



CONTROL SCIENCES

**Научно-технический
журнал**

6 номеров в год

ISSN 1819-3161

УЧРЕДИТЕЛЬ

**Институт проблем управления
им. В.А. Трапезникова РАН**

Главный редактор

Д.А. Новиков

**Заместители главного
редактора**

Л.П. Боровских, Ф.Ф. Пащенко

Редактор

Т.А. Гладкова

Выпускающий редактор

Л.В. Петракова

Издатель

ООО «СенСиДат-Контрол»

Адрес редакции
117997, ГСП-7, Москва,
ул. Профсоюзная, д. 65, к. 272.
Тел./факс (495) 334-92-00

E-mail: pu@ipu.ru
www.ipu.ru/period/pu

Оригинал-макет
и электронная версия
подготовлены
ООО «ЭЛЕКТРОНИНФОРМ»

Отпечатано с готовых диапозитивов
в типографии ГКС

Подписано в печать
3.05.2007 г.

Заказ № РВ307

Журнал зарегистрирован
в Министерстве
Российской Федерации
по делам печати,
телерадиовещания
и средств массовых
коммуникаций

Свидетельство о регистрации
ПИ №77-11963
от 06 марта 2002 г.

Журнал входит в Перечень ведущих
рецензируемых журналов и изданий,
в которых должны быть опубликованы
основные научные результаты
диссертаций на соискание ученой
степени доктора и кандидата наук

Подписные индексы:
81708 в каталоге Роспечати
38006 в объединенном каталоге
«Пресса России»

ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

3.2007

СОДЕРЖАНИЕ

Обзоры

Авдеева З.К., Коврига С.В., Макаренко Д.И., Максимов В.И. Когнитивный подход в управлении 2

Управление в социально-экономических системах

Алескерев Ф.Т., Андришина Н.А., Хуторская О.Е., Якуба В.И. Консультационная система оценки удовлетворенности населения деятельностью администрации региона 9

Воробьева Т.В. Модель устойчивого экономического роста 14

Гусев В.Б. Равновесные модели многоресурсных саморазвивающихся систем 18

Власова М.А. Модель прогнозно-программного комплекса для оценки альтернативных инвестиционных стратегий государства 25

Вересников Г.С. Идентификация экологических ситуаций в процессе экологического мониторинга 30

Управление технологическими процессами

Амбарцумян А.А. НЕР-системы управления технологическими процессами — новый тип систем, ориентированный на технологическую безопасность и защиту от ошибок персонала 35

Кузнецов Л.А. Управление качеством в сложных технологических процессах 47

Информационные технологии в управлении

Жожикашвили В.А., Билик Р.В., Трошенко А.Ю. и др. Интеграция систем массового обслуживания на основе речевых технологий и web-сервисов 54

Чобану М.К. Системы многоскоростной обработки многомерных сигналов. Ч. II . 58

Краткие сообщения

Афанасьева К.Е., Ширяев В.И. Идентификация состояния и прогнозирование регионального рынка 63

Спиро А.Г. Цифровая индикация особых фигур на графиках одного вида представления котировок акций фондового рынка 66

Письма в редакцию

Эпштейн В.Л. О контрпродуктивности использования наукометрического показателя результативности научной деятельности для будущего России 70

Хроника

XIV международная конференция «Проблемы управления безопасностью сложных систем» 73

* * *

Contents & abstracts 76

КОГНИТИВНЫЙ ПОДХОД В УПРАВЛЕНИИ

З. К. Авдеева, С. В. Коврига, Д. И. Макаренко, В. И. Максимов

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

Представлен краткий обзор когнитивного подхода в моделировании и управлении. Выделен класс управленческих задач, для решения которых целесообразно применение когнитивного моделирования. Сформулированы основные определения. Представлен метод формирования стратегии решения слабоструктурированных проблем на основе когнитивных моделей применительно к социально-экономическим системам. Обозначены некоторые направления дальнейшего развития когнитивного подхода.

Светлой памяти
Ивери Варламовича Прангишвили посвящается

ВВЕДЕНИЕ

В последние десятилетия самостоятельной научной дисциплиной стала теория принятия решений, исследующая задачи управления системами различной природы (техническими, биологическими, социально-экономическими). В теории принятия решений активно применяются методы математики, психологии, информатики [1]. Одно из новых направлений современной теории поддержки и принятия решений заключается в когнитивном моделировании при исследовании управления слабоструктурированных систем и ситуаций [2–12 и др.], которое развивается в нескольких научных подразделениях Института проблем управления им. В. А. Трапезникова РАН [13–26]. Академик ГАН И. В. Прангишвили, говоря о методах эффективного управления сложными системами, выделил среди оправдавших себя на практике научных методов повышения эффективности управления в организационных, социально-экономических и политических системах *когнитивное моделирование* для решения слабоструктурированных проблем, которые часто встречаются при управлении сложными системами [27, 28].

Основная цель статьи состоит в формировании целостного представления о когнитивном подходе, активно развивающемся сегодня в науке управления и смежных науках (социологии, экономике и др.), дальнейшем уточнении его базовых понятий в науке управления, которое начато в работе [26], и выделении класса управленческих задач, для решения которых целесообразно применение когнитивного моделирования.

1. КРАТКАЯ ИСТОРИЯ СТАНОВЛЕНИЯ КОГНИТИВНОГО ПОДХОДА

Истоки понятия «когнитивная карта» лежат в психологии. В рамках изучения особенностей познания человеком своего окружения фундаментальное значение приобрело исследование *когнитивных карт*¹ — субъективных представлений о пространственной организации внешнего мира. Когнитивная карта — понятие, относящееся к познавательным процессам, связанным с приобретением, репрезентацией и переработкой информации об окружающей среде, в ходе которых субъект не является пассивным наблюдателем, а активно взаимодействует со средой [30]. Формирование когнитивных карт² у субъекта понимается как процесс, состоящий из серии психологических преобразований, с помощью которых субъект приобретает, хранит, копирует, вспоминает, манипулирует информацией об относительных положениях и атрибутах его пространственного окружения. Этот процесс является существенным компонентом принятия решений при пространственном поведении [30]. Психологические исследования в большей степени ориентированы именно на изучение этих про-

¹ Впервые понятие «когнитивная карта» было введено в 1948 г. психологом Э. Толменом как образ пространственного окружения [29].

² Например, карта-путь как последовательное представление связей между объектами по определенному маршруту или карта-обозрение как одновременное представление пространственного расположения объектов.



цессов и их влияния на формирование тех или иных представлений, позволяющих субъекту действовать и принимать решения в окружающей обстановке.

В политологии и социологии когнитивное моделирование как методика развивалось в 1960—1980-х гг. американским исследователем Р. Аксельродом и его коллегами в США и Скандинавии [2, 3]. В этих науках понятие «когнитивная карта» не связывается с пространственной ориентацией и трактуется как схематичное представление субъектом фрагмента картины мира, относящегося к конкретной проблемной ситуации. «Когнитивная карта — это способ репрезентации мыслительных структур, ориентированный на конкретную проблему и позволяющий моделировать процесс мышления политика при обдумывании им действия, которое способствует идентификации будущих событий» [3]. Построение и анализ когнитивных карт позволили выявить представленную в политических текстах каузальную структуру рассуждений и на основании этого делать выводы о видении автором текста политической ситуации, определять факторы, которые учитывают политики при принятии решений. Аксельрод Р. развивал методику когнитивного моделирования, опираясь на идеи психологии [31], причинного вывода [32], теорию графов и теорию принятия решений [2]. В качестве основных проблем принятия решения им были выделены проблемы объяснения ситуации; проверки гипотез о том, как устроена ситуация; прогнозирования; выбора решения из ряда альтернатив.

На основе исследований Р. Аксельрода и его коллег показано, что в сложных ситуациях субъект склонен упрощать представление о ситуации, не замечать обратные связи и т. п. Как следствие, при принятии решений не учитываются отдаленные последствия, взаимосвязи различных проблем и т. п.

Модели, построенные на когнитивных картах, Р. Аксельрод относил к нормативным моделям в том смысле, что они организуют познавательную деятельность субъекта при выработке решений: как и любая формализация, когнитивная карта и методы ее исследования предписывают субъекту, как он должен принимать решения в сложных ситуациях. Эмпирические исследования ряда авторов позволили показать, что применение методов когнитивного моделирования позволяет повысить эффективность принятия решений в слабоструктурированных проблемах: уточнить представление субъекта о проблеме, найти противоречия, понять других субъектов и др.

В то же время, Р. Аксельрод отмечает недостаток формальных методов построения когнитивных карт, ориентированных на достоверность и интерпретируемость результатов анализа проблемных ситуаций [2].

Методы когнитивного моделирования нашли применение при коллективной выработке и принятии решений (работы Д. Харта, Ф. Робертса и др.) [2]. Английский ученый К. Иден разработал общий подход к построению коллективных карт [4], опираясь на исследования в области психологии принятия решений, в частности, на теорию персональных конструкторов Дж. Келли [33]. К. Иден подчеркивает важность положений Дж. Келли о том, что эффективность взаимодействия в группе лиц, занимающихся принятием решений, существенно зависит от того, насколько каждый участник по-

нимает способы интерпретации ситуаций другими членами группы.

Применение методов когнитивного моделирования в социологии и политологии, как правило, направлено на выявление представлений субъекта, принимающего решения в различных ситуациях; на разрешение субъективных конфликтов, вызванных различиями в представлениях о проблеме, отсутствием взаимопонимания между взаимодействующими субъектами.

Развитие методов когнитивного моделирования в значительной мере обусловлено необходимостью исследования *слабоструктурированных систем (СС) и ситуаций*, которые включают в себя множество элементов различной природы, и зависимости между элементами которых носят как количественный, так и качественный характер. Когнитивный подход к исследованию слабоструктурированных ситуаций был предложен Р. Аксельродом и Ф. Робертсом³ [2, 6] из-за ограниченности применимости точных моделей для построения моделей СС и исследования поведения изучаемой системы, подготовки и принятия управленческих решений по разрешению слабоструктурированных проблем⁴ и ситуаций, возникающих при функционировании и развитии таких систем. При таком подходе в основе построения моделей СС или ситуации лежит *субъективное понимание и представление субъекта управления о параметрах управляемой системы и связях между ними*. Когнитивная карта как образ внутренних представлений субъекта служит «инструментом для формирования и уточнения гипотезы о функционировании исследуемого объекта, рассматриваемого как сложная система. Для того чтобы понять и проанализировать поведение сложной системы, целесообразно построить структурную схему причинно-следственных связей. Когнитивная карта особенно полезна для анализа действия трудно формализуемых факторов, измерение которых часто является очень сложной проблемой... Анализируя свои и чужие когнитивные карты, исследователь может быстро углубить понимание проблемы, улучшить качество и обоснованность принимаемых решений. Кроме того, когнитивная карта является удобным средством для изменения устоявшихся стереотипов, способствует генерации новых точек зрения» [5].

В настоящее время когнитивный подход к исследованию СС активно развивается в России и за рубежом [7—9, 11—26]. Одна из характерных тенденций этого развития состоит в поиске механизмов, объединяющих различные научные направления исследований проблем принятия решений при управлении СС.

2. КЛАСС УПРАВЛЕНЧЕСКИХ ЗАДАЧ, ДЛЯ РЕШЕНИЯ КОТОРЫХ ЦЕЛЕСОБРАЗНО ПРИМЕНЕНИЕ КОГНИТИВНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

В науке управления в традиционных теоретических методах внимание концентрируется на процессах поиска оптимального решения из фиксированного набора

³ Р. Аксельрод в большей степени занимался развитием методологии, а Ф. Робертс — математического аппарата.

⁴ Понятие «слабоструктурированная проблема» (Ill-structured) было введено Г. Саймоном [34].

альтернативных решений для достижения четко поставленной цели. Вопросы *идентификации проблем, формирования целей* и множества альтернатив их достижения зачастую остаются в стороне. В реальных управленческих ситуациях очень часто возникает задача, которая состоит не только и не столько в том, чтобы сделать выбор между альтернативными решениями, сколько в том, чтобы проанализировать ситуацию для *выявления реальных проблем и причин их появления*. Понимание проблемы — обязательное предварительное условие нахождения приемлемого решения. Для СС характерны проблемы, которые с трудом поддаются вычленению в исследуемой управленческой ситуации, что ограничивает возможности применения традиционных методов поиска оптимального (или даже удовлетворительного) решения в задачах управления такими системами.

Одна из причин заключается в недостатке информации о состоянии СС в условиях слабо контролируемой и изменяющейся внешней среды. Отсутствие достаточных знаний о системе, относительно которой принимается решение, не является единственной неопределенностью, обусловленной субъективными причинами. Также можно выделить неопределенность целей развития СС и критериев выбора управленческого решения [1, 35]. Как правило, неудовлетворенность текущим состоянием системы осознается субъектом управления, но его представления о причинах и возможных способах изменения ситуации в СС размыты, нечетки и противоречивы. Формализация нечетких представлений — одна из главных задач, которую надо решать при разработке моделей и методов принятия решений в слабоструктурированных ситуациях [1].

Важно также учесть, что субъекту управления очень часто приходится принимать решения в постоянно изменяющихся условиях и при ограниченных временных ресурсах.

Другая трудность связана с тем, что субъекту управления приходится манипулировать качественной информацией в виде гипотез (предположений), интуитивных понятий и смысловых образов. Многочисленные исследования процессов принятия решений подтверждают, что субъекту управления несвойственно мыслить и принимать решения только в количественных характеристиках. Он мыслит, прежде всего, качественно, и для него поиск решения — это поиск, в первую очередь, *замысла решения*, где количественные оценки играют вспомогательную роль [1]. Поэтому структуры знания в мышлении субъекта управления оказываются важнейшими элементами ситуации, неустранимыми из модели принятия решений.

Особенность исследования СС состоит в том, что процесс подготовки и принятия решений по управлению СС, как правило, представляет собой групповую деятельность. Каждый участник этого процесса понимает проблемную ситуацию, исходя из «своих» внутренних представлений и знаний (картины, модели мира) о ситуации. Картина мира включает в себя набор убеждений, особенностей восприятия, ценностных и практических установок субъекта, которыми он руководствуется в своей деятельности и влияет на процесс разрешения проблемной ситуации.

Таким образом, подготовку и принятие решений в задачах управления СС следует рассматривать как *сложный интеллектуальный процесс разрешения проблем*, не сводимый исключительно к рациональному выбору. Для поддержки этого процесса требуются новые подходы к разработке формальных моделей и методов решения проблем и формирования целей развития СС, особенно на ранних этапах подготовки управленческих решений. В работах О. И. Ларичева и А. Б. Петровского [36, 37] отмечается, что первый этап при применении методов принятия решений — «предварительный анализ проблемы и ее структуризация» — наиболее сложный и трудно формализуемый. На этом этапе к работе привлекаются «опытные консультанты-аналитики», а арсенал применяемых методов, как правило, включает в себя эвристические экспертные методы (мозговой штурм, интервьюирование и т. п.).

Когнитивный подход к моделированию и управлению СС направлен на разработку формальных моделей и методов, поддерживающих интеллектуальный процесс решения проблем благодаря учету в этих моделях и методах когнитивных возможностей (восприятие, представление, познание, понимание, объяснение) субъектов управления при решении управленческих задач.

Имеющийся положительный опыт применения моделей и методов, разработанных на основе когнитивного подхода (см., например, работы [7, 12, 38]), свидетельствует о целесообразности развития последнего при решении задач управления СС.

3. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И МОДЕЛИ В СОВРЕМЕННОМ КОГНИТИВНОМ МОДЕЛИРОВАНИИ

Ключевые понятия, сложившиеся и широко используемые в рамках когнитивного подхода и его различных школ, в публикациях зачастую не определяются; при этом нередко возникает неоднозначность понимания вплоть до противоречий как из-за различий понимания в разных школах, так и, в некоторых случаях, в рамках одной школы. Авторами статьи предпринята попытка уточнить некоторые основные понятия когнитивного подхода к решению задач анализа и управления СС. Здесь также кратко рассмотрены основные типы математических моделей, используемых в современном когнитивном подходе к решению задач анализа и управления СС.

Когнитивное моделирование в задачах анализа и управления СС — это исследование функционирования и развития слабоструктурированных систем и ситуаций посредством построения *модели СС* (ситуации) на основе когнитивной карты⁵. В этой модели *когнитивная карта* [7, 8, 13—15, 26] отражает субъективные представления (индивидуальные или коллективные) исследуемой про-

⁵ Важно отметить, что модель включает в себя когнитивную карту как обязательный элемент наряду с возможными другими параметрами. Во многих публикациях, развивающих когнитивный подход к управлению СС, когнитивную карту часто отождествляют с когнитивной моделью. Однако следует помнить, что в психологических исследованиях понятие «когнитивная модель» связывается с ментальной моделью субъекта, порожденной под воздействием его познавательных возможностей.



блемы, ситуации, связанной с функционированием и развитием СС⁶. Основными элементами когнитивной карты являются базисные факторы⁷ (или просто факторы) и причинно-следственные связи между ними [7, 8, 13–15, 26].

Содержательно, *базисные факторы* — это факторы⁸, которые определяют и ограничивают наблюдаемые явления и процессы в СС и окружающей ее среде и интерпретированы субъектом управления как существенные, ключевые параметры, признаки этих явлений и процессов.

При становлении когнитивного подхода принятым было формальное представление когнитивной карты в виде *знакового графа*, т. е. ориентированного графа, вершинам которого сопоставлены факторы, а ребрам — знаки (+ или –). В последнее время все чаще когнитивная карта представляется в виде *взвешенного графа*, в котором вершинам сопоставляются факторы, а ребрам — веса в той или иной шкале. Поэтому можно принять, что формально общей для всех работ когнитивного подхода является когнитивная карта в виде знакового или взвешенного графа над множеством факторов.

Различные интерпретации вершин, ребер и весов на ребрах, а также различные функции, определяющие влияние связей на факторы, приводят к различным модификациям когнитивных карт и средствам их исследования [26]. При этом интерпретации могут различаться как в содержательном плане, так и в математическом. Благодаря наличию множества модификаций когнитивных карт можно говорить о различных типах моделей, основу которых составляют эти карты.

Выбор способа структурирования слабоструктурированных систем и ситуаций в виде множества факторов и причинно-следственных связей между ними не случаен⁹. Он обусловлен тем, что явления и процессы функционирования и развития СС включают в себя различные события, тенденции, определяемые многими факторами, причем каждый в свою очередь влияет на некоторое число других факторов. Образуются сети причинных отношений между ними [5, 8, 39, 41]. В книге известного

немецкого психолога Д. Дернера¹⁰ [39], посвященной исследованию мышления субъекта управления и анализу причин ошибок при разрешении проблемных ситуаций в функционировании и развитии сложных систем, указывается, что «сиюминутная ситуация с ее признаками — это только актуальное состояние системы и ее переменных. Следует не только понимать, что происходит, но и предвидеть, что произойдет или может произойти в будущем, а также предположить, как будет изменяться ситуация в зависимости от конкретных вмешательств. Для этого требуется структурное знание, т. е. знание о том, как системные переменные взаимосвязаны и влияют друг на друга». Д. Дернер отмечает, что в идеальном варианте это знание представляется в форме «математических функций», но в случае невозможности построения последних применимы схемы причинно-следственных отношений, позволяющие реконструировать различного рода предположения (гипотезы), содержащиеся в голове субъекта управления, причем не в виде «каузальных цепей», а в виде «каузальных сетей».

Исследование взаимодействия факторов позволяет оценивать «распространение влияния по когнитивной карте, изменяющее их состояние (значение). Поведение (состояние) системы может быть описано на основе значений системных переменных, что делает возможным использование классических подходов из теории систем, в частности, для моделирования, анализа динамики, управления... Анализ когнитивной карты позволяет выявить структуру проблемы (системы), найти наиболее значимые факторы, влияющие на нее, оценить воздействие факторов (концептов) друг на друга. Если в когнитивной карте выделены целевые и входные концепты, на которые можно воздействовать, то круг решаемых задач включает оценку достижимости целей, разработку сценариев и стратегий управления, поиск управленческих решений» [8].

Задачи анализа ситуаций на основе когнитивных карт можно разделить на два типа: статические и динамические [26]. *Статический анализ*, или анализ влияний — это анализ исследуемой ситуации посредством изучения структуры взаимовлияний когнитивной карты. Анализ влияний выделяет факторы с наиболее сильным влиянием на целевые факторы, т. е. факторы, значения которых требуется изменить. *Динамический анализ* лежит в основе генерации возможных сценариев развития ситуации во времени. Таким образом, возможности решения задач анализа и управления определяются типом используемых моделей — статических или динамических.

Для проведения обоих видов анализа, как правило, применяется математический аппарат двух типов: аппарат линейных динамических систем и аппарат нечеткой математики.

В сравнительно недавних обзорах довольно подробно освещены современные направления когнитивного подхода для моделей, основанных на нечеткой математике [7–9], и статических моделей (при применении различного математического аппарата) [26].

¹⁰ Д. Дернер явно не использует понятие «когнитивная карта», но по существу в своей работе пишет именно о них.

⁶ В рамках формирования когнитивного подхода в науке управления термин «когнитивная карта» понимается в широком смысле, т. е. не связывается с представлениями в контексте пространственной ориентации, как это принято в психологических исследованиях (см. § 1).

⁷ В различных публикациях также используется термины «концепт» [2–4, 7–11], «параметр» [6, 20, 23] или «переменная» [39].

⁸ Фактор (от лат. factor — действующий, производящий) — причина, движущая сила какого-либо процесса, явления, определяющая его характер или отдельные его черты [40].

⁹ Различают пять видов когнитивных карт по типу используемых отношений [8, 10]: 1) оценивающих фокусирование внимания, ассоциации и важность понятий (концептов); 2) показывающих размерность категорий и когнитивных таксономий; 3) представляющих влияние, причинность и системную динамику (каузальные когнитивные карты); 4) отражающих структуру аргументов и заключений; 5) иллюстрирующих фреймы и коды восприятия. Практика применения когнитивных карт показывает, что для исследования СС целесообразно применение карт третьего вида [8].

Вкратце остановимся на современных исследованиях СС и ситуаций, использующих линейные динамические модели, которые представлены работами [13–18, 20–23].

Формально в линейной динамической модели, основу которой составляет когнитивная карта, фактор определяется как переменная, принимающая значения из некоторой числовой шкалы.

Изменение значений факторов во времени задается формулой [6, 8, 14, 16, 20, 21]:

$$x_i(t+1) = x_i(t) + \sum_{j \in I_i} a_{ij}(x_j(t) - x_j(t-1)), \quad i = 1, \dots, N,$$

где $x_i(t+1)$ и $x_i(t)$ — значения i -го фактора в моменты времени $t+1$ и t соответственно; $x_j(t) - x_j(t-1) = \Delta x_j(t)$ — приращение фактора x_j в момент времени t , характеризующее темп изменения (тенденцию) фактора x_j ; a_{ij} — вес влияния фактора x_j на фактор x_i ; I_i — множество номеров факторов, непосредственно влияющих на фактор x_i .

