействовать, выбирая ту или иную альтернативу. Эффект от

воздействия на эти факторы, т.е. реализация данных факторов, распространяясь вверх по последовательно расположенным уровням иерархической структуры системообразующих факторов приведет к реализации всех выше расположенных факторов и, в конечном итоге, - к достижению глобальной (генеральной) цели – рационального выбора решения.

Литература

1. СААТИ Т. *Принятие решений. – Метод анализа иерархий.* М.: Радио и связь, 1993, 320 с.
2. МАКЕЕВ С.П., ШАХНОВ И.Ф. *Упорядочение объектов в иерархических системах.* Известия АН СССР. Техническая кибернетика № 3. – М., 1991.
3. АВЕРКИН, О.П. КУЗНЕЦОВ, А.А. КУЛИНИЧ, Н.В. ТИТОВА. *Поддержка принятия решений в слабоструктурированных предметных областях: анализ ситуаций и оценка альтернатив.* Теория и системы управления. Известия РАН, 3, 2006., стр. 139-149.

СРЕДНЕ-МЕДИАННЫЙ ПОКАЗАТЕЛЬ ПОЛОЖЕНИЯ ВЫБОРКИ ЭКСПЕРТНЫХ ОЦЕНОК

Цейтлин Н. А.

(Фирма CuBe Matrix, Гамбург - Гёттинген)

tseitlin@gmx. net,

Некоторое ослабление требований к выборке экспертных оценок в окрестности медианы позволяет уточнить показатель меры положения случайной величины.

Ключевые слова: экспертные оценки, медиана, частные критерии качества, средне-медианный показатель, алгоритм, примеры.

Введение

Трудно утверждать, что **экспертные оценки (ЭО)** удовлетворяют требованиям, предъявляемым к метрическим шкалам (когда равным разностям между ЭО соответствуют равные разности свойств) [1]. Обычно ЭО измеряются в порядковой шкале. Например, формально вычисленная разность экспертных оценок знаний учащихся в Германии 1 «отлично» и 2 «хорошо» не равна разности оценок 5 «очень плохо» и 6 «отсутствие знаний». Поэтому в силу допускаемых преобразований (когда суммирование оценок в порядковой шкале лишено смысла [2]), **мерой положения** некоторой выборки ЭО, инвариантной относительно монотонного преобразования одной системы баллов в другую, может служить только **медиана** [1, с. 37].

В существующей практике использования ЭО принято выбирать образцы из короткого отрезка ряда натуральных чисел, например, из ряда (1, 2, ..., 6) баллов. Это приводит к тому, что при сравнении двух выборок ЭО **частных критериев качества (ЧКК)** разных объектов мы приходим к одинаковым показателям положения выборок — медианам, хотя иногда на самом деле меры положения выборок могут быть разными.

Пример 1. Пусть вариационный ряд ЭО знаний учащихся в группе А: (1 1 1 1 2 2 2 3 5), а в группе В: (1 2 2 2 2 3 3 4). Медианы X_{MA} и X_{MB} этих выборок ЭО для обеих групп одинаковы и равны 2.

Таким образом, медианная мера положения выборок представляется довольно грубой. Желая получить более «точные» меры положения выборок в сравниваемых группах данных эксперты зачастую используют среднее арифметическое значение ЭО X_C .

По данным примера 1 получится, что уровень успеваемости учащихся в группе А ($X_{CA} = 2,000$ балла) немного выше, чем в группе В ($X_{CB} = 2,375$ баллов). Однако с позиций теории изме-

рений **среднее арифметическое значение ЭО X_C является некорректной статистикой** [1, с. 37]. Выход из описанного положения может быть следующим.

1. Средне-медианный показатель

Если предположить, что в некоторой малой δ -окрестности $[X_M - \delta, X_M + \delta]$ медианы X_M выборки ЭО ($X_M \in \Omega \subset R^1$), где δ – достаточно малая величина, разность ЭО соответствует разности оцениваемых свойств объектов, то в этом малом диапазоне ЭО операция арифметического усреднения будет корректна. Если воспользоваться упомянутой практикой выбора оценок из небольшого ряда ЭО (1, 2, ..., 6) баллов, то величину δ можно взять равной одному баллу. Приведенные соображения позволяют записать следующий **алгоритм расчёта меры положения выборки**, которую мы назовём **средне-медианным показателем (СМП)**.

Дано: ряд экспертных оценок $X = \{X_1, X_2, \dots, X_k\}$, ($X_i \in \Omega \subset R^1$, $i = 1, 2, \dots, k$). **Необходимо** рассчитать значение **СМП** для этого ряда.

Решение

1. Находим медиану этого ряда:

(1) $X_M = X_{(k+1)/2}$ при k нечётном или $X_M = (X_{k/2} + X_{(k+2)/2})/2$ при k чётном, $k > 0$.

2. Положим малую величину $\delta = \delta_0$.

3. В пределах малой δ -окрестности медианы: ($X_M - \delta_0 \leq X \leq X_M + \delta_0$) находим среднее арифметическое значение ЭО X_i , попадающих в эту δ -окрестность:

(2) $X_{CM} = (1/N_I) \sum_{i \in I} (X_i)$,

где I – множество индексов ЭО X_i , принадлежащих δ -окрестности и N_I – их количество. Значение X_{CM} является искомым значением **СМП**.

Пример 2. По данным примера 1 необходимо рассчитать значения **СМП** оценок знаний учащихся в группах А и В.

Решение. По формуле (1) находим медианы ЭО для групп А и В: $X_{MA} = X_{MB} = 2$. Полагаем $\delta = 1$. В пределах малой δ -окрестности медианы ($1 \leq X \leq 3$) ряд ЭО для группы А содержит четыре единицы, три двойки и одну тройку. По формуле (2) находим среднее арифметическое значение ЭО для группы А: $X_{CMA} = (1 \times 4 + 2 \times 3 + 3 \times 1) / (4 + 3 + 1) = 1,125$; аналогично — для группы В: $X_{CMB} = (1 \times 1 + 2 \times 4 + 3 \times 2) / (1 + 4 + 2) = 2,143$.

Ответ. Средне-медианные показатели оценок знаний учащихся в группах А и В различны и равны **1,125 и 2,143** балла соответственно.

Пример 3. Дан вариационный ряд оценок знаний учащихся в группе С: (1 1 1 1 2 2 2 5). **Необходимо** рассчитать значение СМП для этого ряда.

Решение. Медиана по формуле (1) вычисляется как полусумма разных оценок: $X_M = (1 + 2) / 2 = 1,5$. Полагаем $\delta = 1$. В пределах δ -окрестности медианы ($0,5 \leq X \leq 2,5$) по формуле (2) находим: $X_{CМС} = (1 \times 4 + 2 \times 3) / (4 + 3) = 1,429$.

Ответ. СМП оценок знаний учащихся в группе С равен **1,429** баллов.

2. Статистическая значимость разности мер положения выборок

Разность СМП двух выборок ЭО может отражать некую закономерность, а может быть обусловлена и случайным разбросом данных. **Лиц, принимающих решение**, обычно интересуется гипотеза о сдвиге меры положения одного распределения ЭО относительно другого. Поэтому проверяемая нулевая статистическая гипотеза H_0 обычно звучит как гипотеза об отсутствии сдвига меры положения одного распределения ЭО относительно другого против двусторонней альтернативной гипотезы H_1 о наличии такого сдвига (в большую или меньшую сторону). Поскольку распределения ЭО нельзя предположить нормальными, то гипотезу H_0 придётся проверять непараметрическим методом (например, бутстреп-методом [1–3]).

3. Расчёт средне-взвешенного средне-медианного показателя

Необходимость в расчёте средне-взвешенного **СМП** как меры положения выборок возникает, например, при определении обобщённой экспертной оценки качества объекта по ряду ЧКК X_i , имеющих различные «веса» V_i . Эти «веса» также могут определяться методом экспертной оценки и иметь смысл важности, преимущества, интереса и т. п. Исходные данные для расчёта средне-взвешенного **СМП** имеют вид $XV = \{(X_1; V_1), (X_2; V_2), \dots, (X_k; V_k)\}$, ($X_i, V_i \in R^1$). «Веса» V_i рекомендуется задавать в виде целых чисел, выбираемых из ряда $(1, 2, \dots, V_{\max})$, где V_i можно интерпретировать как V_i -кратное присутствие значения ЧКК X_i в выборке; $V_i = V_{\max}$ — максимальный «вес». Количество условных (имеющих смысл повторяемости оценки) членов выборки ЭО ЧКК с весами V_i есть $N = \sum_{i=1}^k (V_i)$. Малую величину δ рекомендуется задавать как максимум разности ближайших к медиане ЭО. Поскольку «веса» V_i также являются мерами положения некоторых ЭО «весов», то, в отличие от ЭО ЧКК в качестве мер положения выборки ЭО «весов» рекомендуется использовать целочисленные медианы, получаемые по нечётному количеству ЭО «весов». В таком случае при расчёте **средне-взвешенного значения мер положения выборок** можно использовать **СМП** (2).