В работах научного коллектива В. В. Кульбы [20, 21] предложен подход к анализу устойчивости СС, основанный на методологии знаковых и функциональных графов и импульсных процессов на них. Центральным вопросом в исследованиях становится устойчивость систем и поиск стратегий управления на основе модификации структуры с целью стабилизации моделируемых процессов. В рамках созданного подхода исследуется явление резонанса, возникающего в результате взаимодействия циклов. Ставится и решается задача аппроксимации произвольного орграфа орграфом специальной структуры — розой. Разработана методология формирования сценариев развития СС, которая позволяет исследовать их поведение при различных управляющих воздействиях [22, 23]. Исследование динамики процессов СС основано на допущении возможности модификации структуры модели. Изменение структуры модели, например, установление или удаление взаимосвязей между факторами, сопряжено с учетом ограничений, учитывающих возможность предметной интерпретации полученных решений.

Опыт применения моделей, построенных на когнитивных картах, для решения слабоструктурированных проблем показал, что в ряде случаев модификация структуры сложно интерпретируется в терминах предметной области. Работы В. И. Максимова и его коллег в большей степени ориентированы на анализ устойчивых процессов в модели, поскольку наличие устойчивости лучше поддается корректной предметной интерпретации исследуемых явлений [13, 14]. В качестве входных параметров моделирования задаются начальные темпы изменения факторов (начальные тенденции), характеризующие предысторию изменения исследуемой ситуации. Собственно значения факторов не фиксируются, т. е. моделируется динамика изменения ситуации на основе приращений факторов.

Особое внимание в исследованиях научного коллектива В. И. Максимова уделяется поиску и разработке методов структуризации первичных представлений субъекта управления, направленных на построение когнитивных карт, и повышению технологичности, научно-методической и инструментальной поддержки решения практических задач управления. Разработаны метод

структурно-целевого анализа развития СС; подход к исследованию конфликтных ситуаций, порождаемых противоречиями в интересах субъектов, которые оказывают влияние на развитие исследуемой системы; подход и методы решения слабоструктурированных проблем и формирования сценариев развития СС [16, 17, 19] (см. третью страницу обложки). При этом *проблема* определяется как несоответствие существующего состояния СС или его динамики желательному состоянию, которое задано субъектом управления. Комплексное применение перечисленных методов позволяет проводить статический и динамический анализ при исследовании СС.

4. МЕТОД ФОРМИРОВАНИЯ СТРАТЕГИИ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ РАЗВИТИЯ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Типичным классом СС, для решения проблем развития которых целесообразно применение когнитивного моделирования, являются социально-экономические системы (СЭС).

В общем виде *управление развитием* СЭС можно представлять как построение стратегии развития системы, определяющей основные цели, общие направления их достижения и ее реализацию.

Один из ключевых этапов построения стратегии управления СЭС состоит в выявлении проблем развития системы, оказывающих негативное влияние на достижение стратегических целей управления.

Далее представлена общая схема метода формирования стратегии решения слабоструктурированных проблем на базе линейных динамических моделей, основу которых составляет когнитивная карта, применительно к СЭС.

Задача управления состоит в переводе СЭС в одно из состояний, соответствующих *целевому образу* системы. В предлагаемом подходе допускается определение состояния системы как в значениях факторов модели, так и в темпах изменения факторов.

В описываемом в статье варианте состояние СЭС определяется темпами изменения факторов модели, и, соответственно, исследуется динамика изменения моделируемой ситуации на основе тенденций факторов.

Целевой образ СЭС определяет желательные направления изменения состояния системы с позиции субъекта управления и формально представляется как

$$C = (X^C, R(X^C)), \quad (1)$$

где X^C — подмножество целевых факторов, $X^C \subseteq X$ (X — множество факторов модели); $R(X^C)$ — вектор оценок динамики факторов, определяющий желательные направления изменения целевых факторов:

$$R(x_i^C) = \begin{cases} +1, & \text{если желательно ускорение темпов} \\ & \text{изменения фактора } x_i^C, \\ -1, & \text{если желательно замедление темпов} \\ & \text{изменения фактора } x_i^C. \end{cases}$$

Стратегия решения проблем развития СЭС состоит из w стратегических шагов, которые задают последовательность изменений состояний системы

$$S^0 \rightarrow S^1 \rightarrow S^2 \rightarrow \dots \rightarrow S^m \rightarrow S^C,$$



где S^0 — исходное состояние, S^C — целевое состояние, соответствующее целевому образу (1), $S^i \rightarrow S^{i+1}$ — *стратегический шаг*, на котором выявляется проблема и на основе ее анализа на множестве факторов X модели выделяется подмножество локальных целей (целевых факторов) и подмножество управлений (управляющих факторов), изменение которых приводит к желательному изменению целевых факторов.

Каждый стратегический шаг $S^i \rightarrow S^{i+1}$ включает в себя:

— выявление проблемы на базе моделирования саморазвития [14, 16] начального состояния i -го шага, в результате которого проблема уточняется в виде подмножества факторов P^i , изменение которых не соответствует целевому образу;

— диагностирование проблемы путем построения «подграфа причин» и структурно-целевого анализа [16, 17, 42] в целях выделения из факторов P^i подмножества локальных непротиворечивых целевых факторов Y^i и поиска вариантов управлений (подмножеств управляющих факторов) U_j^i , способствующих изменению факторов Y^i в желательном направлении. Непротиворечивость целевых факторов означает, что желательное изменение любого целевого фактора из Y^i не приводит к нежелательному изменению остальных факторов из Y^i ;

— моделирование управляемого развития системы, на основании которого формируются различные сценарии управляемого развития для разрешения проблемы с применением найденных вариантов управлений U_j^i и проводится сравнительная оценка сценариев с целью выбора оптимального для данного стратегического шага [14, 16, 18, 19, 42];

— переопределение начального состояния для очередного стратегического шага путем преобразования $L(S^{i*})$ значений факторов результирующего состояния S^{i*} системы на текущем шаге [42] с учетом результатов мониторинга (контроля) изменений значений факторов и их взаимовлияний, которые обусловлены изменениями во внешней среде [19, 42].

На следующем шаге цикл повторяется, так как при новых исходных условиях могут возникнуть новые проблемы, мешающие желательному развитию СЭС.

Процесс построения стратегии заканчивается при достижении удовлетворительного результата, который состоит в том, что в условиях заданных ограничений (неизменность структуры модели, ограничения на ресурс управления и т. п.) удается достичь максимального приближения к желательному состоянию системы, соответствующему целевому образу [42]. Это означает, что, начиная с некоторого стратегического шага, оценка целенаправленного развития системы, заданная в виде функционала степени достижения целей, не изменяется.

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ. НЕКОТОРЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ДАЛЬНЕЙШИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Опыт применения различных моделей и методов на базе когнитивного подхода (в России и за рубежом), повышающийся интерес управленцев-практиков к разра-

боткам в данном направлении показывают целесообразность развития данного подхода в управлении. Отметим наличие некоторых нерешенных (или отчасти решенных) проблем. Выделим некоторые направления исследований, которыми авторы статьи предполагают заниматься в рамках дальнейшего развития когнитивного подхода в моделировании и управлении.

● *Разработка теоретических основ, методов и технологической построения моделей на базе когнитивного подхода при исследовании слабоструктурированных систем и ситуаций.* В этом направлении планируется сформировать основные принципы и систему критериев, ориентированные на повышение достоверности формализации первичных знаний (представлений) [43—46]. Разрабатывается общая концептуальная схема управления процессом построения модели слабоструктурированной системы (ситуации).

Разрабатывается подход к формализации первичных представлений о слабоструктурированной проблеме в виде коллективной когнитивной карты в целях обобщения и согласования разных представлений у носителей проблемы, компетентных в различных предметных областях знаний. Решение этой задачи опирается на разработанные методы концептуальной структуризации [42] и критерии и частные технологии формирования и согласования коллективных понятий [47].

Планируется цикл работ по интеграции когнитивного подхода и методов теории активных систем, поскольку в обоих научных направлениях большое значение отводится исследованию сложных систем, в которых одними из основных элементов являются активные субъекты, существенно влияющие на эффективность управления системой.

● *Развитие инструментальных средств поддержки интеллектуальной деятельности человека при управлении развитием слабоструктурированных систем и ситуаций.*

В настоящее время разработан программно-аналитический комплекс, в котором реализованы функции построения моделей на основе когнитивных карт, структурно-целевого анализа, сценарного моделирования и сравнительной оценки сценариев [18].

Модульная архитектура разработанного комплекса позволяет наращивать его другими инструментальными средствами решения различных задач управления, а также взаимодействовать с современными информационно-аналитическими системами (например, системами сбора и анализа информации, ERP-системами).

ЛИТЕРАТУРА

1. Диев В. С. Нечеткость в принятии решений // *Философия науки.* — 1998. — № 1 (4). — С. 45—52.
2. *Structure of Decision. The Cognitive Maps of Political Elites /* Ed. by R. Axelrod. — Princeton: Princeton University Press, 1976. — 405 p.
3. Херадтвейт Д., Нарвесен У. Психологические ограничения на принятие решения // *Язык и моделирование социального взаимодействия.* — Благовещенск: БГК им. И. А. Бодуэна де Куртенэ, 1998. — С. 381—487.
4. Eden C. Cognitive mapping // *Eur. J. of Operational Res.* — 1988. — Vol. 36, N 1. — P. 1—13.
5. Плотинский Ю. М. Модели социальных процессов. — М.: Логос, 2001. — 296 с.

6. Робертс Ф. Дискретные математические модели с приложениями к социальным, биологическим и экологическим задачам. — М.: Наука, 1986.
7. Компьютерная поддержка сложных организационно-технических систем / В. В. Борисов, И. А. Бычков, А. В. Деметьев и др. — М.: Горячая линия — Телеком, 2002. — 154 с.
8. Федулов А. С. Нечеткие реляционные когнитивные карты // Теория и системы управления. — 2005. — № 1. — С. 120—132.
9. Силов В. Б. Принятие стратегических решений в нечеткой обстановке. — М.: ИНПРО—РЕС, 1995. — 228 с.
10. Huff A. S. Mapping strategic thought. — Chichester: Wiley, 1990. — P. 11—49.
11. Kosko B. Fuzzy cognitive maps // Intern. Journal of Man-Machine Studies. — 1986. — Vol. 1. — P. 65—75.
12. Горелова Г. В., Джаримов Н. Х. Региональная система образования, методология комплексных исследований. — Майкоп, 2002. — 360 с.
13. Корноушенко Е. К., Максимов В. И. Управление процессами в слабоформализованных средах при стабилизации графовых моделей среды // Тр. И-та проблем управления РАН. — М., 1999. — Т. 2. — С. 82—94.
14. Максимов В. И., Корноушенко Е. К. Аналитические основы применения когнитивного подхода при решении слабоструктурированных задач // Там же. — С. 95—109.
15. Максимов В. И. Когнитивные технологии — от незнания к пониманию // Тр. 1-й междунар. конф. «Когнитивный анализ и управление развитием ситуаций» (CASC'2001) / ИПУ РАН. — М., 2001. — Т. 1. — С. 4—41.
16. Максимов В. И. Структурно-целевой анализ развития социально-экономических ситуаций // Проблемы управления. — 2005. — № 3. — С. 30—38.
17. Коврига С. В., Максимов В. И. Применение структурно-целевого анализа развития социально-экономических ситуаций // Там же. — С. 39—43.
18. Авдеева З. К., Макаренко Д. И., Максимов В. И. Когнитивные технологии поддержки принятия решений при стратегическом управлении ситуациями // Информационные технологии. — 2006. (В печати).
19. Коврига С. В. Методические и аналитические основы когнитивного подхода к SWOT-анализу // Проблемы управления. — 2005. — № 5. — С. 58—63.
20. Кульба В. В., Миронов П. Б., Назаретов В. М. Анализ устойчивости социально-экономических систем с использованием знаковых оргграфов // Автоматика и телемеханика. — 1993. — № 7. — С. 130—137.
21. Модели, методы и автоматизация управления в условиях чрезвычайных ситуаций / С. А. Косяченко, Н. А. Кузнецов, В. В. Кульба, А. Б. Шелков // Там же. — 1998. — № 6. — С. 3—66.
22. Сценарии управления государством (на примере Союза Сербии и Черногории) / В. В. Кульба, Д. А. Кононов, И. В. Чернов, С. С. Янич // Проблемы управления. — 2005. — № 5. — С. 33—41.
23. Методы формирования сценариев развития социально-экономических систем / В. В. Кульба, Д. А. Кононов, С. А. Косяченко, А. Н. Шубин. — М.: СИНТЕГ, 2004. — 296 с.
24. Кулинич А. А. Когнитивная система поддержки принятия решений «Канва» // Программные продукты и системы. — 2002. — № 3.
25. Кулинич А. А., Титова Н. В. Интеграция нечетких моделей динамики и оценивания ситуаций // Тр. 5-й междунар. конф. «Когнитивный анализ и управление развитием ситуаций» (CASC'2005) / ИПУ РАН. — М., 2005. — С. 107—126.
26. Кузнецов О. П., Кулинич А. А., Марковский А. В. Анализ влияний при управлении слабоструктурированными ситуациями на основе когнитивных карт / В кн.: Человеческий фактор в управлении / Под ред. Н. А. Абрамовой, К. С. Гинсберга, Д. А. Новикова. — М.: КомКнига, 2006. — С. 313—344.
27. Прангишвили И. В. Системный подход и общесистемные закономерности. — М.: СИНТЕГ, 2000. — 528 с.
28. Прангишвили И. В. О методах эффективного управления сложными системами // Тр. 5-й междунар. конф. «Когнитивный анализ и управление развитием ситуаций» (CASC'2005) / ИПУ РАН. — М., 2005. — С. 7—15.
29. Tolman E. C. Cognitive maps in rats and men // Psychological Review 55. — 1948. — P. 189—208.
30. Зинченко Т. Память в экспериментальной и когнитивной психологии / Сер. «Мастера психологии». — СПб.: Питер, 2001. — 320 с.
31. Abelson R. P., Rosenberg M. J. Symbolic psycho-logic: A model of attitudinal cognition // Behavioral Science. — 1958. — № 3. — P. 1—13.
32. Shapiro M. J., Bonham G. M. Cognitive processes and foreign policy decision-making // International Studies Quarterly. — 1973. — № 17. — P. 147—174.
33. Kelly G. A. The Psychology of Personal Constructs. Vol. 1: A Theory of Personality. — N.-Y.: Norton, 1955.
34. Simon H. The Structure of Ill-structured Problems // Artificial Intelligence. — 1973. — Vol. 4. — P. 181—202.
35. Трахтенгерц Э. А. Субъективность в компьютерной поддержке решений. — М.: СИНТЕГ, 2001. — 256 с.
36. Ларичев О. И. Принятие решения как научное направление / В кн.: Системные исследования (ежегодник). — М.: Наука, 1983. — С. 227—244.
37. Ларичев О. И., Петровский А. Б. Системы поддержки принятия решений: современное состояние и перспективы развития // Итоги науки и техники. — М., 1987. — Т. 21. — С. 131—164.
38. Коврига С. В., Максимов В. И. Построение модели развития железнодорожного транспорта при взаимодействии с субъектами РФ в ходе реформирования // Тр. 1-й междунар. конф. «Когнитивный анализ и управление развитием ситуаций» (CASC'2001) / ИПУ РАН. — М.: 2001. — Т. 1. — С. 42—103.
39. Дёрнер Д. Логика неудачи. Стратегическое мышление в сложных ситуациях. — М.: Смысл, 1997. — 243 с.
40. Большая советская энциклопедия <<http://slovari.yandex.ru/>>.
41. Хейс Д. Причинный анализ в статистических исследованиях. — М.: Финансы и статистика, 1980. — 255 с.
42. Авдеева З. К. Методы формирования стратегий решения слабоструктурированных проблем на основе когнитивных моделей: Автореф... дисс. канд. техн. наук. — Воронеж: ВГТУ, 2006. — 23 с.
43. Абрамова Н. А., Коврига С. В., Новиков Ф. В. О достоверности формализованных знаний и некоторых критериях ее оценки // Тез. докл. 3-й Междунар. конф. по проблемам управления / ИПУ РАН. — М.: 2006. — Т. 2. — С. 157.
44. Абрамова Н. А., Коврига С. В. О некоторых аспектах формирования и согласования понятий и их влияния на качество интеллектуальной деятельности // Тез. докл. 2-й Междунар. конф. по когнитивной науке / СПГУ. — СПб.: 2006. — Т. 2. — С. 607.
45. Абрамова Н. А., Коврига С. В. О рисках, связанных с ошибками экспертов и аналитиков // Тр. 4-й междунар. конф. «Когнитивный анализ и управление развитием ситуаций» (CASC'2004) / ИПУ РАН. — М., 2004. — Т. 2. — С. 12—23.
46. Абрамова Н. А., Вассунов И. В. О влиянии формализации на адекватность когнитивной модели управленческой ситуации // Тр. 5-й междунар. конф. «Когнитивный анализ и управление развитием ситуаций» (CASC'2005) / ИПУ РАН. — М.: 2005. — С. 47—51.
47. Поиск подходов к решению проблем / И. В. Прангишвили, Н. А. Абрамова, В. Ф. Спиридонов и др. — М.: СИНТЕГ, 1999. — 192 с.

☎ (495) 334-78-00, e-mail: tax@ipu.ru

Статья представлена к публикации членом редколлегии Д. А. Новиковым. □

КОНСУЛЬТАЦИОННАЯ СИСТЕМА ОЦЕНКИ УДОВЛЕТВОРЕННОСТИ НАСЕЛЕНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ АДМИНИСТРАЦИИ РЕГИОНА

Ф. Т. Алескеров, Н. А. Андрюшина, О. Е. Хуторская, В. И. Якуба

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

Представлена компьютерная система оценки удовлетворенности населения деятельностью региональной администрации, в которой используются модели индивидуального поведения, пороговые модели агрегирования, модели взаимодействия показателей, модели факторного анализа и модели диспропорционального развития. Система позволяет выявить отношение населения к деятельности региональной администрации на основе набора параметров, характеризующих качество проживания населения, не пользуясь систематическими опросами общественного мнения.

ВВЕДЕНИЕ

Все большее влияние на жизнь людей оказывают региональные и муниципальные органы власти. Им приходится удовлетворять потребности общества, имея в своем распоряжении ограниченный объем ресурсов. При этом стоящие перед ними проблемы настолько разнообразны, что для их решения требуется разработка стратегии выявления приоритетных проблем, требующих немедленного внимания. В основе выработки управленческих решений, в первую очередь, должны учитываться интересы граждан.

Для выявления потребностей населения необходимо организовать «обратную связь», а это возможно только при проведении дорогостоящих социологических исследований. При анализе результатов социологических исследований необходимо учитывать сиюминутные настроения населения, связанные с конкретными событиями, происходящими в момент опроса. Например, в регионе повысились цены на основные продовольственные товары, что естественно вызывало недовольство населения. При проведении в этот период социологического опроса это недовольство, безусловно, отразится на полученных результатах.

В то же время существуют основные базовые критерии, определяющие условия проживания человека, не связанные с периодом проведения опроса населения: качество жилья и бесперебойная работа инженерной инфраструктуры, доступный и необходимый объем лечебной помощи, доступность детских образовательных

учреждений и школ с укомплектованным преподавательским составом, возможность проводить свой досуг в учреждениях культуры, отдыхать в благоустроенных зонах отдыха, не испытывать транспортные неудобства при передвижении, не волноваться из-за криминальной обстановки. И конечно, настроение населения определяют социально-экономические показатели — уровень безработицы, задержки заработной платы и т. п. Все эти латентные параметры формируют мнение о работе администрации. Отлаженная инженерная и социальная инфраструктура, благополучная экономическая ситуация в регионе — вот основные базовые критерии работы администрации, определяющие удовлетворенность каждого индивидуума. Но как выявить мнение населения и его отношение к администрации, не прибегая к систематическим и дорогостоящим социологическим опросам? Для этого нами разработана «Консультационная система оценки удовлетворенности населения деятельностью администрации региона» (далее Система).

Система служит инструментом для оценки соответствия принимаемых управленческих решений по развитию экономики и социальной сферы региона представлениям населения о повышении качества жизни. Она предназначена для расчета прогноза распределения мнения населения о работе администрации. В основе моделей для расчета прогноза лежит гипотеза о том, что удовлетворенность индивидуума оценивается по качеству условий его проживания и на основе «пороговых» оценок. Это качество представляется некоторым агрегированным показателем, включающим в себя набор раз-

нообразных параметров, характеризующих инженерную и социальную инфраструктуру, показатели социально-экономического состояния региона. В Системе используется базовый набор критериев, позволяющих оценивать основные аспекты уровня жизни населения. Включенные показатели не дают полного описания инженерной и социальной инфраструктуры, их задача дать представление о качестве жизни человека (человеку не важно, по какой технической причине нет электричества, газа или воды, важно отсутствие нормальных условий проживания).

При анализе информации в Системе используются:

— модели индивидуального поведения: модели классической полезности, модели пороговой полезности, модели гиперотношений, модели декомпозиции сложного выбора [1, 2];

— пороговые модели агрегирования: агрегирование комплектов, локальные и нелокальные модели [1, 3, 4];

— модели взаимодействия показателей: модели гиперотношений, модели суперпозиции выбора, модели принятия решений по степени удовлетворенности [1];

— модели факторного анализа [5]

— модели диспропорционального развития [6].

Применение расчетных моделей для прогноза распределения мнений населения о работе администрации позволяет избежать частых и дорогостоящих социологических опросов, вести непрерывный мониторинг ситу-

ации и оценивать эффективность принимаемых решений. С другой стороны, Система не исключает проведения социологических опросов, которые, в частности, могут «высветить» локальные проблемы конкретных территорий.

1. КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ СИСТЕМЫ

Параметры, включенные в Систему, зависят от уровня территориального образования и могут модифицироваться в зависимости от особенностей региона. В настоящее время практически используются консультационные системы оценки удовлетворенности населения деятельностью администрации: области; городского образования и муниципального образования.

Информация вводится с детализацией по районам и населенным пунктам субъекта РФ (микрорайонам, если такое районирование необходимо).

Рассмотрим особенности работы Системы на примере областного образования.