4. Статистическая значимость разности средне-взвешенных мер положения выборок

Сравнению по ряду ЧКК подвергаются обычно L объектов ($L \geq 2$). Обобщённые ЭО (**ОЭО**) качества объектов по ряду ЧКК используются для того, чтобы эти объекты выстроить в вариационный ряд — от самого «худшего» до самого «лучшего» (например, от последнего до первого места в конкурсе). Поэтому лиц, принимающих решение, особенно интересует оценка значимости разности мер положения **ОЭО**. Действительно, если,

например, разность мер положения ОЭО объектов приблизительно равны, то возникает предположение, что они равны действительно, а небольшая разность их точечных оценок обусловлена погрешностями «измерения» (экспертного оценивания). Таким образом, например, на первое место в конкурсе могут претендовать два (и более) объекта, имеющие приблизительно равные меры положения обобщённых ЭО. Сравнивать L объектов ($L \geq 2$) удобно парами [2]. Проверяемые нулевые статистические гипотезы H_{0ij} ($1 \leq i < j \leq L$) тогда звучат как гипотезы о равенстве нулю пар X_i и X_j обобщённых ЭО качества объектов против двусторонних альтернативных гипотез H_{1ij} об их неравенстве нулю. Поскольку распределения ОЭО также нельзя предположить нормальными, то гипотезы H_{0ij} придётся проверять бутстреп-методом [3].

Пример 4. Представим данные примера 3 как выборку ЭО ЧКК: $X_i = (1 \ 2 \ 5)$ с соответствующими весами $V_i = (4 \ 3 \ 1)$, или так: $XV = \{(1; 4); (2; 3); (5; 1)\}$; количество условных членов этой выборки $N = 4 + 3 + 1 = 8$. Расчёт СМП (2) по этим данным точно такой же, как и в примере 3.

Пример 5. Необходимо **сравнить качество работы двух магазинов А и В**, основываясь на мнении покупателей. Было проведено маркетинговое исследование. Покупатели – **респонденты** должны были проставить оценки степени справедливости следующих высказываний: 1. Посещение магазина доставило мне **удовольствие**; 2. Я **нашёл** то, что искал; 3. Я **сделал** всё, что запланировал; 4. Мне доставило удовольствие открыть **новые** продукты; 5. Я искал нужные продукты **не долго**; 6. Меня устроил **ассортимент** товаров.

Для оценки справедливости этих высказываний предлагалась 5-балльная шкала: 1 – совершенно неверно; 2 – почти неверно; 3 – возможно верно, возможно неверно; 4 – почти верно; 5 – совершенно верно. В магазине А были опрошены 246 покупателей, в магазине В – 212.

Таблица. Результаты статистической
обработки 458-ми опросных листов

	Статистические оценки степени справедливости высказываний											
	1. удовольствие		2. нашёл		3. сделал		4. новые		5. не долго		6. ассортимент	
	М	СМП	М	СМП	М	СМП	М	СМП	М	СМП	М	СМП
А	4	4,15 Л	5	4,96 Л	5	4,83	3	3,28 Л	5	4,86	3	3,15 Л
В	4	4,03	5	4,83	5	4,93	3	2,88	5	4,55	3	3,09
УЗ	0,001		0,04		0,08		0,005		0,5		0,03	
СВ	9		7		10		5		3		8	

Обозначения: А и В – названия магазинов; М - медиана ЭО; СМП - средне-медианный показатель; УЗ - уровень значимости проверки гипотезы **сдвига** меры положения распределения ЭО; Л – **значимый сдвиг** в лучшую сторону; СВ – медиана пяти ЭО степени важности ЧКК.