Структура областного образования включает в себя муниципальные районы и городские округа. Структура параметров системы характеризует муниципальные районы и городские округа области данными, необходимыми для расчета уровня удовлетворенности населения областной администрацией. В Систему включено 23 базовых параметра. Параметры типологизированы по

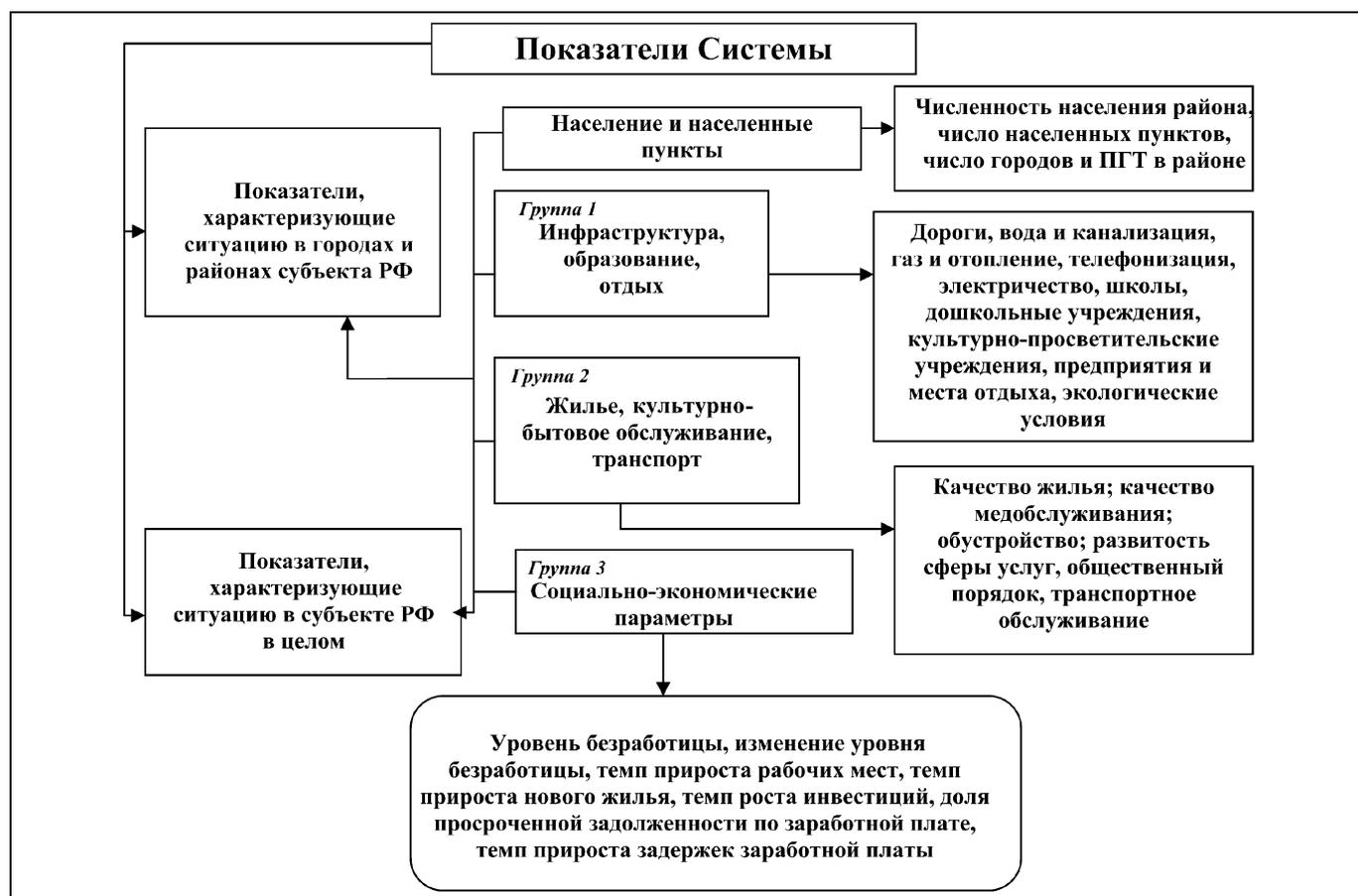


Рис. 1. Показатели Системы



трем группам, которые различаются между собой шкалой измерения значений параметров. Первая группа включает в себя параметры, связанные с инфраструктурой районов (населенных пунктов), развитостью на местах системы образования и отдыха. Вторая группа связана с качеством жилья, сферой обслуживания и общественным порядком. Каждый из параметров, составляющих первую и вторую группы, определяется своим набором показателей. Так, например, Система, созданная для одного из сибирских регионов, содержит для муниципальных районов до 92-х показателей. В третью группу входят так называемые макроэкономические показатели, характеризующие социально-экономическое положение муниципальных районов и городских округов в целом. Информация по показателям вводится в натуральных и относительных единицах, для повышения устойчивости результата часть информации вводится в ранговом виде. Перечень параметров, используемых системой, показан на рис. 1.

На основании полученных значений показателей рассчитывается агрегированная оценка по параметру. Для первой группы параметров оценка выставляется по трехбалльной шкале: «плохо—средне—хорошо». Для второй группы параметров оценка выставляется по 10-балльной шкале, где 1 означает «очень плохо», а 10 — «очень хорошо». Параметры третьей группы не дробятся на отдельные показатели и подлежат непосредственному измерению в процентных пунктах.

Для оценки качества жизни в рассмотрение вводится агрегированный нормированный индекс качества жизни $R \in [1, 0]$, включающий в себя уровень текущего состояния характеристик территориального образования по положению в демографической, экономической, коммунальной, социальной и экологической сферах.

Кратко опишем алгоритм «работы» Системы.

2. ПЕРЕХОД ОТ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ К КАЧЕСТВЕННЫМ ОЦЕНКАМ ПАРАМЕТРОВ

На данном этапе осуществляется построение промежуточных индексов и кластеризация параметров. Промежуточные индексы (один или несколько в зависимости от рассматриваемого параметра) строятся с помощью соответствующих процедур агрегирования, специфических для разных параметров. Агрегированные параметры Системы рассчитываются при помощи моделей агрегирования и моделей взаимодействия показателей. Пороговые значения исходных показателей определяются методами кластерного анализа. Совокупность агрегированных исходных значений параметров разбивается на группы «схожих» объектов таким образом, чтобы объекты одного класса находились на «близких» расстояниях между собой, а объекты разных классов — на относительно «отдаленных» расстояниях друг от друга. При этом каждый объект (параметр) рассматривался как точка в m -мерном пространстве. В Системе используются значения $m = 1$ и 2. Предварительно строятся гистограммы распределения значений агрегированных параметров, по которым определяются методами кластерного анализа пороговые значения этих показателей. На рис. 2 приведена гистограмма для агрегированного па-

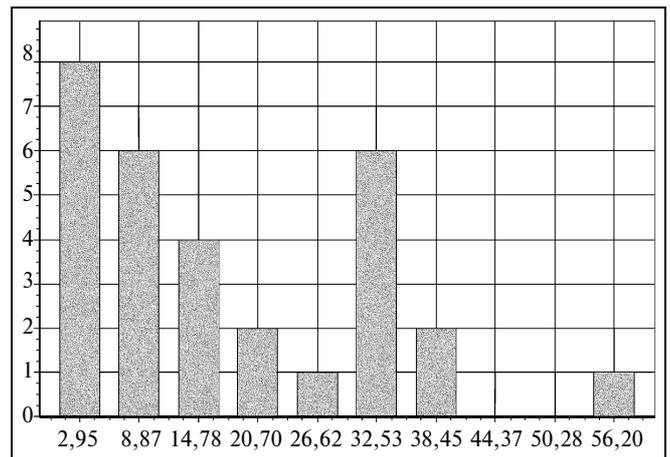


Рис. 2. Распределение районов по значениям параметра «вода/канализация» (по оси ординат отложено число районов с определенным диапазоном значений индекса качества водоснабжения и канализации, по оси абсцисс — индекс качества водоснабжения и канализации)

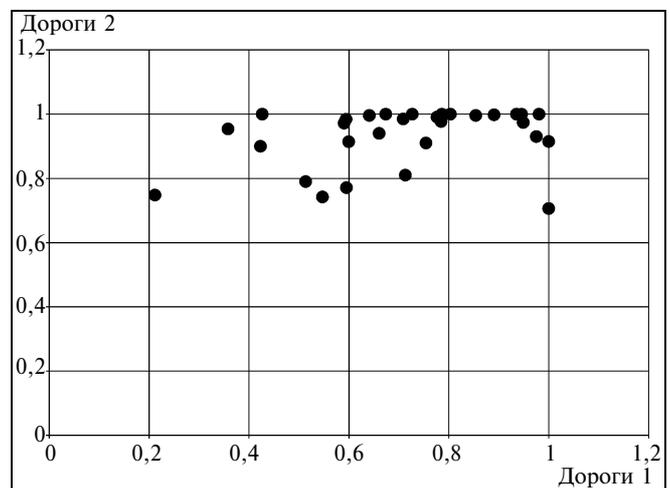


Рис. 3. Распределение районов по значениям параметров «дороги-1» и «дороги-2»

раметра «вода/канализация», полученного для рассматриваемых регионов.

Таким образом, на рис. 2 показано распределение муниципальных районов по уровню обеспеченности в соответствии с параметром «вода/канализация». Как видно из диаграммы, большое число районов области имеет низкий уровень обеспеченности. Районы со средним уровнем обеспеченности показали выброс на гистограмме распределения. И один район области показал максимум обеспеченности по данному показателю.

Параметр «дороги» рассчитывался с использованием двух промежуточных параметров — «протяженность дорог с твердым покрытием» и «процент» населения района без доступа к основному дорогам в зимнее время, гололед, распутицу», условно названных соответственно «дороги-1» и «дороги-2». Распределение значений по данным параметрам показано на рис. 3.

Как видно из рис. 3, наиболее существенные различия присутствуют по промежуточному параметру «дороги-1». Поэтому он наиболее информативен для проведения кластеризации и установления порогов агрегированного параметра «дороги». Для каждого параметра устанавливаются пороговые значения. Далее кластерным анализом определяется принадлежность района по параметру «дороги» к тому или иному классу («хорошо», «средне», «плохо»).

Процедура агрегирования для показателей других параметров строится по сходной или несколько иной схеме. Например, используется процедура предварительной кластеризации самих показателей, далее для каждого полученного класса определяются веса суммирования показателей. Полученный агрегированный индекс кластеризуется и параметр приобретает бальную оценку (1...10).

Применение различных способов построения промежуточных индексов и дальнейшее их использование в кластерном анализе позволяет перейти от количественных значений показателей к бальной оценке параметра, что повышает устойчивость результатов к малым изменениям исходных оценок.

3. ПОСТРОЕНИЕ ИНДЕКСА КАЧЕСТВА ЖИЗНИ В РАЙОНЕ

Используемые параметры разбиваются на блоки, которые включают в себя различное число параметров. Так, блок «Качество инфраструктуры» содержит пять параметров, а блок «Качество образования/отдыха» — четыре параметра. Для каждого блока используются различные процедуры ранжирования. Например, для блока из пяти параметров используется процедура порогового ранжирования по трехградационным («хорошо», «средне», «плохо» или 3, 2, 1) оценкам [7].

Строится преобразование $f: A \rightarrow R^1$, сопоставляющее некоторый ранг каждому вектору из множества векторов из n элементов (району, оцениваемому по n критериям в терминах «хорошо», «средне», «плохо») и удовлетворяющее следующим аксиомам (запись f_k означает, что преобразование f определено на множестве векторов из k элементов).

- Парето-доминирование:

$$\forall x, y \in A \forall i \in \{1, \dots, n\} : x_i \geq y_i$$

$$\text{и } \exists i_0 : x_{i_0} > y_{i_0} \Rightarrow f_n(x) > f_n(y),$$

т. е. если координаты вектора x не меньше координат вектора y и есть хотя бы одна координата вектора x , которая строго больше соответствующей координаты вектора y , то агрегированное значение для вектора x будет строго больше, чем для вектора y .

- Парная компенсируемость критериев:

$$\forall x, y \in A \exists i, j \in \{1, \dots, n\} : x_i = y_j \wedge x_j = y_i$$

$$\text{и } \forall k \neq i, j : x_k = y_k \Rightarrow f_n(x) = f_n(y),$$

т. е. если все координаты векторов x и y , кроме некоторых двух, равны, а в неравной паре координат значения в векторах x и y «взаимно обратные», то агрегированные значения для таких векторов будут равны.

- Пороговая некомпенсируемость:

$$\forall x \in A f_n(2, \dots, 2) > f_n(x) \text{ где } x : \exists i_0 \in \{1, \dots, n\}, x_{i_0} = 1.$$

Иначе говоря, если хотя бы одна координата в векторе x равна 1, то его агрегированное значение будет всегда меньше агрегированного значения вектора вида $(2, \dots, 2)$. Именно в этом и состоит пороговая модель агрегирования: даже если у какого-то вектора все компоненты, кроме одной (равной 1), равны 3, то его агрегированное значение будет меньше агрегированного значения вектора, имеющего все «средние» оценки. Иначе говоря, даже высокие оценки по всем остальным критериям не компенсируют очень низкого уровня оценки по другому критерию, а роль «порога» в данной модели играет вектор $(2, \dots, 2)$.

- Аксиома редукции:

$$\forall x, y \in A \exists i x_i = y_i \Rightarrow f_n(x) > f_n(y) \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow f_{n-1}(x_1, \dots, x_{i-1}, x_{i+1}, \dots, x_n) >$$

$$> f_{n-1}(y_1, \dots, y_{i-1}, y_{i+1}, \dots, y_n).$$

При $n = 2$ (не ограничивая общности, положим $i = 1$) $f_2(x) > f_2(y) \Leftrightarrow x_2 > y_2$, т. е. если в двух векторах x и y значения по одной из координат равны, эту координату можно не учитывать в решении вопроса о взаимном предпочтении этих векторов.

Введенному преобразованию $f: A \rightarrow R^1$ соответствует некоторая система классов эквивалентности слабого порядка на множестве районов, т. е. районы упорядочиваются в соответствии со значениями по набору критериев. Соответствующая теорема рассмотрена в статье [3].

Таким образом, используемая процедура ранжирования упорядочивает районы внутри рассматриваемого блока параметров.

Для получения ранга «качество жизни» по каждому району нормированные значения рангов всех блоков параметров группируются и взвешенно суммируются внутри своих групп, а затем берется общая сумма нормированных рангов по группам.

Нами учтен еще один фактор, который не учитывается в социальных исследованиях. А именно, это фактор типа поселения, который определяет разный подход к оценке удовлетворенности со стороны индивидуумов. Так, например, в районе, находящемся поблизости от центра более высокого уровня, в котором есть места приложения труда, оценка значимости факторов, связанных с транспортом, будет иной, нежели в районе, который находится вдали от такого центра.

4. РАСЧЕТ ОЦЕНОК УДОВЛЕТВОРЕННОСТИ НАСЕЛЕНИЯ

Определены пять областей, возможное расположение которых представлено на рис. 4, для статистики из n наборов данных, каждый из которых представляет собой проценты населения, высказывающихся «за», «скорее за», «нейтрален», «скорее против», «против» и проживающих в определенном районе $R^{(i)}$, $i = \overline{1, n}$. За основу взята кусочно-линейная модель, хорошо аппроксимирующая нелинейный рост удовлетворенности при увеличении значения параметра.

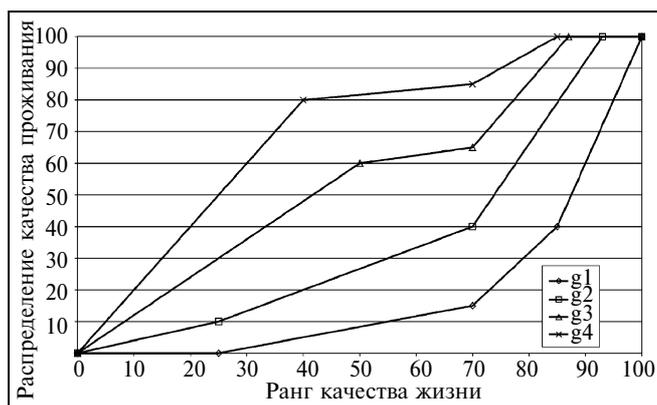


Рис. 4. Расположение пяти областей значений мнений населения и точек перегиба x_{ij}^* кусочно-линейных функций $g_j(x_{ij}^*)$, $j = \overline{1, 4}$

Прогнозируемые распределения голосов населения задаются набором кусочно-линейных функций $g_j(x_k^*)$, где x_k^* — точки перегиба, определенные для каждой функции $g_j(x_k^*)$, $j = \overline{1, 4}$ — параметр, зависящий от процентов голосов, такой, что в районе с качеством жизни x процент голосов:

- «за» = $g_1(x)$;
- «скорее за» = $g_2(x) - g_1(x)$;
- нейтральных = $g_3(x) - g_2(x)$;
- «скорее против» = $g_4(x) - g_3(x)$;
- «против» = $100 - g_4(x)$,

а $k = \overline{1, 5}$ — параметр, определяющий количество изломов функции $g_j(x_k^*)$.

В основу модели положена гипотеза о том, что с увеличением индекса качества жизни в районе процент населения, удовлетворенных работой администрации увеличивается, а все остальные категории населения ведут себя согласованно, т. е. $g_j(x)$ — неубывающая функция.

Таким образом, полная процедура расчета распределения голосов по входным параметрам состоит из следующих этапов:

- 1) расчет агрегированных параметров по количественным показателям;
- 2) расчет промежуточных индексов качества жизни в районе;
- 3) расчет индекса качества жизни в районе;
- 4) расчет коррекции на отношения с районами и центром;
- 5) получение распределения голосов «За»—«Против» по рангу качества жизни в районах;
- 6) для области в целом рассчитывается распределение значений голосов как суммарных значений по районам.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработан аппарат, позволяющий получить критерий социальной эффективности деятельности администраций различного уровня по повышению качества жизни населения. Описанная технология позволяет узнать,

как оценивается работа администрации населением области или края, определяет проблемные ситуации в регионе, «узкие места» в обеспечении качества жизни. Система служит инструментом для решения ряда задач, стоящих перед исполнительными органами власти. Для анализа ситуации не используются дорогостоящие опросы населения, а только данные, регулярно собираемые областными структурами. Различные режимы работы с системой представляют широкие возможности. Например, режим моделирования позволяет видеть, как меняется удовлетворенность в зависимости от изменения параметров по микрорайону и распределение удовлетворенности по району в целом. Система позволяет также выстраивать прогнозы последствий от тех или иных принимаемых управленческих решений. Для этого в Системе заложена возможность прогнозирования динамики удовлетворенности населения. Система реализуется на персональных компьютерах в среде Windows.

Конечно, чем сложнее система, тем больше связей можно отслеживать с ее помощью, но не следует забывать, что компьютерные системы не могут заменить человека; система — это инструмент эксперта, который может быстро просчитать разные варианты с учетом многофакторных зависимостей.

Модели агрегирования критериев в интегральные показатели качества жизни тестировались на 17-ти городах России. Модели оценки распределения голосов на основе интегральных показателей качества жизни протестированы при разработке аналогичной Системы для нескольких городов за рубежом.

Система нашла свое применение в ряде областей и городов России, в настоящее время система оценки качества жизни применяется в 14-ти городах России.

Система защищена авторским свидетельством РАО № 7472 от 9 июля 2004 г. С информацией о системах можно познакомиться на сайте www.ipu.ru/rcpp.

ЛИТЕРАТУРА

1. Aizerman M., Aleskerov F. Theory of Choice // Elsevier, North-Holland. — 1995, ISBN 0 444 822100. — P. 314.
2. Aleskerov F., Monjardet B. Utility Maximization, Choice and Preference. — Berlin: — Springer Verlag. — 2002. — P. 221.
3. Aleskerov F. Arrovian Aggregation Models. — Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1999. — P. 242.
4. Алескеров Ф. Т., Скринская Т. П., Якуба В. К. Об одном методе построения распределения голосов избирателей по агрегированной оценке качества жизни населения // Тр. III междунар. конф. «Идентификация систем и задачи управления» SICPRO'2004 / Ин-т пробл. упр. — М., 2004. — С. 79.
5. Лоули Д., Максвелл А. Факторный анализ как статистический метод. — М.: Мир, —1967. — 144 с.
6. Алескеров Ф. Т., Скринская Т. П., Хуторская О.Е., Якуба В.И. Активность избирателей и информационные технологии // Политический маркетинг. — 2003. — № 12. — С. 4—12.
7. Алескеров Ф. Т., Якуба В. И. Метод порогового агрегирования трехградационных ранжировок // Доклады Академии наук. — 2007. — Т. 413. — № 2. — С 1—3.

☎/✉ (495) 334-88-69; e-mail: alesk@ipu.ru, khutors@ipu.ru, yakuba@ipu.ru; rcpp@ipu.ru

Статья представлена к публикации членом редколлегии А. С. Манделем. □

МОДЕЛЬ УСТОЙЧИВОГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО РОСТА

Т. В. Воробьева

Томский государственный архитектурно-строительный университет

Предложена модель экономического роста, представляющая собой модификацию модели Солоу: в рассмотрение введен природный капитал и обобщенная норма сбережения, включающая в себя затраты на воспроизводство природного капитала. Получено оптимальное по критерию среднедушевого потребления значение обобщенной нормы сбережения и нормы сбережения на развитие основных фондов.

ВВЕДЕНИЕ

В XX в. в промышленно развитых странах сложился техногенный тип развития экономики. Для него характерна ориентация на экономический рост без учета экологических ограничений. Основная цель состоит в максимизации ВВП, ВНП, объемов потребления. Высокий уровень потребления, а следовательно, и производства товаров и услуг ведет к значительному расходованию исчерпаемых и невозобновимых природных ресурсов и к масштабному загрязнению окружающей среды. Природная среда рассматривается как инструмент для удовлетворения потребностей людей. Определяющими являются интересы людей, живущих в настоящее время, не учитываются интересы будущих поколений [1]. В 1987 г. Международной комиссией по окружающей среде и развитию по заданию ООН был сделан доклад «Наше общее будущее», в котором идет речь о необходимости перехода от техногенного типа развития экономики к устойчивому. Устойчивое развитие определяется как «развитие, которое удовлетворяет потребности настоящего времени, но не ставит под угрозу способность будущих поколений удовлетворять свои потребности» [1]. Должно обеспечиваться расширенное или, по крайней мере, простое воспроизводство природного капитала (в техногенной экономике наблюдается суженное воспроизводство). Следует стремиться не к максимизации основных показателей роста экономики (ВВП, ВНП), а к их оптимизации с учетом экологических факторов. Экономические решения должны приниматься с учетом их долгосрочных экологических последствий.

Если рассматривать экономическую систему как объект управления, то управляющие воздействия, удовлетворяющие критериям устойчивого развития, сводятся к перераспределению инвестиций, причем обязательными становятся инвестиции на возобновление природного капитала и проведение природоохранных мероприятий.

1. МОДЕЛЬ УСТОЙЧИВОГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО РОСТА С УЧЕТОМ ПРИРОДНОГО КАПИТАЛА

Известные модели экономического роста [2, 3] учитывают два фактора производства: труд и капитал. Под капиталом обычно подразумеваются основные производственные фонды, которые развиваются путем привлечения инвестиций. В настоящее время понятие капитала претерпело некую трансформацию в связи с осознанием взаимозаменяемости факторов производства. В отсутствие достаточного количества одного из видов капитала его можно заменить другим видом. Так, по мере исчерпания невозобновимых природных ресурсов требуется их замена искусственными материалами (в идеале, получаемыми из возобновляемых природных материалов), в случае снижения численности работников — повышение технической оснащенности производства и т. п. В результате инвестиционные ресурсы могут быть использованы на совершенствование технологий в целях уменьшения вредных выбросов, снижения ресурсоемкости и т. п.; средства, расходуемые на образование, обеспечивают развитие науки, результаты которой могут быть использованы для развития новых природосберегающих технологий.

Таким образом, актуальной задачей становится разработка моделей экономического роста, учитывающей взаимосвязь факторов производства, их взаимозаменяемость и влияние на окружающую среду.

Далее предлагается математическая модель, представляющая собой модификацию модели Солоу. Особенность предлагаемой модели состоит в учете необходимости возобновления природных ресурсов (природного капитала). Очевидно, что уменьшение природного капитала определяется, прежде всего, объемом добычи полезных ископаемых, а также размером ущерба, наносимого окружающей природной среде промышленным производством. В частности, развитие добывающих отраслей влечет за собой рост основных фондов добывающей промышленности и увеличение нагрузки на

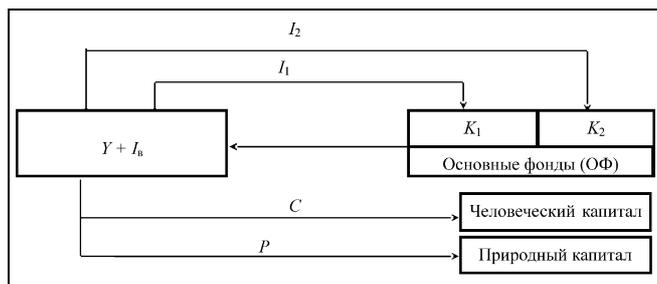


Рис. 1. Схема модели, определяющая динамику макроэкономических показателей:

Y — ВВП; I_b — внешние инвестиции; K_2 и K_1 — ОФ добывающей промышленности и прочих отраслей соответственно; I_1 , I_2 , C и P — инвестиции в соответствующие виды капитала

окружающую среду. Эти соображения позволяют рассмотреть в качестве одного из факторов производства основные фонды добывающей промышленности в динамике и во взаимосвязи с другими факторами. Рассмотрим модель, представленную на рис. 1.

Пусть Y — валовый внутренний продукт, I_b — внешние инвестиции. Объем денежных средств, распределяемых в системе равен $Y + I_b$.

Все показатели, входящие в модель, рассматриваются как функции времени, если не оговорено противное. Для простоты обозначений будем считать $Y = Y(t)$, $K = K(t)$ и т. д.

Сделаем следующие предположения.

- Объем внешних инвестиций незначителен (величину I_b можно положить равной нулю).
- $Y = C + I + P$, (1)

где C — инвестиции в человеческий капитал (средства, расходуемые на здравоохранение и образование), I — инвестиции в основной капитал, которые складываются из инвестиций в основные фонды добывающей промышленности I_2 и все остальные основные фонды I_1 , т. е. $I = I_1 + I_2$; кроме того, $I = (s_1 + s_2)Y$, $I_1 = s_1 Y_1$, $I_2 = s_2 Y_2$, где Y_2 и Y_1 — ВВП добывающей промышленности и всей остальной, соответственно, и $s = s_1 + s_2$ — норма сбережения; P — инвестиции в природоохранные мероприятия, $P = s_3 Y$, здесь s_3 — норма сбережения на природный капитал, тогда $s_0 = s_1 + s_2 + s_3$ — обобщенная норма сбережения и $C = (1 - s_0)Y$.

- Численность занятых в момент времени t определяется по формуле

$$L(t) = L_0 e^{gt}, \quad (2)$$

где L_0 — численность занятых в момент времени t_0 , g — темп прироста числа занятых, причем $g \leq 0$.

- Динамика развития основных фондов K описывается уравнением

$$\frac{dK}{dt} = I - mK, \quad K(0) = K_0, \quad m = \text{const}, \quad (3)$$

где m — норма амортизации, K_0 — начальное значение основных фондов.

Аналогично инвестициям в основные фонды основной капитал рассматривается как сумма основных фондов добывающей промышленности K_2 и всех остальных основных фондов K_1 , т. е. $K = K_1 + K_2$.

Соответствующие уравнения динамики и начальные условия будут выглядеть следующим образом:

$$\frac{dK_1}{dt} = I_1 - m_1 K_1, \quad K_1(0) = K_{10}, \quad m_1 = \text{const},$$

$$\frac{dK_2}{dt} = I_2 - m_2 K_2, \quad K_2(0) = K_{20}, \quad m_2 = \text{const},$$

где m_1 и m_2 — соответствующие нормы амортизации.

- Природный капитал может увеличиваться в результате инвестиций и уменьшаться в результате износа (по аналогии с основными фондами). Причиной износа природного капитала является ущерб, наносимый окружающей природной среде промышленным производством. Пусть u — ущерб, наносимый окружающей среде в результате производства условной единицы продукции. Тогда динамика изменения природного капитала задается уравнением

$$\frac{dK_n}{dt} = -Y_2 - uY + eP, \quad K_n(0) = K_{n0}, \quad (4)$$

где e — эффективность использования инвестиций, $0 \leq e \leq 1$, в дальнейшем для простоты положим $e = 1$.

Функция Y представляет собой производственную функцию вида $Y = f(K, L, Pr)$, зависящую от факторов K , L и Pr , где Pr — совокупность факторов, которая может меняться в зависимости от целей исследования и экономической ситуации в каждом конкретном случае.

Заметим, что при $P = 0$ предположения (1)–(4) представляют собой достаточно подробно исследованную односекторную модель Солоу. Для того, чтобы все показатели можно было рассматривать во взаимосвязи, производственная функция Y представляется в виде функции Кобба–Дугласа $Y = AK^\alpha L^\beta$, и анализ модели сводится к исследованию аналитического решения дифференциального уравнения, все траектории которого при $t \rightarrow \infty$ сходятся к устойчивому стационарному решению независимо от начальных условий [3]. Одним из результатов исследования уравнения является «золотое правило потребления» — определение нормы сбережения, которая в рамках предположений модели Солоу оптимальна по критерию среднедушевого потребления [2]. Рассмотрим, какие коррективы вносит дополнение модели Солоу инвестициями на возобновление природного капитала.

2. ОБ ОПТИМАЛЬНОЙ НОРМЕ СБЕРЕЖЕНИЯ

Если рассматривать основные фонды в целом, не выделяя добывающую промышленность, то и при $P > 0$ схема анализа останется прежней, меняется лишь доля ВВП, расходуемая на потребление. Следуя работе [3], представим Y в виде $Y = Y_0 (K/K_0)^\alpha (L/L_0)^{1-\alpha}$, тогда, пос-

ле преобразований [3], среднедушевое потребление при сбалансированном росте в нашей модели

$$C/L = (1 - s_0)Y/L = E(1 - s_0)s^{\alpha/(1-\alpha)},$$

где $E = (Y_0/L_0)(Y_0/((m+g)K_0))^{\alpha/(1-\alpha)} = \text{const}$.

Функция $z(s_0) = (1 - s_0)s^{\alpha/(1-\alpha)} = (1 - s_0)(s_0 - s_3)^{\alpha/(1-\alpha)}$, от которой зависит среднедушевое потребление, достигает максимума при $s_0 = \alpha + s_3(1 - \alpha)$.

При $s_0 < \alpha + s_3(1 - \alpha)$, $dz(s_0)/ds_0 > 0$, и функция $z(s_0)$ возрастает, а при $s_0 > \alpha + s_3(1 - \alpha)$ убывает. Таким образом, мы получили оптимальное по критерию среднедушевого потребления значение обобщенной нормы сбережения. Если норма затрат на природный капитал $s_3 = 0$, то $s_0 = s$, и $s = \alpha$ в соответствии с «золотым правилом» экономического роста. Учитывая соотношение $s = s_0 - s_3$, получаем, что оптимальная норма затрат на основные фонды

$$s = \alpha(1 - s_3), \text{ и } s_3 = (1 - s/\alpha). \quad (5)$$

Как видно, значение оптимальной нормы вложений в основной капитал при $P > 0$ оказывается меньше, чем в классической модели Солоу. Она снижается за счет нормы вложений на возобновление природного капитала.

Кроме того, из уравнения (4) следует, что в состоянии равновесия $\left(\frac{dK_n}{dt} = 0\right)$ инвестиции в природный капитал должны быть равны сумме ВВП добывающей промышленности и ущерба от производственной деятельности, а для достижения положительного прироста K_n требуется выполнение неравенства

$$eP \geq Y_2 + uY. \quad (6)$$

Пусть d — доля добывающей промышленности в ВВП, величину u можно рассматривать как долю ВВП, которую нужно потратить на полную ликвидацию ущерба. Тогда неравенство (7) можно переписать в виде $es_3Y \geq dY + uY$, и отсюда $s_3 \geq (d + u)/e$.

Вопрос, насколько это реально для современной экономики, выходит за рамки данной работы. Очевидно, что чем выше объем производства, в том числе и добывающей промышленности, тем больший объем инвестиций в природный капитал требуется для достижения состояния равновесия. Во всяком случае, для России, где среднее значение доли добывающей промышленности в общем объеме промышленного производства равно 0,29 (за 2002—2005 гг.), даже не принимая во внимание размер экологического ущерба и полагая $e = 1$, достижение состояния равновесия откладывается на далекое будущее.

Поскольку возобновление природного капитала — сложный процесс, включающий в себя разработку и внедрение новых технологий и ряд других мероприятий, не связанных непосредственно с природой, то можно предположить, что инвестиции в природный капитал могут привести к появлению новых факторов экономического роста, которые в предлагаемой модели не учитываются. Соотношения (5) и (6) могут служить лишь ориентиром при оценке устойчивости развития экономической системы.

3. ОБ АДЕКВАТНОСТИ И ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МОДЕЛИ

Говоря об адекватности, вспомним, что входит в модель: ее основные составляющие — производственная функция, уравнения динамики основного и природного капитала и функция, определяющая численность занятых.

Адекватность применения производственной функции зависит от выбора факторов и доброкачественности статистического материала, возможность ее использования подтверждается многочисленными исследованиями.

Уравнения динамики основного капитала предположения (4) определяют динамику основного капитала в простейшем случае (допускающем аналитическое исследование), когда стоимость введенных новых фондов равна инвестициям в основные фонды народного хозяйства. В реальности все обстоит сложнее, и при численных расчетах можно пытаться использовать другие, статистически обоснованные, зависимости основных фондов от ВВП.

Уравнение динамики природного капитала основано на естественных предположениях, но его прямое использование вызывает определенные трудности. Размеры ущерба u и начального значения природного капитала K_{n0} , входящие в уравнение (4), неизвестны. Проблема их оценки широко обсуждается в литературе в связи с экологической коррекцией экономических показателей («зеленый» ВВП, показатель истинных сбережений), но нет единой методики, позволяющей вести статистический учет этих показателей. Тем не менее, если известны входящие в уравнения параметры, то уравнение (4) позволяет оценить изменение природного капитала. Кроме того, каждое из уравнений может быть использовано независимо от всего остального.

Что касается численности занятых, в ее пригодности для прогнозирования легко убедиться. Например, число занятых в экономике России в 1992 г. составляло (в тыс. чел.) 71 200,8, средний темп прироста числа занятых за следующие 13 лет равен — 0,00256512 [4]. Значение численности занятых в 2005 г., рассчитанное по формуле (2), равно 68865,64883, что отличается от реальных статистических данных на 0,3 %, и это несмотря на сложные процессы, происходящие в российской экономике: (в 1990—1998 годах численность занятых снижалась, с 1999 г. по настоящее время наблюдается рост). Заметим также, что в качестве темпа g прироста числа занятых можно использовать тренд, построенный на основе реальных данных.

Пример применения модели Солоу для анализа экономической ситуации в России приведен в работе [5], где показано, что существенным фактором роста ВВП с 1998 по 2003 г. был труд, представленный в модели [5] фондом заработной платы. Также в работе [5] в качестве фактора рассмотрен чистый экспорт.

Для проверки адекватности и возможности применения модифицированной модели Солоу в предположении, что инвестиции в природный капитал равны нулю, по данным [4], приведенным в таблице, нами были построены статистически значимые производственные



Основные показатели российской экономики

Годы	ВВП Y	Основные фонды в экономике (по полной учетной стоимости на начало года) K	Фонд оплаты труда L	Чистый экспорт X	Среднегодовая численность занятых в экономике, тыс. чел.	Значение Y , рассчитанное по формуле (8) на основе данных	
						статистических	расчетных
1997	2343,0	13286,0	61,0	51,0	62879	2339,88	2470,314
1998	2630,0	14126,0	64,6	175,0	61412	2604,09	2543,547
1999	4823,0	14246,0	106,4	823,0	63964	5092,47	4928,375
2000	7306,0	16605,0	147,3	1463,0	64327	7025,57	7014,422
2001	8944,0	20241,0	199,2	1134,0	65124	8734,18	8672,615
2002	10675,0	24431,0	259,6	1144,0	66266	10683,65	9995,536
2003	12829,0	30556,0	339,0	1515,0	67152	13074,22	11101,02

Примечание. Значения Y , K , L и X даны в трлн. руб., с 1998 г. — в млрд. руб. в текущих ценах.

функции, зависящие от тех же факторов, что и в работе [5], следующего вида:

$$Y = 1,09(K/L)^{-0,47}(Z/L)^{64,62}L, \quad (7)$$

$$Y = 59,74(K/L)^{-0,53}(Z/L)^{1,1}(X/L)^{0,068}L, \quad (8)$$

где Z — фонд заработной платы, X — объем чистого экспорта (включение этого фактора в модель можно обосновать тем, что значительная часть экспорта обеспечивается добывающей промышленностью).

Не ставя перед собой задачу анализа полученных функций, отметим, что основной капитал входит в них в отрицательной степени, что может быть отражением недостаточного использования фондов или каких-либо других причин. При расчете ВВП на основе данных [4] функции (7) и (8) приближают реальные значения ВВП с относительной ошибкой 4 и 2 % соответственно. Кроме того, чтобы рассчитывать показатели, используемые в модели во взаимосвязи, для приближенного представления значений основных фондов были использованы линейная зависимость $K_t = K_{t-1} + 0,67Y_{t-1} - 0,038K_{t-1} - 579,27$ и линейный тренд заработной платы. Такие приближения позволяют рассчитать ВВП с 1997 по 2003 г. с относительной ошибкой не более 5 % (см. таблицу).

Расчет на следующие два года дает ошибку в пределах 9 %. При изменении начала отсчета модель дает ошибку 5–6 % на интервале в 4–5 лет, при увеличении временного интервала ошибка резко растет. Это означает, что полученная функция не годится для точных долгосрочных прогнозов, а может лишь отразить некоторые тенденции, в том числе и катастрофические. Например, при рассмотрении гипотетического сценария с постоян-

ной убылью занятого в экономике населения с темпом прироста, равным $-0,04$, в течение 15 лет ВВП и основные фонды продолжают расти, а затем начинается деградация (рис. 2). В то же время, при отрицательном темпе прироста занятых $-0,5$ %, равном темпу прироста населения России в настоящее время, не происходит снижения ВВП в течение 40 лет при начальных условиях 2003 г.

Включение в рассмотрение природного капитала моделируется уменьшением доли ВВП, расходуемой на другие нужды, что в свою очередь сказывается на размере ВВП. Этот эффект не проявляется при рассмотрении данных, близких к реальным, поскольку, например, инвестиции в основные фонды природоохранного назначения составляют в последние годы не более 0,3 % ВВП и не более 4 % ВВП добывающей промышленности.

Рассмотренные примеры предназначены лишь для демонстрации возможностей применения предложенной модели с дополнением различными факторами и предположениями.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложенная в работе модель позволяет оценить нормы затрат на основные фонды и природный капитал в состоянии равновесия. Внесение в модель дополнительных факторов и предположений делает затруднительным аналитическое исследование решения. Тем не менее, данная модель полностью или частично может быть использована для сценарных прогнозов тенденций экономического развития.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Наше общее будущее: Доклад Международной комиссии по окружающей среде и развитию.* — М.: Прогресс, 1989.
2. *Иохин В. Я. Экономическая теория.* — М.: Юрист, 2000. — 861 с.
3. *Лебедев В. В. Математическое моделирование социально-экономических процессов.* — М.: Изограф, 1997. — 224 с.
4. *Российский статистический ежегодник 2004.* Стат. Сб. / Росстат. — М., 2004.
5. *Трапезников И. Д. Анализ экономического развития России в 1992–2003 гг. с помощью инструментария модели Солоу* <<http://lab.obninsk.ru>>.

e-mail: lax@tomsk.su

Статья представлена к публикации членом редколлегии Р. М. Нижегородцевым. □

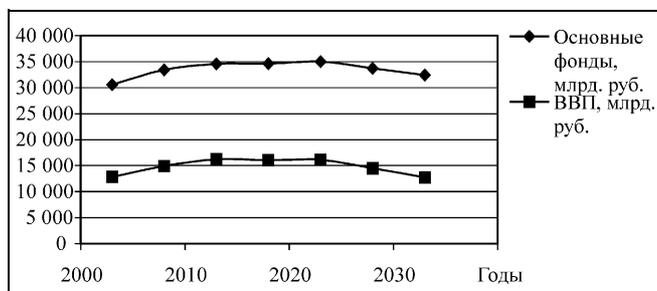


Рис. 2. Основные фонды и ВВП по результатам моделирования с убылью числа занятых на 4 % в год

РАВНОВЕСНЫЕ МОДЕЛИ МНОГОРЕСУРСНЫХ САМОРАЗВИВАЮЩИХСЯ СИСТЕМ¹

В. Б. Гусев

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

Предложен метод расчета сбалансированной структуры параметров управления производственным циклом на основе схем оценок затрат в модели многоресурсных саморазвивающихся систем. Отмечено, что в долгосрочном плане сбалансированное управление отвечает критерию оптимальности для показателя воспроизводства ресурсов многопродуктовой производственной системы и переводит последнюю в равновесный режим функционирования. Предлагаемый метод предназначен для включения в состав инструментария индикативного планирования крупномасштабных объектов хозяйственной деятельности — от холдинга до национальной экономической системы.

ВВЕДЕНИЕ

Методология индикативного планирования [1, 2], восприняв позитивные стороны планового подхода, в том или ином виде получила широкое распространение во многих промышленно развитых странах [3]. Она находит применение при управлении хозяйственной деятельностью на региональном и отраслевом уровнях, позволяет формировать долгосрочные программы социально-экономического развития. «Мягкий» (индикативный) характер рассматриваемого вида планирования обеспечивается показателями, представляющими ориентир для формирования управленческих решений. Одними из таких индикативных показателей являются структурные показатели выпусков и цен на продукцию, ориентированные на устойчивый режим развития объекта хозяйственной деятельности.

Модели многоресурсных саморазвивающихся систем служат инструментом стратегического индикативного планирования. Они позволяют определять возможный уровень развития производственных систем и соответствующие ему индикативные (рекомендуемые) параметры. Особое значение имеет долгосрочный характер планов. Действительно, благодаря действию экономических целевых установок типа прибыльности, окупаемости вложений, диктуемых законами конкуренции, хозяйственная деятельность располагает достаточно эффективными механизмами самоорганизации в локальных масштабах и на относительно краткосрочных отрез-

ках жизненного цикла. Долгосрочная организация хозяйственной деятельности требует системного подхода и соответствующих критериев, временных и пространственных масштабов, моделей и методов формализации объектов управления [4].

Суть метода балансировки параметров управления на основе оценок затрат для производственного цикла заключается в том, что на основе анализа оценок структуры производственных, трудовых, финансовых затрат, выпусков продукции и услуг, а также показателей товарообмена формируется численная модель воспроизводства многоресурсной и многопродуктовой системы. С помощью этой модели определяется показатель воспроизводства экономической системы, отображающий соотношение объемов выпуска и затрат, как функция структурных пропорций выпусков и цен на производимые продукцию и услуги. Максимизация этого показателя определяет структуру выпусков и цен, соответствующую равновесному режиму воспроизводства, когда темпы прироста по всем видам продукции и услуг одинаковы. При этом равновесная структура может существенно отличаться от структуры, существующей в реальности. При использовании предлагаемого подхода особое внимание следует уделить тому, что приближение к равновесным структурам как выпусков, так и цен должно происходить совместно. В противном случае достигнутое равновесие окажется неустойчивым, подверженным инфляционным процессам [5].

1. МОДЕЛЬ ВОСПРОИЗВОДСТВА

Схема жизненного цикла процесса воспроизводства благ включает в себя (рис. 1) блоки производства, трудовых ресурсов, взаимодействия с внешним миром (поставок продукции), сбережения (фондообразующих затрат,

¹ Работа рекомендована к печати Программным комитетом Третьей международной конференции по проблемам управления (Москва, 20—22 июня 2006 г.).

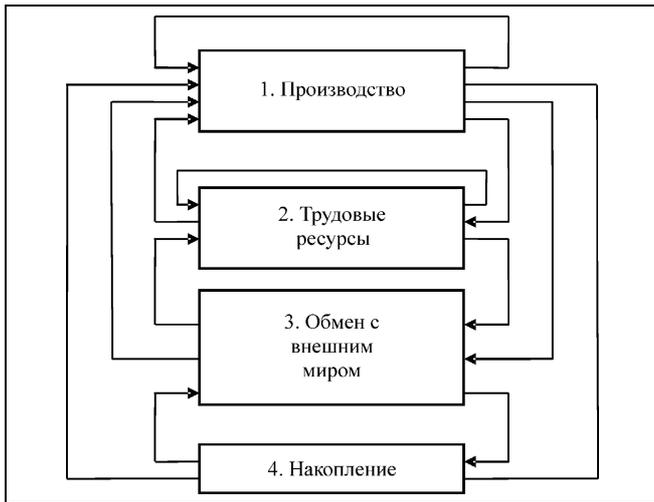


Рис. 1. Схема производственного цикла

X =	1.1	1.2	1.3	1.4	V =	1
	2.1	2.2	2.3			2
	3.1	3.2		3.4		3
	4.1		4.3			4

Рис. 2. Структура исходных данных

запасов, потерь). Стрелки на этой схеме обозначают материальные и информационные потоки. Продукция, идущая на расширение производства, не входит в схему замкнутого цикла и может быть определена как разность между совокупным выпуском и затратами.

Структурное планирование основано на информации о предыдущем функционировании производственного цикла или на экспертных знаниях в виде оценок в сопоставимых шкалах. На основе этой информации формируется матрица **X** баланса затрат и выпусков. Каждый элемент этой матрицы X_{ij} представляет собой оценку затрат i -го блага (продукта или услуги) на производство j -го блага за определенный период. Кроме того, исходная информация включает в себя объемы выпуска благ V_j , образующие вектор выпусков **V**.