Исходные данные для расчёта средне-взвешенного значения обобщённой экспертной оценки качества работы магазина А по ряду ЧКК запишем в виде вариационного ряда ЭО: $XV = \{(3,15; 8) (3,28; 5) (**4,15; 9**) (4,83; 10) (4,86; 3) (4,96; 7)\}$. С учётом степеней важности количество условных членов вариационного ряда ЭО $N_A = 42$; медиана $X_{MA} = **4,15**$. Положим малую величину $\delta = 0,87$, как максимум разности ближайших к медиане ЭО ($4,83 - **4,15** = 0,68$ и $**4,15** - 3,28 = 0,87$). Тогда $СМП X_{CMA} = (3,28 \times 5 + 4,15 \times 9 + 4,83 \times 7) / (5 + 9 + 7) = **4,17**$.

Аналогично для магазина В находим $XV = \{(2,88; 5) (3,09; 8) (**4,03; 9**) (4,55; 3) (4,83; 7) (4,93; 10)\}$; $N_B = 42$; медиана $X_{MB} = **4,03**$. Положим малую величину $\delta = 0,94$, как максимум разности ближайших к медиане ЭО ($4,55 - **4,03** = 0,52$ и $**4,03** - 3,09 = 0,94$). Тогда $СМП X_{CMB} = (3,09 \times 8 + 4,03 \times 9 + 4,55 \times 3) / (8 + 9 + 3) = 74,64 / 20 = **3,73**$. Магазин А работает немного — на **0,44** балла — лучше магазина В. Однако эта разность может быть обусловлена погрешностями оценивания. Для проверки гипотезы H_0 о равенстве нулю разности ОЭО качества работы магазинов А и В

против двусторонней альтернативы H_1 об их неравенстве нулю воспользовались бутстреп-методом [1 - 3]. Для этого построили 12 эмпирических функций распределения для 6-ти оценок респондентов степени справедливости высказываний и для 6-ти ЭО степени важности ЧКК. Затем, пользуясь генератором случайных равномерно распределённых чисел на интервале (0, 1) 246 раз имитировали оценки респондентов — покупателей магазина А, пяти ЭО степеней важности ЧКК, вычислили ОЭО качества работы магазина А. Аналогично воспроизвели 212 оценок респондентов магазина В, пяти ЭО степеней важности ЧКК, вычислили ОЭО качества работы магазина В. Далее вычислили разность ОЭО качества работы магазинов А и В. Все перечисленные операции были повторены 10^5 раз. Не всегда разность ОЭО качества работы магазинов А и В была больше нуля. 1970 раз (1,97%) эта разность была меньше нуля. Поскольку альтернатива H_1 — двусторонняя, то уровень значимости равен $1,97 \times 2 = 3,9\%$.

Ответ. Медианы М (см. табл.) ЭО всех ЧКК обоих магазинов — А и В оказались одинаковыми, однако СМП — различными. Сдвиги 4-х распределений ЭО ЧКК («удовольствие», «нашёл», «новые» и «ассортимент» - высоко значимые в пользу магазина А на уровнях значимости, не превышающих 0,05). На этот результат следует обратить внимание менеджеров для принятия соответствующих мер по улучшению качества работы магазина В.

Средне-взвешенное значения обобщённой экспертной оценки качества работы магазина А **4,17** баллов оказалось выше на **0,44** балла по сравнению с ОО работы магазина В, и эта разность оказалась значимой на уровне значимости около 4%. Так что «в среднем» магазин А работал значимо лучше магазина В.

5. Обсуждение

Если выбирать образцы экспертных оценок (как это сейчас широко принято) из небольшого ряда целых чисел, например, из

ряда (1, 2, ..., 6) баллов, то упомянутая выше «малая» δ -окрестность медианы, необходимая для расчёта СМП получится слишком широкая (до 40% размаха шкалы – см. примеры 2 и 3). Поэтому расчёт СМП даст существенное уточнение меры положения выборки. Если же выбирать предлагаемые образцы экспертных оценок из большого ряда целых чисел, например - (0, 1, 2, ..., 100)% (баллов), то упомянутая выше δ -окрестность медианы получится достаточно узкая (до 2% размаха шкалы). В этом случае расчёт СМП даёт несущественное уточнение меры положения выборки, не превышающее 2% размаха шкалы ЭО, то есть, $X_{\text{СМ}} \approx X_{\text{М}}$ (зачастую - в пределах погрешности округления числа $X_{\text{М}}$).