Матрица затрат **X** состоит из 16 блоков (квадрантов). Индекс 1 соответствует сектору «производство», 2 — сектору «трудовые ресурсы», 3 — сектору «обмен с внешним миром», 4 — сектору «сбережение» (рис. 2). Некоторые из квадрантов оказываются пустыми, например, квадранты 3.3 и 4.4, поскольку в них не происходит воспроизводство благ. Точно также пусты блоки 2.4 и 4.2, поскольку считается, что трудовые ресурсы непосредственно (как вид блага) не связаны со сбережением.

Каждый квадрант содержит полный набор видов продукции (благ), участвующей в процессе воспроиз-

водства. Таким образом, в схеме одно и то же благо, идущее на производственное потребление, конечное потребление, экспорт/импорт имеет различные индексы.

Если технологический цикл замкнут на себя (отсутствует обмен с внешним миром), то объем выпуска каждого вида благ есть сумма затрат по всем блокам цикла при производстве всего набора n благ. Сумма произведенного продукта на этапе жизненного цикла равна сумме потребленного, умноженной на коэффициент роста g_i , т. е.,

$$V_i(t) = g_i X_i(t) = g_i \sum_{j=1}^n X_{ij}(t). \quad (1)$$

Объемы благ оцениваются в натуральных единицах. С другой стороны, общая стоимость V_j^c выпускаемого блага i — есть сумма стоимостей всех составляющих по технологическому циклу при цене p_j на j -е благо на данном этапе, умноженная на коэффициент прироста стоимости за период цикла (рентабельность) r_i :

$$V_i^c(t) = r_i \sum_{j=1}^n X_{ji}(t) p_j. \quad (2)$$

Заметим, что если оценки производятся в стоимостном выражении, то $p_j = 1$ и $V_i^c = V_i$ и выражение (2) переходит в выражение (1). Воспроизводство благ предполагает многократное повторение жизненного цикла. Качество такого воспроизводства можно оценить показателем воспроизводства $v = F(V(t), V(t-1))$, где F — монотонная выпуклая неубывающая функция $2n$ переменных. Если в качестве цели ставится повышение темпа воспроизводства без изменения технологии, то показатель воспроизводства принимает вид $v = \min_i V_i(t)/V_i(t-1)$.

Задачу управления жизненным циклом процесса воспроизводства можно сформулировать как максимизацию продуктивности цикла воспроизводства по управляющим параметрам, характеризующим структуру выпусков каждого из блоков цикла.

Прогнозировать объемы затрат i -го блага X_i можно, используя модель «затраты—выпуск» $X_i = \sum_{j=1}^n a_{ij} V_j$, где a_{ij} — коэффициенты удельных затрат, определяемые как

$$a_{ij} = X_{ij}/V_j. \quad (3)$$

Рассмотрим задачу балансировки структуры выпусков для производственного цикла. Используя выражение (1), получим соотношение $V_i(t) = g_i X_i(t) = g_i \sum_{j=1}^n a_{ij} V_j(t)$, которое можно рассматривать как технологическое ограничение для задачи балансировки структуры выпусков.

Если полагать, что полные затраты блага равны их наличию (выпуску) в предыдущем периоде, то показатель воспроизводства определяется минимальным по всем видам благ коэффициентом роста: $v = \min_i g_i$.

Запишем формулировку оптимизационной задачи по структуре выпусков: найти

$$\begin{aligned} & \max v, \\ & V_i(t) \geq v \sum_{j=1}^n a_{ij} V_j(t), \\ & V_i(t) \geq V_i(t-1), \quad i = 1, \dots, n. \end{aligned} \quad (4)$$

В этой постановке предполагается, что технология производства за один цикл не изменяется, т. е. натуральные коэффициенты удельных затрат постоянны. Решение этой задачи не зависит от цен на блага, однако его реальное использование затруднено тем обстоятельством, что для крупных производственных систем измерения производятся, как правило, в стоимостных показателях.

Если коэффициенты удельных затрат определяются на основе стоимостных показателей, а не натуральных, как в формуле (3), т. е.

$$a_{ij}^c = X_{ij}^c / V_j^c = X_{ij} p_i / (V_j p_j) = a_{ij} p_i / p_j, \quad (5)$$

то задача балансировки структуры показателей производственного цикла примет вид: найти

$$\begin{aligned} & \max v, \\ & V_i^c(t) \geq v \sum_{j=1}^n a_{ij}^c V_j^c(t), \\ & V_i^c(t) \geq V_i^c(t-1), \quad i = 1, \dots, n. \end{aligned} \quad (6)$$

Здесь допускается изменение, как натуральных объемов, так и цен. По смыслу задача (6) не эквивалентна задаче (4), поскольку критерий v и ограничение на неубывание объемов выпуска имеют новое содержание. Кроме того, значения стоимостных показателей удельных затрат первоначально могут быть определены лишь на предыдущем этапе $t-1$. Но после изменения цен они изменятся. Поэтому для уточнения этих показателей требуется определить, как могут измениться цены.

Рассмотрим задачу балансировки ценовой структуры для производственного цикла. Используя соотношение (2) в стоимостном выражении и соотношение (3), полу-

$$\text{чим } V_i^c(t) = V_i(t) p_i = r_i \sum_{j=1}^n a_{ji} V_j^c(t) p_j.$$

Считая, что коэффициент воспроизводства определяется минимальной по перечню благ рентабельностью, получим оптимизационную задачу для структуры цен: найти

$$\begin{aligned} & \max v^c, \\ & p_i(t) \geq v^c \sum_{j=1}^n a_{ji} p_j(t), \\ & k_i p_i(t-1) \geq p_i(t) \geq p_i(t-1), \quad i = 1, \dots, n. \end{aligned}$$

Левая часть последнего ограничения представляет констатацию факта неубывания цен, а также требова-

ние на ограничение темпов инфляции до уровня k_i по видам благ.

Если коэффициенты удельных затрат определяются на основе стоимостных показателей (5), то тогда при сбалансированной ценовой структуре в равновесном режиме цены не меняются с течением периода и имеет место простое соотношение для коэффициента воспроизводства:

$$v^c = 1 / \min_i \sum_{j=1}^n a_{ji}^c. \quad (7)$$

Если иметь в виду, что измерение коэффициентов удельных затрат производится на предыдущем этапе цикла, то задачу балансировки ценовых пропорций в неравновесном режиме можно представить в виде: найти

$$\begin{aligned} & \max_{P_i} v^c, \\ & P_i(t) \geq v^c \sum_{j=1}^n a_{ji}^c P_j(t), \\ & k_i \geq P_i(t) \geq 1, \quad i = 1, \dots, n. \end{aligned} \quad (8)$$

где $P_i(t) = p_i(t) / p_i(t-1)$ — индекс цены на благо i .

Если решение задачи (8) использовать для корректировки коэффициентов удельных затрат, то повторное ее решение даст индексы цен, равные 1 или k_i , а выражение (7) даст точное значение равновесного коэффициента воспроизводства v^c . Кроме того, обновленные коэффициенты прямых затрат можно использовать в задаче балансировки объемов (6).

Таким образом, совместное решение задач (6) и (8) позволяет получить сбалансированную структуру объемов и цен, обеспечивающую максимальный коэффициент воспроизводства ресурсов для производственного цикла.

Практическое применение рассматриваемого подхода осуществляется поэтапно. Для каждого этапа вводится дополнительное ограничение на степень отклонения от существующей структуры, соответствующее представлениям о допустимой скорости социально-экономических процессов.

Исходная информация задачи структурной балансировки формируется на основе анализа экономической статистики. Трудность заключается в том, что в ряде ситуаций (например, региональное или отраслевое планирование, сценарное прогнозирование) отсутствуют стандартные методики по сбору и обработке данных. В этих случаях предлагается статистические данные совмещать с экспертными оценками структуры затрат на единицу выпуска.

Метод структурной балансировки был применен для формирования региональной программы инновационного развития [2].

2. УСЛОВИЯ РАВНОВЕСИЯ

Динамические процессы воспроизводства имеют относительно быструю финансовую и медленную технологическую (объемную) компоненты. Псевдоравновесный режим формируется под влиянием внешних воз-



действий и относительно медленной технологической компоненты. Структура цены имеет вид: $\mathbf{p} = r \mathbf{D}^c \mathbf{s}$, где r — коэффициент системной рентабельности, \mathbf{D}^c — диагональная матрица внутренних рентабельностей отраслей d_i , \mathbf{s} — вектор себестоимостей, \mathbf{p} — вектор цен (ценовых пропорций). Системная рентабельность отражает отношение суммарной стоимости выпусков к сумме полных затрат отраслей. Отраслевые рентабельности отражают отношения внутренних цен на продукцию отраслей к отраслевым затратам. Вектор себестоимостей определяется по формуле $\mathbf{s} = \mathbf{A}^T \mathbf{p}$, где \mathbf{A} — технологическая матрица необходимых затрат, включающая в себя как прямые, так и прочие затраты. Из приведенных соотношений следует векторное уравнение равновесия $r \mathbf{D}^c \mathbf{A}^T \mathbf{p} = \mathbf{p}$.

Решение \mathbf{p} уравнения равновесия — собственный вектор матрицы $\mathbf{D}^c \mathbf{A}^T$, $1/r$ — ее собственное значение.

Модель равновесия может быть обобщена помощью оптимизационного подхода. Оптимизационная форма ценовой модели включает в себя:

- критерий оптимизации — максимизация системной рентабельности — имеет вид: $r \rightarrow \max_{p, r}$;
- технологическое ограничение: $r \mathbf{D}^c \mathbf{A}^T \mathbf{p} \leq \mathbf{p}$ (здесь и далее отношение неравенства для векторов понимается как совокупность неравенств для компонент векторов);
- ограничение, задающее масштаб цен: $\mathbf{p} \geq \mathbf{p}^0$. Ограничение на разброс цен: $\mathbf{p} \leq \mathbf{p}^1$.

Совместимость двух форм ценовой модели. Если ограничение на разброс цен отсутствует или несущественно и решение рассматриваемой задачи математического программирования единственно, то это решение реализуется на равенстве в технологическом ограничении и является равновесным для исходной ценовой модели.

Объемная оптимизационная модель. Ограничения на объемы прямых затрат имеют вид:

$$\gamma \sum_j a_{ij} x_j \geq x_i, \quad i = 1, \dots, n, \quad 0 \leq \gamma \leq 1.$$

Здесь γ — доля прямых затрат в выпуске продукции. Ограничения на минимальные объемы выпуска $x_i \geq X_i$; ограничения на объемы выпуска сверху $x_i \leq \bar{X}_i$, $i = 1, \dots, n$. Критерий оптимизации (минимизация доли прямых затрат в выпуске продукции) записывается в виде $\gamma \rightarrow \min_{x, \gamma}$.

Связь ценовой и объемной моделей. При отсутствии или несущественности ограничений на объемы выпуска $\mathbf{X} \leq \mathbf{x} \leq \bar{\mathbf{X}}$ и ограничений на разброс цен $\mathbf{p}^0 \leq \mathbf{p} \leq \mathbf{p}^1$ для равновесных решений имеем: $\min \gamma = \max 1/r$.

Введем ряд показателей, имеющих простую интерпретацию и используемых в процедурах индикативного планирования.

Продуктивность экономической системы определим, по аналогии с коэффициентом полезного действия в термодинамике, как $\pi = Y/Z$, где Z — промежуточные затраты, Y — добавленная стоимость (ВВП). Обозначим материалоемкость $m = Z/X$, валовой выпуск $X = Y + Z$. Тогда $\pi = 1/(X/Y - 1) = 1/m - 1$.

Потенциалы продуктивности экономической системы определяются: для ценовой модели как $\pi^c = r - 1$, для объемной модели как $\pi^x = 1/\gamma - 1$ и представляют долю добавленной стоимости в стоимости промежуточного потребления при равновесном режиме экономической системы. Поскольку $r \leq m$, то всегда $\pi \leq \pi^c$; в равновесном режиме имеем: $m = r = 1/\gamma$, следовательно, в этом случае $\pi = \pi^c = \pi^x$. Общее значение потенциалов продуктивности будем обозначать π^0 .

Показатель равновесности экономической системы $u = \pi/\pi^0$ определяет степень близости системы к равновесному состоянию. Очевидно, $0 \leq u \leq 1$, $\max u = 1$.

Предельные индексы цен позволяют оценить *толерантность* (нечувствительность) экономической системы к изменению цен на продукцию $Mp_i = dp_i/\pi^c$ отраслей $i = 1, 2, \dots$

Предельные выпуски определяют толерантность экономики к изменению объемов выпуска $Mx_i = dx_i/\pi^x$ отраслей $i = 1, 2, \dots$

Нормализация модели. При изменении цен отраслевой продукции с множителями x_i коэффициенты технологической матрицы a_{ij} изменяют свои значения на $b_{ij} = a_{ij} x_i / x_j$, или в векторном виде $\mathbf{B} = \text{diag}(\mathbf{x}) \mathbf{A} \text{diag}(\mathbf{x})^{-1}$. Равновесные значения r и продуктивности π^c при этом не изменяются. Если положить $\mathbf{D}^c = \text{diag}(\mathbf{x})^{-1}$, то преобразованное уравнение примет вид $r \text{diag}(\mathbf{x})^{-1} \mathbf{A}^T \mathbf{p} = \mathbf{p}$. Если \mathbf{x} — собственный вектор матрицы $\text{diag}(\mathbf{x})^{-1} \mathbf{A}^T$, то решение \mathbf{p} — единичный вектор. Адаптация оптимизационной ценовой модели состоит в подборе ограничения на разброс цен для достижения реальной продуктивности $\pi = \pi^c$ при решении оптимизационной задачи:

$$r \rightarrow \max_{p, r}$$

Тогда преобразование цен осуществляется с помощью матрицы $\mathbf{V} = \text{diag}(\mathbf{p}) \mathbf{A} \text{diag}(\mathbf{p})^{-1}$.

3. ЧИСЛЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Для определения границ диапазона бескризисного функционирования экономической системы использовались показатели толерантности экономической системы к вариациям отраслевых показателей (предельные приращения), означающие относительное приращение отраслевого показателя в процентах, при неизменности остальных, дающее 1 % приращения потенциала продуктивности. В табл. 1 приведены предельные приращения выпусков Mx_i отраслей.

Курсивом выделены отрасли, для которых экономическая система наименее толерантна (наиболее чувствительна) по отношению к приращению выпусков. Эти отрасли дают наибольший вклад в продуктивность экономической системы при увеличении объемов их выпусков, инвестировании, внедрении инноваций.

В табл. 2 приведены значения предельных приращений цен Mp_i на продукцию отраслей.

Толерантности отрицательны, поскольку приращение цен на отдельные виды продукции вызывает уменьшение потенциала продуктивности. Курсивом выделены отрасли с наименьшей толерантностью (наибольшей чувствительностью) экономической системы по отношению к приращению цен. Повышение ценовой рентабельности этих отраслей наиболее критично отзывается на падении продуктивности экономической системы.

Уровень прироста потенциала продуктивности в процентных пунктах при относительном приросте выпуска Δx_i , % и относительном приросте цены Δp_i , % продукции отрасли приближенно может быть определен по формуле

$$\Delta \pi^0 = \Delta x_i / Mx_i + \Delta p_i / Mr_i$$

Сравнивая табл. 1 и 2, можно выделить отрасли, для которых экономика наименее толерантна как по выпускам, так и по ценам — *химическая и нефтехимическая промышленность, машиностроение и металлообработка,*

Таблица 1

Предельные приращения выпусков (толерантность по выпускам) отраслей

Отрасль	Толерантность по выпускам, %
Электроэнергетика	22
Нефтегазовая промышленность	22
Угольная промышленность	115
Прочая топливная промышленность	8434
Черная металлургия	34
Цветная металлургия	44
<i>Химическая и нефтехимическая промышленность</i>	17
<i>Машиностроение и металлообработка</i>	9
Лесная, деревообрабатывающая и целлюлозно-бумажная промышленность	38
Промышленность строительных материалов (включая стекольную и фарфорофаянсовую)	82
<i>Легкая промышленность</i>	9
<i>Пищевая промышленность</i>	8
Прочие отрасли промышленности	60
Строительство	46
<i>Сельское и лесное хозяйство</i>	12
<i>Транспорт и связь</i>	11
<i>Торговля, посредническая деятельность и общественное питание</i>	10
Прочие виды деятельности по производству товаров и услуг	110
Здравоохранение, физическая культура и социальное обеспечение, образование, культура	22
Жилищно-коммунальное хозяйство и производственные виды бытового обслуживания населения	39
Финансы, кредит, страхование, управление, общественные объединения	67
Наука и научное обслуживание, геология и разведка недр, геодезическая и гидрометеорологическая	46
<i>Конечное потребление домашних хозяйств</i>	3

Таблица 2

Предельные приращения цен на продукцию (толерантность по ценам) отраслей

Отрасль	Толерантность по ценам, %
Электроэнергетика	-185
<i>Нефтегазовая промышленность</i>	-73
Угольная промышленность	-520
Прочая топливная промышленность	-226 728
Черная металлургия	-100
Цветная металлургия	-90
<i>Химическая и нефтехимическая промышленность</i>	-49
<i>Машиностроение и металлообработка</i>	-32
Лесная, деревообрабатывающая и целлюлозно-бумажная промышленность	-129
Промышленность строительных материалов (включая стекольную и фарфорофаянсовую)	-517
<i>Легкая промышленность</i>	-17
<i>Пищевая промышленность</i>	-24
Прочие отрасли промышленности	-758
Строительство	-6101
<i>Сельское и лесное хозяйство</i>	-48
Транспорт и связь	-207
Торговля, посредническая деятельность и общественное питание	-132
Прочие виды деятельности по производству товаров и услуг	-2923
Здравоохранение, физическая культура и социальное обеспечение, образование, культура	-692
Жилищно-коммунальное хозяйство и производственные виды бытового обслуживания населения	-3902
Финансы, кредит, страхование, управление, общественные объединения	-236
Наука и научное обслуживание, геология и разведка недр, геодезическая и гидрометеорологическая служба	-1310
Оплата труда наемных работников	-33 828 052

легкая промышленность, пищевая промышленность, сельское и лесное хозяйство. В условиях *самоорганизации* эти отрасли могут оказать наиболее отрицательное воздействие на динамику экономической системы, поскольку отраслевые интересы повышения ценовой рентабельности для них входят в наибольшее противоречие с общенациональными. Тем не менее, при совместном росте объемов выпуска этих отраслей, превосходящем Mx_i и при росте цены на продукцию отрасли не более, чем на Mr_i , потенциал продуктивности π^0 может быть повышен на величину $\Delta \pi^0$, которую мы оценили ранее.

С другой стороны, такие отрасли, как *транспорт и связь, торговля, посредническая деятельность и общественное питание,* а также *конечное потребление домашних хозяйств,* оказывая сравнительно большое влияние на продуктивность, обладают наибольшей способностью к самоорганизации, поскольку оказывают сравнительно большое влияние на продуктивность экономики (и отрасли) по приращениям выпусков, но малое по ценам.



Сравнение отраслей по комбинированному отклику экономической системы на приращения выпусков и цен можно оценивать отношением толерантности для соответствующих показателей Mp_i/Mx_i . Чем ниже этот показатель, тем меньше способность отрасли к самоорганизации (и демонаполизации). Значения отношений толерантности для продукции отраслей приведены в табл. 3. Курсивом выделены отрасли с наименьшими значениями отношений.

Потенциал продуктивности экономической системы по статистическим данным определен на уровне $\pi^0 = 29,6\%$, текущая продуктивность — на уровне $\pi = 10,7\%$. Текущее значение показателя равновесности экономической системы определено на уровне $u = 0,36$.

Для определения системной зависимости продуктивности экономики от отраслевых показателей использовался квазиравновесный режим (равновесный с учетом дополнительных ограничений) после адаптации модели к уровню текущей продуктивности. В качестве примера

Таблица 3

Отношения толерантности для продукции отраслей

Продукция отраслей	Отношения толерантности, %
<i>Электро- и теплоэнергия</i>	8,4
<i>Продукты нефтегазовой промышленности</i>	3,3
<i>Уголь</i>	4,5
Горючие сланцы и торф	26,9
<i>Черные металлы</i>	2,9
<i>Цветные металлы</i>	2,0
<i>Продукты химической и нефтехимической промышленности</i>	2,9
<i>Машины и оборудование, продукты металлообработки</i>	3,6
<i>Продукты лесной, деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности</i>	3,4
<i>Строительные материалы (включая продукты стекольной и фарфорофаянсовой промышленности)</i>	6,3
<i>Продукты легкой промышленности</i>	1,9
<i>Продукты пищевой промышленности</i>	3,0
Прочие промышленные продукты	12,6
Продукция строительства	132,6
<i>Сельхозпродукты, услуги по обслуживанию сельского хозяйства и продукты лесного хозяйства</i>	4,0
Услуги транспорта и связи	18,8
Сфера обращения и коммерческая деятельность	13,2
Прочие виды деятельности сферы материального производства	26,6
Услуги здравоохранения, физической культуры и социального обеспечения, образования, культуры и искусства	31,5
Услуги жилищно-коммунального хозяйства и непроизводственных видов бытового обслуживания населения	100,1
<i>Услуги финансового посредничества, управления</i>	3,5
Услуги науки и научного обслуживания, геологии и разведки недр, геодезической и гидрометеорологической служб	28,5
Конечное потребление домашних хозяйств	11 276 017,3

Таблица 4

Индикативные значения приростов цен и выпусков продукции отраслей

Продукция отраслей	Прирост выпуска, %	Прирост цены, %
Электро- и теплоэнергия	28	19
Продукты нефтегазовой промышленности	0	28
Уголь	0	0
Горючие сланцы и торф	0	0
Черные металлы	0	23
Цветные металлы	0	30
Продукты химической и нефтехимической промышленности	9	25
Машины и оборудование, продукты металлообработки	96	26
Продукты лесной, деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности	0	0
Строительные материалы (включая продукты стекольной и фарфорофаянсовой промышленности)	0	0
Продукты легкой промышленности	354	0
Продукты пищевой промышленности	107	27
Прочие промышленные продукты	0	0
Продукция строительства	0	19
Сельхозпродукты, услуги по обслуживанию сельского хозяйства и продукты лесного хозяйства	63	22
Услуги транспорта и связи	62	26
Сфера обращения и коммерческая деятельность	93	23
Прочие виды деятельности сферы материального производства	0	0
Услуги здравоохранения, физической культуры и социального обеспечения, образования, культуры и искусства	0	24
Услуги жилищно-коммунального хозяйства и непроизводственных видов бытового обслуживания населения	0	25
Услуги финансового посредничества, управления	0	2
Услуги науки и научного обслуживания, геологии и разведки недр, геодезической и гидрометеорологической служб	0	24
Конечное потребление домашних хозяйств (для выпуска)	660	—
Оплата труда наемных работников (для цены)	—	22

выбран режим, выводящий экономику на уровень продуктивности $\pi = 16\%$, который дает значение показателя равновесности $u = 0,47$. Для него в табл. 4 приведены значения индикативных приростов цен и выпусков.

Приведенные квазиравновесные показатели представляют собой индикативные (предпочтительные) пропорции выпусков и цен продукции отраслей экономики, направленные на приближение к равновесному режиму и рассматриваемые в системной совокупности либо по вектору приростов цен, либо по вектору прироста выпусков.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Управляемое равновесие представляет собой универсальный принцип организации эффективного функционирования сложных систем. Эффективно настроенный механизм саморегулирования направляет функционирование экономики к равновесному режиму. Рациональные экономические пропорции могут быть реализованы в процессе функционирования соответствующим образом организованных механизмов саморегулирования хозяйственной деятельности с краткосрочными обратными связями. Сами равновесные и рациональные пропорции определяются расчетным путем на основании данных межотраслевого баланса и годовой макроэкономической статистики. Они пригодны для формирования и корректировки механизмов саморегулирования экономической системы.

Для устойчивого функционирования экономики недостаточно действия одних только краткосрочных механизмов саморегулирования. Инновационное развитие, научно-технический прогресс, долгосрочное бескризисное функционирование способны поддерживаться совокупным действием механизмов саморегулирования и управления с долгосрочными обратными связями. Формирование эффективных механизмов саморегулирования, согласованных с долгосрочными управляющими воздействиями, вместо спонтанного должно носить системный и целенаправленный характер. Расчет и прогнозирование оценок параметров равновесных режимов экономики позволяют обоснованно формировать экономические и иные, сопряженные с ними, условия устойчивого развития страны.

Экономическое развитие России, как и многих стран, имеет циклический характер, при котором периоды роста сменяются кризисными фазами. Каждый такой цикл можно рассматривать как нарушение равновесного режима функционирования хозяйственных процессов, связанное с возникновением факторов, ускоряющих или ограничивающих воспроизводство ресурсов и средств жизнедеятельности. Наряду с периодическими циклами имеют место аperiodические, нерегулярные изменения, иногда носящие катастрофический харак-

тер. В XXI в. ожидается уникальная по историческим масштабам фаза мирового кризиса, связанная с истощением невозобновляемых ресурсов, перенаселением, усилением поляризации государств по их экономическому потенциалу.

В случае быстрого запуска эффективного рынка в России (что само по себе требует жесткого антимонопольного регулирования и поэтому является проблематичным) саморегулирующаяся экономика способна обеспечить рост экономики в пределах срока истощения ее невозобновляемых ресурсов. После этого срока (несколько десятков лет) Россию, как и мир в целом, ждет неизбежный энергетический и сырьевой кризис, выход из которого потребует жесткого нерыночного вмешательства. Методология индикативного планирования предлагает конструктивный подход для решения этих проблем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Анохин А. М., Гусев В. Б., Павельев В. В. Комплексное оценивание и оптимизация на моделях многомерных объектов. — М.: Ин-т пробл. управл. им. В. А. Трапезникова РАН, 2003 — 58 с.
2. Комплексное оценивание и планирование развития региона / А. Б. Левинталь, В. Ф. Ефременко, В. Б. Гусев и др. — М.: Там же, 2006. — 53 с.
3. Индикативное планирование и проведение региональной политики в развитых зарубежных странах / А. Б. Левинталь, В. Ф. Ефременко, В. Б. Гусев, Ф. Ф. Пашенко. — М.: Там же, 2005. — 67 с.
4. Проблемы моделирования воспроизводства ВВП России / В. С. Лисин, В. И. Антипов, В. Б. Гусев и др. — М.: ТЕИС, 2004. — 232 с.
5. Гусев В. Б. Моделирование экономических процессов в состоянии динамического равновесия // Сибирский журнал индустриальной математики. — Новосибирск: Новосибирский ун-т. — 2004. Т. VII, 3 (19). — С. 84—94.

✉ (495) 334-88-21, e-mail: gusvbr@ipu.ru

Статья представлена к публикации членом редколлегии А. С. Манделем. □

MLSD'2007

Международная конференция

"УПРАВЛЕНИЕ РАЗВИТИЕМ

КРУПНОМАСШТАБНЫХ СИСТЕМ"

1—3 октября 2007 г.

Российская академия наук
Институт проблем управления
117997, Россия, Москва, Профсоюзная ул., 65
тел.: +7 (495) 334-91-69
334-90-50
E-mail: irstepan@ipu.rssi.ru
kuzn@ipu.rssi.ru

Основные тематические направления конференции:

- проблемы управления развитием крупномасштабных систем, включая ТНК;
- методы и инструментальные средства управления инвестиционными проектами и программами;
- имитация и оптимизация в задачах управления развитием крупномасштабных систем;
- управление топливно-энергетическими, транспортными и другими системами;
- информационное и программное обеспечение систем управления крупномасштабными производствами;
- мониторинг в задачах управления крупномасштабными системами.

Более подробную информацию можно найти на сайте <http://www.ipu.ru/semin/mlsd2007.htm>



МОДЕЛЬ ПРОГНОЗНО-ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ОЦЕНКИ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИНВЕСТИЦИОННЫХ СТРАТЕГИЙ ГОСУДАРСТВА

М. А. Власова

Орловский государственный технический университет

Разработана модель прогнозно-программного комплекса, позволяющая анализировать альтернативные стратегии государства в целях минимизации влияния фактора неопределенности внешней среды.

ВВЕДЕНИЕ

Один из основных факторов, оказывающих влияние на процесс формирования эффективной стратегии инвестирования промышленности регионов России — государственное воздействие, как фактор неопределенной внешней среды, в виде вариантов государственной инвестиционной политики в промышленной сфере. В связи с определенной нестабильностью политической и экономической ситуации в Российской Федерации инвесторам трудно быть уверенными в том, что внешнее окружение (как регион и отрасль, так и весь промышленный комплекс) предполагаемого объекта инвестирования, которое сложилось на сегодняшний момент, не претерпит радикальных изменений. Поэтому целесообразна разработка вариантов стратегий инвестиционной политики государства в целях сведения к минимуму неопределенности данного фактора внешней среды.

1. ОБЩАЯ СХЕМА ПОСТРОЕНИЯ МОДЕЛИ

Существует большой арсенал методов имитационного моделирования и системной динамики, позволяющих проследить динамику основных показателей производства при смене управляющих воздействий (решений по инвестированию объектов) и структурных изменениях в системе. На их основе разработан комплекс имитационных динамических моделей в виде системы уравнений, описывающих инвестиционный процесс, его взаимосвязи с инвестиционным климатом, предназначенный для формирования и анализа стратегий инвестиционной политики в отрасли во взаимосвязи со стратегиями развития отрасли и инвестиционным климатом. Исходными данными для построения структуры модели послужил ряд отечественных работ в области моделирования [1—3].

Модель состоит из следующих блоков, взаимодействующих между собой.

Блок 1 — Инвестиционный климат — это обобщенная модель экономического механизма государственного регулирования развития отрасли, включая алгоритмы налогообложения, условия и формы кредитования, ценообразования (в том числе договорного). Содержит алгоритмы расчета сальдо потоков бюджетных ассигнований в отрасль $Собщ(t)$, которое определяется разностью всех притоков и оттоков денежных средств в бюджет.

Приток $П_1(t)$ денежных средств для каждого t -го года определяется как сумма налогов, включаемых в себестоимость $Нс(t)$, налогов, отчисляемых из прибыли $Нnp(t)$, возвратных сумм при погашении кредитов $Из'(t)$ и затрат на оплату процентов за кредит $Кр(t)$:

$$П_1(t) = Нс(t) + Нnp(t) + Из'(t) - Кр(t).$$

Отток бюджетных денежных средств в t -м году $О_1(t)$ определяется размером инвестиций, направляемых в отрасль в t -м году: $О_1(t) = И(t)$.

Если приток денежных средств $П_1(t)$ превышает отток $О_1(t)$, а их отношение равно или превышает единицу, то вложение инвестиций в отрасль может быть признано эффективным.

Выходные параметры блока 1:

- нормативные параметры: виды и ставки налогов, включаемых в себестоимость, %;
- параметры, отражающие условия предоставления заемных средств;
- срок возврата кредита, лет;
- процентная ставка кредита, %;
- сумма инвестиций, направляемых в отрасль в t -м году.

Они определяются по итогам вариантных расчетов в соответствии с алгоритмами определения денежных потоков в этом блоке.

Блок 2 — Инвестиционный блок — включает в себя модели определения потребности в инвестициях и их динамики в зависимости от темпов роста объемов производства продукции по альтернативным стратегиям, модели и алгоритмы расчета динамики накопления

собственных средств, определения дефицита и объема заемных средств, алгоритмы расчета показателей эффективности инвестиций. Содержит также алгоритмы расчета потоков денежных средств в зависимости от параметров инвестиционного климата и темпов их изменения, а также параметров стратегий инвестиционной политики (доли прибыли, направляемой для инвестирования, сроков амортизации основных фондов, приоритетов при инвестировании объектов).

Приток $\Pi_2(t)$ денежных средств от производственной, финансовой и инвестиционной деятельности для каждого t -го года определяется как сумма выручки от реализации продукции $B(t)$, годового амортизационного фонда $A(t)$, собственных средств $Ис(t)$ и заемных средств $Из(t)$:

$$\Pi_2(t) = B(t) + A(t) + Ис(t)Из(t).$$

Отток денежных средств в t -м году $O_2(t)$ определяется суммой следующих видов затрат: капитальных вложений, израсходованных в t -м году $K(t)$, текущих затрат $З(t)$, налогов, включаемых в себестоимость $Нс(t)$, налогов, отчисляемых из прибыли $Нnp(t)$, возвратных сумм при погашении кредитов $Из'(t)$ и затрат на оплату процентов за кредит $Kp(t)$:

$$O_2(t) = K(t) + З(t) + Нс(t) + Нnp(t) + Из'(t) + Kp(t).$$

Сальдо денежных потоков в каждом t -м году $C(t)$ определяется как разность между притоком и оттоком:

$$C(t) = \Pi(t) - O(t). \quad (1)$$

По размеру сальдо определяет размер собственных средств $Ис(t+1)$, которые могут быть привлечены для инвестирования в следующем $(t+1)$ году, т. е. предусматривается реинвестирование сальдо свободных денежных средств в собственные инвестиции.

Если сальдо $C(t) > 1$, то

$$Ис(t+1) = C(t)\alpha(t), \quad (2)$$

где $\alpha(t)$ — коэффициент реинвестирования.

Значение коэффициента реинвестирования принимается различным при проведении активной, стабильной и пассивной инвестиционной политики и в значительной мере предопределяет темпы накопления собственных средств.

Если сальдо $C(t) < 1$, то поток денежных средств в следующем периоде уменьшается и возрастает необходимость привлечения заемных средств.

Блок 3 — Описание инвестиционного процесса — характеризует основные направления перспективного развития отрасли и отражает желаемые уровни основных технико-экономических параметров:

- объемы производства в t -м году, млн. руб.;
- объемы реализуемой в t -м году продукции, млн. руб.;
- удельные капитальные вложения для производства продукции на один рубль;
- удельные капитальные вложения на прирост производства продукции на один рубль благодаря техническому перевооружению и реконструкции, руб./руб.;
- удельные капитальные вложения на прирост производства продукции на один рубль благодаря новому строительству, руб./руб.;
- структура объема производства по долевого участию в ней действующих, подлежащих в t -м году техническому перевооружению и реконструкции, и вновь вводимых предприятий.

Эти параметры являются результатом расчетов темпов роста (снижения) объемов производства продукции в зависимости от темпов инвестирования объектов в каждом t -м году.

Основным блоком в рассматриваемой системе является инвестиционный блок 2. Его входными параметрами служат выходные параметры блока 1, а также выходные параметры блока 3, получаемые при формировании альтернативных стратегий развития производства.

Основные соотношения для определения изменения этих показателей в соответствии с альтернативными стратегиями развития отрасли и отражающие желаемые уровни основных технико-экономических параметров описаны формулами (1)—(6):

$$d_i(t) = \frac{q_i(t)}{q(t)}, \quad (3)$$

где $d_i(t)$ — доля объема производства продукции, производимой i -й отраслевой группой (перспективных, стабильных и убыточных) предприятий; $q_i(t)$ — объем продукции, производимой i -й группой предприятий отрасли в момент времени t ; $q(t)$ — общий объем продукции, производимый в регионе всеми группами промышленных предприятий, принадлежащих исследуемой отрасли в момент времени t :

$$q(t) = \sum_{i=1}^N q_i(t), \quad (4)$$

где N — множество групп предприятий, рассматриваемых в модели.

Из формул (3) и (4) следует, что

$$\sum_{i=1}^N d_i(t) = 1. \quad (5)$$

Прогноз параметров развития отрасли проводится следующим образом.

Пусть $a_j(t)$ — значение j -го параметра i -й группы предприятий, M — общее число параметров. Эти значения рассчитываются для каждой группы предприятий (действующих, технически перевооружаемых, реконструируемых, вновь вводимых и выбывающих). В качестве характеристики системы в целом для разных стратегий принималась взвешенная сумма параметров по группам предприятий в каждый момент времени, где весовыми коэффициентами были доли объема производства продукции, выпускаемой соответствующими группами:

$$a(t) = \sum_{j=1}^M a_j(t)d_j(t). \quad (6)$$

Из-за различных размерностей параметров и соотношений закрытости информации использовались их относительные значения:

$$b_j(t) = \frac{a_j(t)}{a_j(t_0)},$$

и отклонения относительных показателей от их значений в базовом году t_0 :

$$\lambda(t) = b_j(t) - b_j(t_0) \frac{a_j(t)}{a_j(t_0)} - 1.$$



Анализ альтернативных стратегий инвестиционной политики проводится в несколько итераций в следующей последовательности.

1. Определяются начальные условия обобщенной модели, т. е. численные значения параметров на начальное время.

2. Для каждого параметра прогнозируются темпы изменения потоков (уровней) при сохранении сложившихся условий функционирования системы в будущем. Расчет динамики проводится на период 20 лет и выдачей результатов за каждый год. Расчетные значения параметров, соответствующие начальным условиям, характеризуют возможности анализируемой системы.

3. Полученные возможные результаты сопоставляются с желаемыми и выявляются рассогласования между желаемыми и возможными уровнями. Например, на основе сальдо $C(t)$ денежных потоков определяется возможный объем промышленного производства в t -м году за счет собственных средств (путем деления его значения на среднюю по отраслям промышленности капиталоемкость производства по каждой альтернативной стратегии развития промышленности).

Между потребностями и возможностями, т. е. между численными значениями одноименных критериальных параметров модели для начального и необходимого состояния объекта, существуют рассогласования, именуемые проблемами. На решение этих проблем, т. е. на устранение рассогласований, ориентирован механизм управления. Для этого предусмотрена возможность корректировки стратегии инвестиционной политики, посредством экономических рычагов — системы цен, налогов, кредитов, норм амортизации.

4. Проводится качественный и количественный анализ по всем составляющим отраслевых инвестиционных потоков в объемах производства, потребности в инвестициях, достаточности собственных средств и т. д., при этом выявляются основные факторы, обусловившие эти рассогласования.

5. После выявления причин рассогласований намечаются меры по их устранению, в соответствии с которыми изменяются те или иные переменные параметры модели. На основе новых значений параметров модель пересчитывается заново, до тех пор, пока возможные уровни максимально приблизятся к желаемым и не будут созданы условия для устойчивого развития отрасли.

Как показывает опыт динамического моделирования, диапазон устойчивого роста всей совокупности критериальных параметров на определенном интервале времени достаточно узок. Рамками этого диапазона определяются условия устойчивого сбалансированного развития отрасли. Численные значения параметров модели, при которых обеспечивается устойчивое развитие, определяют размер его потребностей.

2. ПРИМЕР РЕАЛИЗАЦИИ МОДЕЛИ

Рассмотрим на условном примере, какие результаты могут быть получены с помощью описываемой модели.

Исходными данными для проведения расчетов могут быть варианты развития базовых отраслей промышленности на некоторый период (например, с 2005 по 2025 г.),

с учетом влияющих на их работу внешних и внутренних факторов.

Рассмотрим различные варианты стратегий развития на примере некоторой отрасли промышленности.

Пусть *первый вариант* исходит из следующих условий внешней ситуации в стране: происходит рост общего промышленного производства в стране, расширяется государственная координация действия отраслей. Инвестирование роста объемов производства предполагается в основном за счет собственных средств промышленных предприятий.

Например, в период 2005—2015 гг. прирост объема промышленной продукции прогнозируется следующим:

- 2005—2010 гг. на 11,1 млн. руб.;
- 2011—2015 гг. на 18,3 млн. руб.;
- 2016—2025 гг. на 193,7 млн. руб.

Допустим, что по данному варианту для обеспечения желаемого ежегодного 2 %-го относительного прироста производства продукции в течение 2005—2010 гг. потребность в инвестициях к 2010 г. возрастет в 3 раза по сравнению с современным уровнем, годовые темпы их роста составят 30 %.

В 2011—2015 гг. при 3 % ежегодного относительного прироста объемов производства инвестиции должны увеличиться в 4,4 раза.

В 2016—2020 гг. при сохранении темпов прироста объемов производства на уровне 3 % потребность в инвестициях возрастет в 6 раз, и в период 2021—2025 гг. при годовом приросте объема производства в 4 % потребность в инвестициях возрастет в 7,2 раза по сравнению с современным уровнем.

По *второму варианту* долгосрочного развития данной рассматриваемой отрасли промышленности также предполагаются условия активного развития промышленного производства в стране. Кроме того, считают необходимым условием его реализации объединение финансового, технического и научного потенциалов тех отраслей, производства продукции в которых взаимосвязаны и взаимозависимы под патронажем Правительства России и Государственной Думы.

Пусть в период 2005—2015 гг. намечается прирост объемов производства примерно на 42 млн. руб., в том числе:

- в 2005—2010 гг. прирост объемов производства может составить 16,5 млн. руб.;
- в 2011 — 2015 гг. — еще около 25,5 млн. руб.

В период 2016—2025 гг. с вводом новых мощностей по производству продукции будет происходить более сильное наращивание выпуска продукции до уровня 240 млн. руб. в год.

Предположим, что по этому варианту с несколько большими (на 1 % в первые 15 лет и на 2 % в последующий период), чем по первому варианту, темпами прироста объема производства продукции потребности в инвестициях возрастут соответственно по периодам в 3,3, 4,6, 6,2 и 7,3 раз, среднегодовые темпы роста инвестиций за период составят 28—30 %.

Цель прогнозных экспериментов заключается в выявлении инвестиционных возможностей реализации этих стратегий развития рассматриваемой условной отрасли промышленности.

В этой связи в соответствии с основными этапами системного подхода необходимо, в первую очередь, провести анализ и диагностику текущего состояния отрасли, идентифицировать благоприятные и негативные факторы с точки зрения возможных тенденций развития и провести анализ проблемных ситуаций.

Анализ инвестиционного климата и текущего состояния отрасли можно проводить по следующим показателям, характеризующим в совокупности потенциал по освоению инвестиций и риск реализации рассматриваемых вариантов развития:

- политическая стабильность;
- состояние бюджета и сальдированный финансовый результат;
- государственный долг;
- обязательность исполнения партнерами контрактов;
- структура себестоимости продукции;
- качество налоговой системы и уровень налогового бремени;
- доступность кредитования;
- условия внешнего заимствования.

В целях выявления причин и факторов, определивших ситуацию в отрасли, выполним прогноз ожидаемой динамики показателей, соответствующий сложившимся условиям в данной отрасли. Пусть, это будет отраслевая стратегия «А».

Исходные данные, необходимые для расчетов, можно принять по отчетным данным на конец года. Предположим, что объем производства продукции 111 млн. руб., капитальные вложения в целом по отрасли — 2912 млн. руб., в том числе собственные — 1316 млн. руб., заемные — 1595 млн. руб., в том числе госбюджетные — 154 млн. руб. Срок возврата госбюджетных средств — 3 года с годовой процентной ставкой 15 %. Среднегодовые темпы выбытия мощностей (нормы амортизации) приняты равными 3 % в год, средняя цена на продукцию отрасли относительно стабильна и среднегодовой темп ее роста не превышает 2 %, инвестиции ограничены и направляются только на поддержание уровня производства продукции, технического перевооружения и реконструкции в необходимых объемах не осуществляется.

Ожидаемые темпы изменения показателей по этой стратегии могут иметь вид (рис. 1).

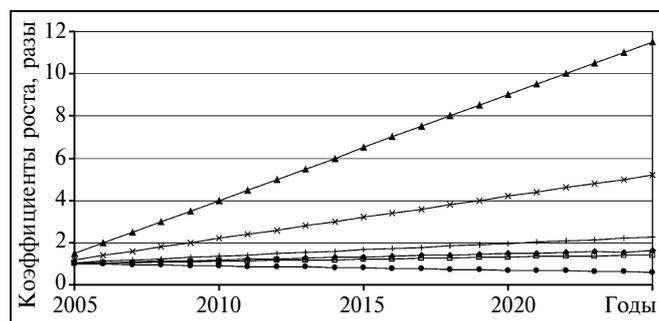


Рис. 1. Прогнозируемые темпы изменения экономических показателей по отраслевой стратегии «А» на период 2005—2025 гг.:

—▲— — амортизация; —□— — цена; —▲— — дефицит средств; —×— — затраты на оплату кредита; —|— — потребность в инвестициях; —●— — собственные средства

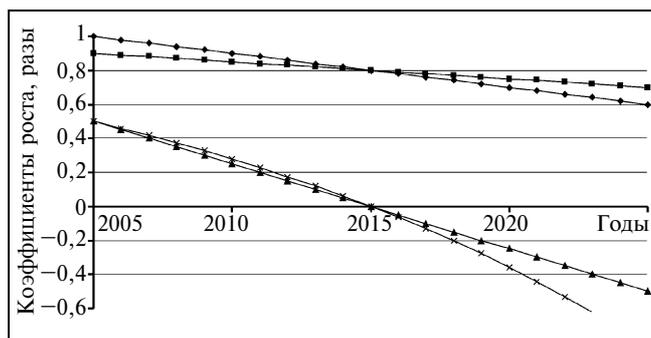


Рис. 2. Прогнозируемая динамика показателей эффективности инвестиций по отраслевой стратегии «А» на период 2005—2025 гг.:

—◆— — приток средств; —■— — отток средств; —▲— — сальдо денежных потоков; —×— — индекс доходности

Как видно, отраслевая стратегия «А» характеризуется весьма неблагоприятным соотношением коэффициентов роста показателей: коэффициенты роста амортизации в 2 раза ниже коэффициентов роста потребности в инвестициях, цена на продукцию остается относительно стабильной (ежегодно возрастает не более, чем на 2 %), при этом резко возрастает дефицит инвестиций — в 11,5 раз по сравнению с отчетным (в данном случае — с 2004 г.) годом, затраты на обслуживание заемных средств увеличиваются в 5,2 раза, темпы накопления собственных средств падают с 1 в 2004 г. до 0,6 в 2025 г. В результате существенно снижаются темпы производства продукции, возможного за счет собственных средств. Его уровень в 2010 г. составит 90 %, в 2015 г. — 80 %, а в 2020 г. — 70 % от современного уровня.