Здесь уместно отметить, что грамотные респонденты (и, тем более, эксперты) хорошо ориентируются не только в пределах скудного ряда «школьных» оценок (1, 2, ..., 6), но и в широко распространенной мере доли – в процентах (0; 1; 2, ..., 100)%. Поэтому во всех процедурах экспертного оценивания актуален переход к процентной мере экспертных оценок качества объекта.

В свете изложенного **шестибалльная** шкала экспертных оценок (1, 2, ..., 6) знаний учащихся в Германии логически противоречит интуитивному представлению эксперта (учителя) об отсутствии знаний учащегося (когда ЭО должна быть равной 0, а не 6-ти баллам) и кажется перевёрнутой «с ног на голову», поскольку с ростом уровня знаний ЭО должна быть больше, а не меньше. Не намного лучше «школьная» **четырёхбалльная** шкала в странах СНГ: «плохо» (2), «удовлетворительно» (3), «хорошо» (4) и «отлично» (5). Эта шкала грубее немецкой и также некорректно характеризует отсутствие знаний (ЭО за отсутствие знаний должна быть равной 0, а не 2-м баллам).

Поэтому существующие «традиционные» четырех- и шестибалльные шкалы ЭО надо заменить процентными шкалами.

Выводы

В существующей практике использования экспертных оценок принято выбирать образцы из короткого отрезка ряда нату-

ральных чисел. Это приводит к тому, что при сравнении двух выборок экспертных оценок частных критериев качества разных объектов мы приходим иногда к одинаковым показателям положения выборок — медианам, хотя на самом деле меры положения выборок могут быть разными. Выход из описанного положения заключается в использовании более точного средне-медианного показателя. Если же для использования экспертных оценок выбирать образцы из большого отрезка ряда чисел, например, от 0 до 100%, то необходимость в использовании средне-медианного показателя отпадает.

Литература

1. ОРЛОВ А. И. *Эконометрика*. — М.: Экзамен, 2002, 2003, 2004. — 575 с. (<http://orlovs.pp.ru/econ.php#ek1>)
2. ЦЕЙТЛИН Н. А. *Из опыта аналитического статистика*. — М.: Солар, 2007. — 912 с.
3. ЭФРОН Б. *Нетрадиционные методы многомерного статистического анализа*. Сб. статей. — М.: Финансы и статистика, 1988. — 263 с.

МЕТОД ЦЕНТРАЛЬНОГО ЛУЧА В ЗАДАЧЕ КВАНТИФИКАЦИИ ИНТЕНСИВНОСТИ ПРЕДПОЧТЕНИЙ НА ОСНОВЕ ПАРНЫХ СРАВНЕНИЙ¹

Шахнов И.Ф.
(ВЦ РАН, Москва)
ishahnov@mail.ru

Ключевые слова: интенсивность предпочтений, квантификация, парные сравнения, интервальные оценки, собственный вектор.

Задача оценки интенсивности проявления интересующих пользователя свойств у рассматриваемых объектов (например, степени их предпочтительности) на основе результатов парных сравнений относится к числу задач, постоянно привлекающих к себе внимание специалистов в области исследования операций и системного анализа. Примером задач из этой области может служить классическая задача обработки турнирных матриц с целью ранжирования участников по их «силе» [1,2]. В последнее время задачи количественного описания (квантификации) предпочтений пользователя на основе парных сравнений приобрели особо важную роль в связи с востребованностью методов системного анализа (при построении «деревьев целей», когнитивных моделей и др.) в рамках современных информационных технологий как эффективных инструментов при планировании развития сложных технических, экономических и социальных систем.