Динамика показателей эффективности инвестиций в рассматриваемую отрасль промышленности показана на рис. 2.

Начиная с 2015 г. темпы оттока денежных средств опережают темпы притока, в результате, в последние 10 прогнозируемых лет, сальдо денежных средств, определяемое как разность между притоком и оттоком, имеет отрицательное значение, и, более того, этот показатель ежегодно снижается на 3,6 %. Индекс доходности в прогнозируемый период также имеет тенденцию к уменьшению и, с точки зрения экономического смысла данного показателя, после 2015 г. отражает убыток на 1 руб. вложенных средств.

В условиях сохранения на перспективу действующих механизмов формирования себестоимости и цен на продукцию отрасли, порядка начисления амортизационных отчислений и реинвестирования прибыли следует ожидать следующие негативные экономические последствия:

— годовой приток денежных средств в отрасль будет иметь четко выраженную тенденцию убывания по всем периодам со среднегодовыми темпами снижения не менее, чем на 2—3 % в год;

— отток денежных средств из отрасли также будет иметь явно выраженную тенденцию снижения, но с более медленными темпами (не менее 1 %), чем приток средств;

— будет снижаться сальдо денежных потоков, среднегодовые темпы этого снижения составят в среднем 4 %



в год, с 2015 г. сальдо становится отрицательным, в результате чего отрасль полностью лишается возможности накопления собственных средств;

— при отсутствии собственных средств отрасль вынуждена будет прибегать к все большим заимствованиям средств для поддержания объемов производства, в результате которых усилится тенденция роста затрат на обслуживание долга. Уже к концу 2010 г. можно ожидать их увеличение в 2,2 раза, к 2016 г. — в 3,2 раза, 2020 г. — 4,2 раза и в 5,2 раз к концу прогнозируемого периода. Дефицит денежных средств будет накапливаться все более ускоряющимися темпами, опережающими темпы роста потребности в инвестициях. Их среднегодовой уровень может составить 50–55 %.

В результате отмеченных тенденций начнет существенно снижаться отдача от капитальных вложений, направляемых в отрасль. Достигнутый в 2004 г. индекс доходности инвестиций в 0,61 руб. на 1 руб. вложенных средств снизится к 2015 г. до 0,012 руб./руб., что создаст угрозу в предоставлении кредитов из-за невозможности возврата их отрасли. Ситуация существенно ухудшится с 2016 г. и до конца прогнозируемого периода, когда даже положительное значение индекса доходности инвестиций будет недостижимо.

В результате совокупного влияния рассмотренных факторов объемы производства промышленной продукции будут иметь тенденцию к падению.

Выйти из кризисного состояния отрасль может только с помощью комплекса взаимосвязанных мероприятий, затрагивающих все элементы экономического механизма — в области налоговой, инвестиционной, амортизационной, кредитной и ценовой политики. Проведение этих мероприятий должно быть четко скоординировано между собой и по времени.

В числе приоритетных и возможных по условиям их реализации можно считать такие мероприятия, как введение «гибких цен», с включением в них всех затрат, связанных с выплатой налогов и предстоящих затрат на обслуживание заемных средств, повсеместное внедрение ускоренной амортизации путем сокращения сроков амортизационных отчислений и увеличения доли свободных денежных средств (доли прибыли), направляемой на реинвестирование. Это — отраслевая стратегия «Б».

С помощью прогнозной оценки указанных мероприятий, с точки зрения выхода из кризисного состояния экономики отрасли, станет возможным выявление положительных тенденций в изменении показателей, которые позволят получить существенный системный эффект (рис. 3).

По варианту стабильного производства предположительно на уровне 2,8 млрд. руб. к 2011 г. их уровень должен быть выше современного не менее чем в 1,5 раза. С другой стороны, рост средней цены на продукцию отрасли в этих границах обеспечит возрастающую тенденцию динамики притока денежных средств в отрасль (рис. 4), темпы притока в течение всего дальнейшего периода будут опережать темпы оттока средств из отрасли. Опережение к концу первых пяти лет составит 12 %, к 2016 г. — 20 %, к 2021 г. — 25,7 % и к концу 2025 г. — 30 % в год.

В перспективе обе эти тенденции обеспечат более устойчивое (из-за меньшей зависимости от внешних кре-

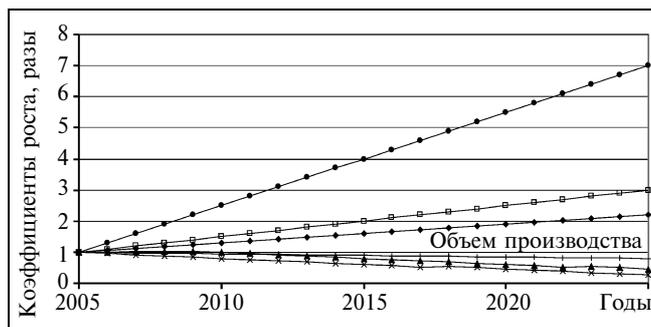


Рис. 3. Прогнозируемые темпы роста экономических показателей по отраслевой стратегии «Б» на период 2005—2025 гг.:

—◆— амортизация; —□— цена; —▲— дефицит средств; —×— затраты на оплату кредита; —∗— потребность в инвестициях; —●— собственные средства

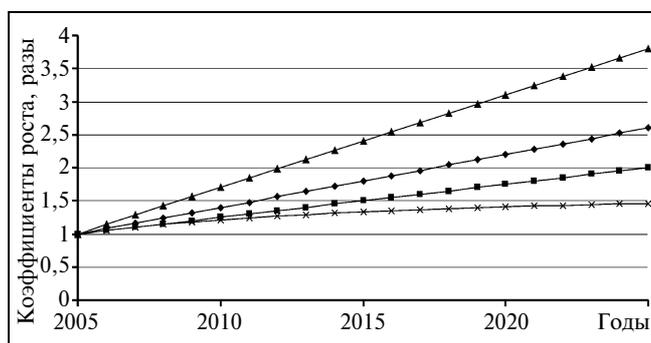


Рис. 4. Прогнозируемая динамика показателей эффективности инвестиций по отраслевой стратегии «Б» на период 2005—2025 гг.:

—◆— приток средств; —□— отток средств; —▲— сальдо денежных потоков; —×— индекс доходности

дитов) развитие экономики отрасли. Повышению устойчивости будет способствовать и тенденция снижения текущих затрат, так как доля в себестоимости затрат на обслуживание кредитов (при их снижении) будет уменьшаться.

Можно сделать вывод, что реализация названных мероприятий закрепит ситуацию благоприятного инвестиционного климата в отрасли и создаст условия для проведения стратегии инвестиционной политики по стабилизации объемов производства продукции рассматриваемой отрасли промышленности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Перспектива развития той или иной отрасли определяется той стратегией инвестиционной политики, которую проводит в данной отрасли государство. Выбор стратегии зависит, с одной стороны, от инвестиционного климата в стране, рычагов управления отраслью со стороны государства и, с другой, от направлений отраслевого управления, учитывающего особенности развития отрасли, ее закономерности, взаимосвязи, условия и факторы воздействия, обуславливающие те или иные тенденции раз-

вития. Научно-обоснованные рекомендации с оценкой эффективности и последствий предлагаемых мероприятий по своевременной перестройке необходимо обосновывать с помощью методов системного анализа и комплексных системных моделей, адекватных реальным процессам, происходящим в экономике страны и в отрасли.

Результаты такого комплексного и системного анализа и прогнозирования позволят выявить «узкие места» в отрасли, что будет способствовать повышению отраслевой инвестиционной привлекательности, а это будет положительным фактором, влияющим на социально-экономическое положение страны в целом. В то же время применение предложенной методики в процессе формирования стратегии инвестирования позволит повысить ее эффективность, так как предотвратит вкладывание средств в отрасль, находящуюся на сегодняшний момент «на плаву», но тенденция развития которой регрессивная.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Изыгзон Н. Б.* Методология формирования и реализации инвестиционной политики угольной промышленности России. — М.: Статистика, 2000.
2. *Бойко В. И.* Применение многокритериального подхода при оценке перспектив освоения минеральных ресурсов Арктической зоны // Сб. тр. ВНИИ системных исследований. — 1991. — № 5.
3. *Гранин И. В.* Мировая стратегия формирования угольного производства // Научные сообщения НИЦ горного производства. — 1999. — № 311.

e-mail: docent-ostu@yandex.ru

Статья представлена к публикации членом редколлегии
Р. М. Нижнегородцевым. □

УДК 681.325...2

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ СИТУАЦИЙ В ПРОЦЕССЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

Г. С. Вересников

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

Предложен подход к построению модуля идентификации экологической ситуации для поддержки принятия оперативных решений. Разработана методика формирования репрезентативной выборки, необходимой для его создания.

ВВЕДЕНИЕ

В процессе экологического мониторинга потенциально опасных объектов важно своевременно идентифицировать сложившуюся экологическую ситуацию и применять адекватные меры для ее разрешения.

Закономерности, используемые для сопоставления оценки экологической ситуации текущим измерениям экологических параметров обычно трудно формализуемые. Для поиска и построения этих закономерностей предлагается применять методы, являющиеся частью технологий Data Mining [1]. Они позволяют сформировать логические правила, основываясь на эмпирической выборке вида <экологические параметры; оценка эко-

логической ситуации>. Основная проблема заключается в том, что необходимо составить репрезентативную выборку, которая будет охватывать все предусмотренные экологические ситуации. Системы экологического мониторинга характеризуются недостаточным количеством накопленной информации о нештатных и аварийных ситуациях, что объясняется их малой вероятностью. В связи с этим необходимы методы получения дополнительной информации о тех ситуациях, которые могут возникнуть в процессе экологического мониторинга. Для решения данной проблемы предлагается моделировать нештатные ситуации, измерения по которым отсутствуют.

Другой аспект целесообразности применения технологий Data Mining для обработки данных экологичес-



кого мониторинга состоит в необходимости принятия решений в условиях нечеткой исходной информации. Нечеткость информации может быть связана как с недостаточным числом производимых измерений (например, при отказе измерительной аппаратуры, каналов связи), так и с задержкой получения необходимой информации.

1. ЗАДАЧА ИДЕНТИФИКАЦИИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ

Сформулируем задачу идентификации экологической ситуации. В каждый момент времени t для каждой точки контроля существует вектор экологических и метеорологических параметров $X_t = (x_{t,1}, x_{t,2}, \dots, x_{t,n})$, который формируется из значений, поступающих от измерительных приборов, установленных в точках контроля.

Обозначим через $Y_t = (y_{t,1}, y_{t,2}, \dots, y_{t,m})$ вектор, с помощью которого дается оценка экологической ситуации в момент времени t . Элементы вектора Y_t представляют собой качественную оценку экологической ситуации по заранее определенной шкале, в которой кодируются:

- тип нештатной или аварийной ситуации;
- место возникновения нештатной или аварийной ситуации;
- уровень опасности;
- тип опасности и др.

Задача идентификации экологической ситуации заключается в том, чтобы на основе анализа информации, полученной в процессе экологического мониторинга, определить вектор Y_t , характеризующий сложившуюся экологическую ситуацию.

Предлагается следующий подход к идентификации экологической ситуации. В каждой точке контроля на основе текущего вектора X_t , определяется вектор Y_t . Затем анализируются результаты идентификации, полученные во всех точках контроля, и делается вывод о текущей экологической ситуации (делается окончательный вывод о векторе Y_t).

Согласно этому подходу, для каждой точки контроля строится функция идентификации экологической ситуации, которая является отображением $\varphi: X \rightarrow Y$, множества входных векторов $X \in R^n$ в множество выходных векторов $Y \in R^m$.

Для построения отображения φ предлагается использовать алгоритмы, для работы которых требуется набор эмпирических данных, в достаточной мере отражающий зависимости между входными и выходными переменными. Такие алгоритмы реализуются, например, с помощью нейронных сетей, деревьев решений, метода группового учета аргументов (МГУА). Для этого необходимо сформировать выборку, состоящую из пар вида $\langle X; Y \rangle$. Компоненты вектора X используются в качестве входа создаваемых формальных конструкций, а компоненты вектора Y в качестве выхода.

Однако неэффективно строить отображение φ в виде одной функции, поскольку число экологических ситуаций может быть большим, а указанные алгоритмы дают

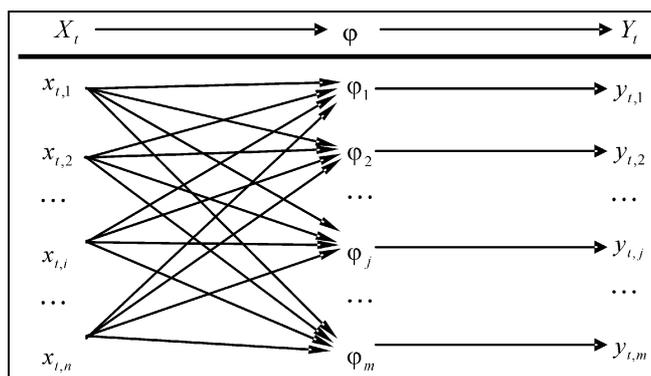


Рис. 1. Схема реализации отображения φ с помощью отображений $\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_m$

наилучший результат, когда число выходных состояний мало. Поэтому для каждой компоненты вектора Y целесообразно строить отдельное отображение из множества входных векторов X , т. е. отображение φ , реализовать с помощью набора отображений $\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_m$ (рис. 1).

Основная проблема при построении отображения φ состоит в необходимости получения обучающей выборки пар $\langle X; Y \rangle$, охватывающей различные экологические ситуации.

2. ПОДГОТОВКА ОБУЧАЮЩЕЙ ВЫБОРКИ. ПРОБЛЕМА РЕПРЕЗЕНТАТИВНОСТИ

Построение отображения φ предполагает, что для каждой экологической ситуации, задаваемой вектором Y , существует набор векторов X , который будет ей сопоставлен.

В базе данных, предназначенной для хранения экологической информации, накапливаются большие объемы данных в виде пар $\langle X_t; Y_t \rangle$. Например, в базу данных системы экологического мониторинга объекта хранения и уничтожения химического оружия по каждой точке контроля вносится более 20 000 записей в год. Однако имеющиеся пары $\langle X_t; Y_t \rangle$ в основном характеризуют штатный режим работы объекта. Большинство нештатных ситуаций либо вообще не возникает в силу их малой вероятности, либо очень редки, поэтому измеренной информации недостаточно для построения репрезентативной выборки.

Методики получения отсутствующей информации о возможных экологических ситуациях благодаря опыту и интуиции высококвалифицированных специалистов-экспертов в данном случае не дают нужного результата. Задача сопоставления наборов экологических и метеорологических параметров конкретным экологическим ситуациям для каждой точки контроля будет не только трудоемкой, но может оказаться невыполнимой в силу невозможности учета экспертами большого числа факторов.

В качестве альтернативного способа получения недостающей информации для формирования обучающей

выборки предлагается моделирование предусмотренных нештатных ситуаций на объекте экологического мониторинга.

В зависимости от типа источника выброса используются различные математические модели и методики расчета распространения вредных веществ в атмосфере. Официально утверждена «Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий ОНД-86», позволяющая рассчитывать распределения концентраций в приземном слое атмосферы в зависимости от условий окружающей среды [2]. Данная методика предназначена для расчета приземных концентраций в двухметровом слое над поверхностью земли, а также вертикального распределения концентраций от точечных, линейно и пространственно распределенных источников. Она предназначена для расчета значений концентраций при постоянном источнике выброса без учета распространения вредных веществ во времени, и в этом ее недостаток. Для расчета динамики распространения вредных веществ в атмосфере используются трехмерные модели переноса и диффузии примеси и их упрощенные варианты [3–5], основанные на решении начально-краевой задачи для трехмерного уравнения параболического типа.

Целесообразно использовать модели расчета распространения вредных веществ и информации об источнике загрязнения, чтобы сформировать обучающую выборку (для каждой точки контроля), необходимую при построении функции для идентификации экологической ситуации.

Опишем процесс построения обучающей выборки для точки контроля с координатами (x_k, y_k) . Он состоит из четырех этапов.

Этап 1. Формирование перечня нештатных ситуаций с указанием диапазонов выбрасываемых вредных веществ.

Нештатная ситуация описывается:

- расположением источника выброса;
- условиями выброса, задаваемыми технологическими особенностями источника;
- набором вредных веществ, выбрасываемых в атмосферу;
- диапазонами возможных изменений уровня выброса каждого вредного вещества.

Когда объект мониторинга представляет серьезную экологическую опасность, создается документ, описывающий потенциальные нештатные и аварийные ситуации. В нем для каждой такой ситуации указывается перечень выбрасываемых вредных веществ, а для каждого вещества возможные минимальный и максимальный уровни выбросов в атмосферу.

Этап 2. Формирование возможных вариантов экологических ситуаций на основе варьирования уровней выброса и параметров окружающей среды в заданных диапазонах.

Конкретный вариант нештатной ситуации задается комбинацией параметров: $\langle(x_b, y_b); S; U\rangle$, где x_b и y_b — координаты источника выброса; $S = (s_1, s_2, \dots, s_g)$ — вектор, элементами которого являются уровни выброса вредных веществ; U — вектор значений, влияющих на

распространение вредных веществ и определяемых технологическими особенностями источника.

На распространение вредных веществ в атмосфере также влияют условия окружающей среды. Обозначим через E вектор параметров окружающей среды, необходимых для расчета концентраций вредных веществ в точке контроля с координатами $(x_k; y_k)$. Часть из них изменяется во времени и входит в состав параметров, измеряемых в процессе экологического мониторинга. Обозначим ее через $E_{изм}$. Другая часть параметров постоянная и характеризует местность, где распространяются вредные вещества. Обозначим ее через $E_{пост}$.

Варьируя элементы (s_1, s_2, \dots, s_g) в заданных диапазонах и параметры вектора $E_{изм}$ в допустимых пределах, получаем различные варианты нештатной ситуации $\langle(x_b, y_b); S; U\rangle$, возникающие в различных условиях E , т. е. формируем варианты экологических ситуаций, учитывая условие $E: \langle(x_b, y_b); S; U; E\rangle$.

Этап 3. Расчет концентраций в точках контроля для каждого варианта экологической ситуации.

Для каждого сформированного варианта экологической ситуации по значениям (x_b, y_b) , (x_k, y_k) , S , U , E рассчитываются концентрации в точке контроля по всем вредным веществам. Затем рассчитываются концентрации вредных веществ в других точках контроля, и оценивается тип и уровень опасности каждого варианта экологической ситуации.

Этап 4. Формирование пар вида $\langle X; Y\rangle$.

Формируются векторы X , состоящие из рассчитанных концентраций вредных веществ и вектора $E_{изм}$. Векторы X образуются, исходя из конкретной экологической ситуации и места ее возникновения, поэтому эти качественные оценки экологической ситуации включаются в вектор Y .

В результате каждому сформированному вектору X сопоставляется вектор Y , т. е. образуется репрезентативная выборка, состоящая из пар вида $\langle X, Y\rangle$.

Состав параметров, входящих в векторы U и E , зависит от конкретной методики расчета распространения вредных веществ. Рассмотрим случай применения методики [2].

В состав вектора U входят:

H , м — высота источника выброса над уровнем земли (для наземных источников при расчетах принимается $H = 2$ м);

F — безразмерный коэффициент, учитывающий скорость оседания вредных веществ в атмосферном воздухе (зависит от коэффициента очистки выбросов);

T_r , °С — температура выбрасываемой газовой смеси;

D , м — диаметр устья источника выброса;

w_0 , м/с — средняя скорость выхода газовой смеси из устья источника выброса.

В состав вектора $E_{пост}$ входят:

A — безразмерный коэффициент, зависящий от температурной стратификации атмосферы;

η — безразмерный коэффициент, учитывающий влияние рельефа местности (в случае ровной или слабопе-

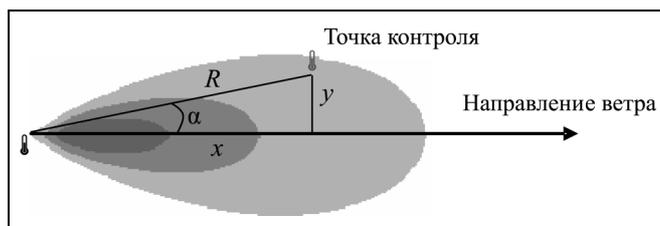


Рис. 2. Факел распространения вредных веществ

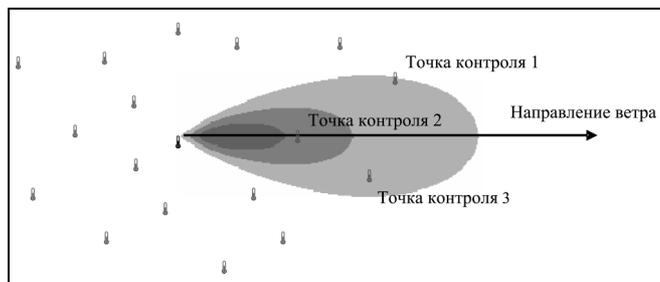


Рис. 3. Факел распространения вредных веществ

ресеченной местности с перепадом высот, не превышающем 50 м/км, $\eta = 1$).

В состав вектора $E_{\text{изм}}$ входят:

T_r , °C — температура окружающего атмосферного воздуха;

ϑ , м/с — скорость ветра;

x , м — расстояние от точки выброса до точки контроля по оси факела;

y , м — расстояние от точки выброса до точки контроля по перпендикуляру от оси факела.

При расчете концентраций вредных веществ вместо значений координат x и y используются значения $R\sin\alpha$ и $R\cos\alpha$, где R — расстояние от точки выброса до точки контроля, α — угол между вектором направления ветра и вектором, соединяющим точку выброса и точку контроля (рис. 2). Значения R и α вычисляются по известным значениям (x_k, y_k) , (x_b, y_b) и направления ветра.

Полученная обучающая выборка используется для построения отображений $\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_m$ путем обучения нейронных сетей, построения деревьев решений и уравнений МГУА.

Функции φ строятся для всех точек контроля и в дальнейшем используются, чтобы в каждой из них получить вектор Y_r , характеризующий сложившуюся экологическую ситуацию. Окончательно вектор Y_t выбирается на основе анализа результатов идентификации, полученных во всех точках контроля. Способ проведения анализа зависит от типа источника выбросов. Рассмотрим пример для точечного непрерывного источника выброса, когда диаграмма распространения вредных веществ имеет форму факела (рис. 3).