Наиболее известным и весьма широко используемым методом обработки матриц детерминированных («точечных») результатов

¹ Работа выполнена при частичной поддержке РФФИ (грант №07-01-00782),

парных сравнений является метод Т. Саати (метод собственного вектора) [1], согласно которому в качестве показателей интенсивности проявления интересующего пользователя свойства у рассматриваемых объектов предлагается взять соответствующие компоненты собственного вектора (отвечающего максимальному собственному числу) матрицы «точечных» результатов парных сравнений этих объектов. Метод Т. Саати является феноменологическим, практически не имеет содержательного обоснования и представляет собой, по существу, копию модели Бержа для случая, когда результаты парных сравнений оцениваются уже не с помощью тернарной шкалы, а с помощью непрерывных величин.

Предлагаемый метод «центрального луча» ориентирован на обработку матриц $\|a_{ij}\|$ результатов парных сравнений, которые могут носить как «точечный», так и «интервальный» характер. Последнее с точки зрения практических приложений представляется весьма существенным моментом, ибо получаемые с помощью пользователя эмпирические данные, как правило, имеют значительный разброс, который естественным образом учитывается при использовании данного метода.

Согласно методу центрального луча нахождение искомого вектора $y = (y_1, y_2, \dots, y_n)$ количественных значений интенсивности y_i проявления интересующего пользователя свойства C у объектов Y_i , $i = \overline{1, n}$, происходит в результате выполнения следующих трех этапов:

- 1) проверка матрицы $\|a_{ij}\|$ на согласованность ее элементов;
- 2) корректировка матрицы $\|a_{ij}\|$, если ее элементы оказались несогласованными;
- 3) получение искомого вектора $y^* = (y_1^*, y_2^*, \dots, y_n^*)$ интенсивностей проявления свойства C у объектов $Y_1, Y_2, \dots, Y_n$.

Каждый из этапов представляет собой строго поставленную математическую задачу. Так, прежде всего формулируется понятие «согласованность», формулируются и доказываются необходимые и

достаточные условия согласованности элементов матрицы $\|a_{ij}\|$. Минимально необходимая коррекция матрицы $\|a_{ij}\|$ определяется как задача аппроксимации матрицы $\|a_{ij}\|$ ближайшей (в смысле Чебышева) согласованной матрицей a_{ij}^* . Получение искомого вектора («центрального луча») u^* формулируется как задача нахождения луча, принадлежащего конусу допустимых решений K и находящегося на максимальном удалении от границ этого конуса [1].

Проведенный анализ показал, что метод центрального луча обладает, по сравнению с методом Т. Саати, рядом несомненных достоинств. Это связано, в первую очередь, не только с тем, что он позволяет находить искомое решение, как для точечных, так и для интервально заданных результатов парных сравнений, но и с тем, что он имеет под собой строгую методологическую и математическую базу. Среди важных для приложений свойств метода центрального луча особо следует отметить свойство инвариантности по отношению к положительному степенному преобразованию используемых количественных шкал для перевода качественных оценок пользователем величин a_{ij} в количественную форму, а также возможность применения данного метода для матриц $\|a_{ij}\|$, обладающих иерархической структурой.

Литература

1. СААТИ Т. *Принятие решений*. – Метод анализа иерархий. – М.: Радио и связь, 1993.
2. БРУК Б.Н., БУРКОВ В.Н. *Методы экспертных оценок в задачах упорядочивания объектов* // Изв. АН СССР. Техн. Кибернетика, 1972, №3, С. 29-39.
3. ШАХНОВ И.Ф. Применение теории графов в задаче количественной оценки важности целей // Докл. АН РФ, 2005, т.401, №2, С. 173-176.

**Теория активных систем – 2009
(ТАС-2009)**

**Труды международной
научно-практической конференции
(Том 1)**

В печать от 07.09.2009

Формат бумаги 60×84/16 Уч.-изд.л.19,6

Тираж 200. Заказ 92.

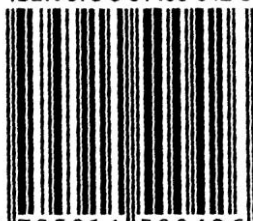
117997, Москва, Профсоюзная, 65

Учреждение Российской академии наук

Институт проблем управления

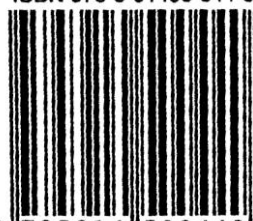
Им. В.А. Трапезникова РАН

ISBN 978-5-91450-042-6



9 785914 500426

ISBN 978-5-91450-044-0



9 785914 500440