Во всех точках контроля, представленных на рис. 1, определяется вектор Y_r . Пусть в точках контроля 1–3 получен результат идентификации, отличающийся от

результатов в других точках, и стали известны компоненты вектора Y_t — тип и место возникновения нештатной или аварийной ситуации. На основе этой информации строятся границы факела распространения вредных веществ. Так как внутри границ факела попадают точки контроля 1–3, то функции φ для этих точек дают одинаковый результат идентификации экологической ситуации (одинаковый вектор Y_r). Следовательно, делается вывод о том, что вектор Y_t , полученный в точках контроля 1–3, является результатом идентификации сложившейся экологической ситуации. На основе текущего вектора $Y_t = (y_{t,1}, y_{t,2}, \dots, y_{t,m})$ принимается решение о принятии мер по разрешению идентифицированной экологической ситуации.

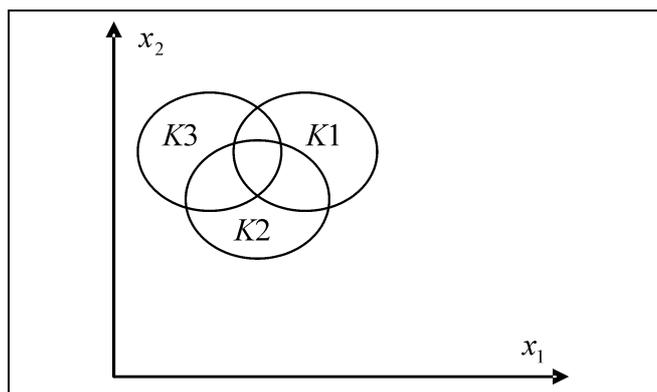
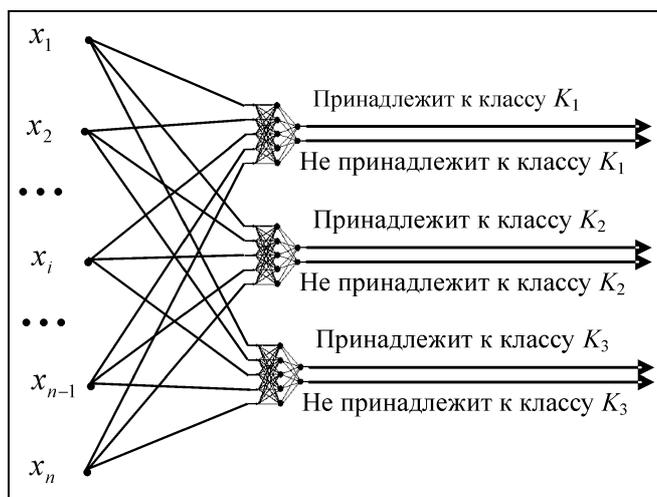
3. РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ ПЕРЕСЕЧЕНИЯ КЛАССОВ В ЗАДАЧЕ ИДЕНТИФИКАЦИИ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ СИТУАЦИЙ

Часто в процессе экологического мониторинга по имеющимся экологическим данным сложившуюся ситуацию нельзя однозначно отнести к определенному классу. Например, одна нештатная ситуация может привести к выбросу вещества в интервале от 1,5 до предельно допустимого выброса 2,5, другая к выбросу того же вещества в интервале от 2,3 до 5,4. Если рассчитать концентрации, которые будут в случае этих двух нештатных ситуаций (при прочих одинаковых условиях), то получим пересечение интервалов измеряемых концентраций; т. е. значения, попадающие в это пересечение, не могут быть однозначно отнесены к одному классу. На практике возможно пересечение более двух классов. Необходимо, чтобы подсистема анализа экологической информации указывала оператору на возможность нескольких вариантов развития экологической ситуации.

При построении выборки для обучения нейронной сети возникает проблема, которая заключается в том, что один и тот же вектор X_t можно отнести к нескольким выделенным классам или, другими словами, одному вектору X_t ставится в соответствие несколько векторов Y . Для двух экологических параметров x_1 и x_2 данная ситуация проиллюстрирована на рис. 4.

Обучить нейронную сеть на данных, в которых есть пересечение множеств выходных векторов, нельзя, так как нейронная сеть не может быть обучена на противоречивых данных. Процесс обучения никогда не прекратится, так как необходимый для прекращения обучения минимум ошибки не будет достигнут. Предлагаются два решения данной проблемы.

Первое решение заключается в образовании новых классов, являющихся результатом пересечения базовых классов. Увеличение числа классов означает возрастание числа состояний, которые кодируются выходными векторами Y . В случае, если используется нейронная сеть, организованная по принципу «первый забирает все», число выходов растет пропорционально числу образованных классов. Когда наблюдается большое число пересечений базовых классов, данный подход приводит к значительному усложнению нейронной сети. Это вызывает снижение эффективности решения задачи


 Рис. 4. Пересечение классов K_1 , K_2 и K_3

 Рис. 5. Ансамбль нейронных сетей для классификации на пересекающиеся классы K_1 , K_2 и K_3

классификации нейронной сетью и уменьшение логической прозрачности структуры нейронной сети.

Второе решение основывается на построении для каждого множества отдельной нейронной сети. Для случая, изображенного на рис. 4, строится три нейронных сети. Первая нейронная сеть производит классификацию на множество K_1 и его дополнение $K_2 \cup K_3/K_1$, вторая — на K_2 и $K_1 \cup K_3/K_2$, третья — на K_3 и $K_1 \cup K_2/K_3$. На рис. 5 изображен ансамбль нейронных сетей, предназначенный для классификации на классы K_1 , K_2 и K_3 , пересекающиеся между собой.

В результате получаем множество нейронных сетей, каждая из которых производит классификацию на два класса, целевой и его дополнение. При подаче на вход вектора X_i каждая нейронная сеть относит его либо к целевому классу, либо к его дополнению. В том случае,

когда две и более нейронных сети относят вектор к целевому классу, это означает, что вектор принадлежит пересечению классов, соответствующих этим нейронным сетям.

Второй подход более эффективный и универсальный, так как обеспечивает более понятные правила классификации и не требует образования большого числа новых классов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе предложен подход к построению модуля идентификации экологической ситуации. Преимущество предложенного подхода заключается в возможности формирования логических правил, позволяющих идентифицировать экологическую ситуацию, которая ранее не возникала в процессе экологического мониторинга. Однако его эффективность снижается из-за неполноты исходной информации, используемой для моделирования. В списке нештатных и аварийных ситуаций не реально предусмотреть все возможные варианты ситуаций. Исследование особенностей функционирования объекта управления и анализ возникающих ситуаций позволит получить дополнительную информацию, необходимую для построения модуля идентификации экологической ситуации.

Построение модуля идентификации экологической ситуации на основе предложенного подхода позволяет повысить адекватность принятия оперативных решений по управлению сложившейся экологической ситуацией и способствует безопасному функционированию потенциально опасных технологических объектов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дюк В., Самойленко А. Data mining: учебный курс. — СПб.: Питер, 2001. — 368 с.
2. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. ОНД-86. — Л.: Госкомгидромет, 1987. — 140 с.
3. Yoshida A. Two-dimensional numerical simulation of thermal structure of urban polluted atmosphere (effects of aerosol characteristics) // Atmos. Env. — 1991. — N 1. — P. 17–23.
4. Bianconi R., Tamponi M. A mathematical model of diffusion from a steady source of short duration in a finite mixing layer // Atmos. Env. — 1993. — N 5. — P. 781–792.
5. Chrysikopoulos C. V., Hildmann L. M., Roberts P. V. A three-dimensional steady-state atmospheric dispersion-deposition model for emission from a ground-level area source // Atmos. Env. — 1992. — N 5. — P. 747–757.

☎ (495) 334-92-49; e-mail: veresnikov@ipu.rssi.ru

Статья представлена к публикации членом редколлегии В. В. Кульбой. □

НЕР-СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ — НОВЫЙ ТИП СИСТЕМ, ОРИЕНТИРОВАННЫЙ НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКУЮ БЕЗОПАСНОСТЬ И ЗАЩИТУ ОТ ОШИБОК ПЕРСОНАЛА

А. А. Амбарцумян

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

Сформулированы принципы построения систем управления технологическими процессами, защищенных от ошибок персонала. Предложена схема управления, основанная на расширенной событийной модели автоматизированного производства и включающая в себя модель «технологическая сеть», модель «технологические процессы» и модель регламентов — активные технологические сценарии. Последние в сочетании с событийными моделями предоставляют новые возможности автоматизации управления технологическим процессом: управление процедурой ведения процессов, автоматизированный контроль и управление деятельностью персонала, координация служб и технических работ на объекте, разграничение уровней управления путем персонализации интерфейсов.

*Светлой памяти
Ивери Варламовича Прангишвили посвящается*

ВВЕДЕНИЕ

Управление техническими объектами — научное направление и прикладная область деятельности — входило в круг интересов Ивери Варламовича Прангишвили и как ученого, и как директора Института проблем управления [1, 2] на протяжении всей его научной деятельности. Влияние человеческого фактора в управлении техническими объектами, особенно с потенциально опасной технологией, И. В. Прангишвили считал одним из важнейших аспектов в обеспечении безопасности функционирования этих объектов, а системный подход к разработке и равномерное распределение «управленческой нагрузки» залогом успешности автоматизации. В работе [3] отмечалось, что в сложившейся практике создания систем автоматизации технологическими процессами по всем уровням управления преобладает «лоскутный» подход, для которого характерна различная и зачастую не согласованная степень автоматизации отдельных участков и(или) функций технологии и производства, а принятие решений в экстремальных ситуациях возлагается на человека. В работах [4, 5] предложены

событийные модели автоматизированного производства и разработаны схемы управления технологическими процессами, в значительной степени повышающие уровень автоматизации управления технологическими процессами. И. В. Прангишвили живо интересовался эти работы, и по его предложению они были представлены от Института на выездном бюро ОЭММПУ РАН в октябре 2005 г. В развитие этих работ в настоящей статье формулируются принципы построения НЕР-систем (НЕР — human errors protected) — систем управления технологическими процессами, защищенными от ошибок персонала, и излагаются логические основы функционирования таких систем.

1. ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ НЕР-СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ

Ограничимся декларативным изложением принципов, поскольку объем статьи не позволяет привести необходимую аргументацию:

— принцип *максимально возможного уровня автоматизации* декларирует передачу функций управления ав-

томатически выполняемым алгоритмам (везде, где это возможно);

— принцип прогноза требует включения в контуры управления механизмов (инструментов) прогноза;

— принцип мониторинга на уровне макроситуаций требует обеспечения дружелюбности интерфейса на уровне процессов, а не отдельных приводов и параметров (модель процессов должна быть увязана как с параметрами, так и со структурой потоков);

— принцип профилирования требует определения на уровне проекта системы полномочий лиц, участвующих в процессе управления;

— принцип инициативного диалога предполагает контроль участия человека-оператора в управлении процессами (везде, где это возможно).

Принципы профилирования и инициативного диалога выдвинуты нами с целью разрешения основной коллизии традиционной схемы управления процессами, заключающейся в том, что персонал как инициирует выполнение функций управления, так и контролирует результаты их исполнения, на основе чего он и планирует свои действия по управлению технологическим процессом. В традиционной схеме оператор находится над всеми задачами, выступая инициатором и контролирующим звеном цепочки управления. Основным ограничительным инструментом служат предписания регламентов и должностные инструкции. В предлагаемых ниже моделях осуществляются формализация регламента и включение его модели в качестве главного супервизорного звена в схему управления. Наличие модели регламента дает возможность на уровне SCADA-системы включить исполняемое приложение, имитирующее действия оператора при выполнении регламента. Это позволило, с одной стороны, автоматизировать ряд функций, которые в традиционной схеме выполняет оператор; с другой стороны, ограничить роль персонала в рамках потребностей технологического процесса в конкретный момент. Другими словами, решение от персонала востребуется только тогда, когда это необходимо по технологии и в соответствии с рекомендациями нормативных документов. Регламентами и определяется роль человека в цепочке управления технологическим процессом в этот момент времени. Реализация предложенных принципов создает системотехнические предпосылки для защиты управления от ошибок персонала.

Принципиальная основа системы управления определяется схемой управления. Схема управления — это структура абстракций (объектов, агентов, субъектов) и правила их взаимодействия, обеспечивающая:

- сбор данных об объекте управления и среде;
- анализ (идентификацию) состояния и цели управления;
- определение рассогласования и траектории достижения цели;
- выработку управляющих воздействий и контроль за их осуществлением.

Собственно схема управления является основополагающим решением в концепции управления и определяет функциональность системы управления и во многом ее облик.

В качестве логической основы НЕР-систем управления процессами в работе предлагается схема управле-

ния, основанная на расширенной событийной модели автоматизированного производства. Расширение событийных моделей относительно работы [4] заключается во введении:

— нового компонента в событийных моделях — *схемы диалога*, определяющей порядок и ограничения на действия персонала при управлении технологическим процессом (ТП);

— моделей регламентов — активных сценариев, меняющих в корне схему управления, предложенную в работе [4].

Далее кратко излагается расширение событийной модели, но основное внимание сосредотачивается на новых компонентах и схеме управления.

2. МОДЕЛЬ ДИАЛОГА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ С ЧЕЛОВЕКОМ

Модель диалога устанавливает правила взаимодействия автоматизированной системы с оператором. Формально диалог задается в системе следующей структурой:

$$D = \langle Sh, t, P, Kl, r \rangle.$$

Схема *Sh* диалога определяет порядок взаимодействия пользователя с системой, описывая форму диалога, запросы и сообщения пользователю, а также возможные варианты реакции оператора по данной схеме. Схема диалога представлена набором $Sh = \langle F, Q, Ans, ans_0 \rangle$, где форма *F* диалога задает интерфейс вывода сообщений, *Q* — набор сообщений пользователю, выводимых в диалоге. Это могут быть инструкции для выполнения или команды, декларативные сообщения и запросы данных; *Ans* — правила, определяющие допустимые варианты ответа. Это может быть список возможных ответов $ans_1, ans_2, \dots, ans_n$ или пределы допустимых значений вводимой величины и прочие условия проверки достоверности ответа пользователя; *t* — время ожидания ответа оператора; ans_0 — переменная, определяющая значение результата диалога по умолчанию, как раз то, которое принимается автоматически, если оператор не успел дать ответ на запрос диалога за время *t*; *P* — структура, определяющая права реакции на диалог по группам пользователей системы. Именно с помощью этой структуры выполняется распределение видов диалогов и соответственно видов управления между персоналом с разными функциями. Модель диалога определяет также и выходные значения запросов, это: *Kl* — логическая переменная, формирующая статус диалога, $Kl = 0$ при запуске диалога и $Kl = 1$ при получении результата и закрытии диалога; *r* — переменная, принимающая значение результата диалога, например, варианта ответа персонала на запрос.

Для каждого случая обращения к оператору на фазе проекта модели управления должен быть сформирован диалог необходимого вида и формы. Диалог описывает текущую ситуацию, обозначает цель обращения и запрашивает реакцию человека. Формат диалога задается для каждого случая моделью диалога, которая определяет информативные сообщения оператору, инструкции к исполнению, варианты ответов, допустимое время реакции на запрос и ответ, принимаемый по умолчанию.



3. РАСШИРЕННАЯ СОБЫТИЙНАЯ МОДЕЛЬ ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ И ПРОЦЕССОВ

Расширенная событийная модель технологического объекта управления и процессов включает в себя:

- модель TN «технологическая сеть» (ТС), которая в свою очередь состоит из моделей агрегатов A (арматуры, насосов, емкостей и т. д.) и модели материаловодов R (пассивных элементов — труб, проводов и т. д.);
- модели «технологические процессы» TP — технологически востребованные конфигурации (фрагменты технологической сети, установки, передель и т. п.);
- модели регламентов TS — активные технологические сценарии.

Модель технологической сети определяет структуру производства и состоит из множества моделей агрегатов и продуктопроводов, она показывает, как соединены друг с другом агрегаты материальными потоками и позволяет проследить движение материала и изменение его свойств в производственном процессе. Технологическая сеть представляется ориентированным графом $TN = \langle A, R \rangle$, множество вершин которого $A = \{a_i | i \in I_A\}$ моделирует¹ различного рода оборудование производства, а множество дуг $R = \{r_{ij} | i, j \in I_A\}$ моделирует материалопроводы, соединяющие продуктовые входы и выходы агрегатов, i и j — индексы агрегатов, которые вызывает дуга.

Модели агрегатов (компоненты множества A) определяют поведение и свойства минимальных неделимых единиц технологической сети, которые изменяют параметры материала или свойства потока. Модель агрегата представляется набором $a = \langle H, Z, U, X, LCA, Q \rangle$, где H и Z — множества входов и выходов материальных потоков агрегата, U и X — команды на агрегат и индикация его состояний Y (взаимосвязь X и Y задается при определении модели конкретного агрегата). $LCA = \langle U, X, Y, \delta, \lambda, D \rangle$. Жизненный цикл агрегата описывается конечным автоматом, который определяет взаимосвязь между состояниями агрегата и условиями их смены. Функция переходов δ задает правила смены состояний агрегата из текущего положения y_i в новое y_{i+1} в зависимости от команды на него: $y_{i+1} = \delta(y_i, u_i)$. Функция выходов λ выражает значения информационных выходов через текущее состояние агрегата и команду, поданную на агрегат: $x_i = \lambda(y_i, u_i)$. Новым в модели агрегата является множество диалогов D , которое определяет способы взаимодействия человека с моделью агрегата. Каждый диалог задает сообщения персоналу и возможные варианты реакции. Диалоги, используемые в модели агрегатов: запрос положения агрегата, запрос визуальных параметров агрегата; инструкция по установке агрегата в требуемое положение, команда на ручное управление и подтверждение исполнения команды.

Модель TN такова, что, с одной стороны, реагирует на события-команды сменой состояния и генерацией соответствующих событий; с другой стороны, позволя-

ет, с помощью специальных процедур, исходя из текущего состояния сети: определить реализуемость того или иного процесса; вычислить требуемое управление на агрегат при его настройке; сформировать обязательное условие целостности процесса.

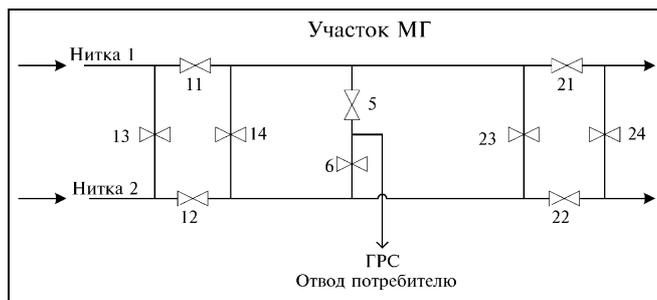
Модель технологического процесса TP в схеме управления предназначена для: представления в системе состояний реальных процессов и имитации их выполнения сменой состояний жизненного цикла модели; задания локальной технологической цели; определения индикаторов выполнения фаз жизненного цикла и условий целостности процесса, по которым осуществляется его мониторинг.

Формально модель представляется набором $TP_j = \langle A_j, R_j, CS_j, LCP, dest_j \rangle$, где A_j и R_j — подмножества агрегатов и материалопроводов, используемых в процессе TP_j , $dest_j$ — код функционального назначения ТП. Множество конфигураций ТП $CS_j = \{cs_s | s \in I_{cs}\}$, где каждая конфигурация определена следующим набором: $cs_s = \langle ms_s, m\phi_s, m\psi_s, lm_s \rangle$, здесь ms_s , $m\phi_s$, $m\psi_s$ — как и в работе [3], кортежи настроек агрегатов и функций реализуемости и готовности. Они определяют состав агрегатов процесса TP_j , используемых в конфигурации cs_s , последовательность их настройки на требуемое состояние, условия (по каждому агрегату) возможности его участия и готовность к работе в процессе. Кортеж настроек формируется при задании модели процесса TP_j на стадии определения его функционирования и когда становится понятно — какие и при каких условиях возможны конкретные конфигурации процесса. Кортежи настроек агрегатов удобно представлять в виде таблицы, в «шапке» столбцов которой указывать номера агрегатов, а в строках ниже для каждой конфигурации ТП — их состояния для соответствующей конфигурации.

Далее, lm_s — набор секвенций контроля режима. Для каждого режима процесса требованиями технологии определяются критические события, наступление которых идентифицируется определенными условиями, по обнаружению которых необходимо выполнить соответствующие действия по управлению ТП. Событийные модели процессов содержат наборы таких условий и действий по ним, которые задаются в секвенциальной форме: *условие* → *действие*. *Условием* является логическое выражение, аргументами которого могут быть параметры и уставки технологического процесса, состояния оборудования, фазы и состояния моделей ТП, а также накопленные знания о ходе технологического процесса. *Действиями* в секвенциях являются команды управления агрегатами, моделями процессов или персоналом. Набор секвенциальных записей, предписывающих контроль параметров процесса в определенном режиме, оформляется в частный лист мониторинга этого режима — ml_s .

На рис. 1 приведен пример газотранспортной сети на линейном участке (ЛУ) магистрального газопровода (МГ), в котором существуют следующие потоки целевого продукта: a_{11} , a_{21} — поток газа по нитке 1 магистрального газопровода, он обеспечивает технологический процесс основного транспорта газа; a_{12} , a_{22} — поток газа по нитке 2 МГ — выполняет аналогичную задачу по нитке 2 МГ; a_5 — поток газа на газораспределительную

¹ Здесь и далее, если A множество, то I_A — множество индексов его элементов.


Рис. 1. Линейный участок магистрального газопровода

станцию (ГРС) — обеспечивает технологический процесс отвода газа местному потребителю от нитки 1 МГ.

В табл. 1—3 показаны примеры кортежей настройки структуры технологических процессов: «ЛУ1 — транспорт газа по нитке 1 МГ», представленного на рис. 1 для двух конфигураций: cs_1 — конфигурация выключения нитки 1 магистрального газопровода из технологической сети и cs_2 — конфигурация подключения нитки 1 МГ к сети; аналогично — «ЛУ2 — транспорт газа по нитке 2 МГ», «Отвод — транспорт газа потребителю». Там же даны матрицы $M\Psi_1/M\Phi_1$, $M\Psi_2/M\Phi_2$ и $M\Psi_3/M\Phi_3$, которые определяют условия реализуемости и готовности к исполнению соответственно по каждому агрегату; β — признак занятости.

Требуемые в каждой конфигурации положения агрегатов в таблицах задаются именами состояний агрегатов, которые были определены в жизненных циклах моделей агрегатов. Здесь, например, y_1 обозначает закрытое положение крана, а y_3 — открытое. Для актуализации выбранной конфигурации необходимо, чтобы все агрегаты процесса были переведены в указанное состояние. Агрегаты, состояние которых указано не именем, а знаком «~», не требуется переводить в определенное положение, и допускается, чтобы они оставались в любом текущем состоянии.

В табл. 4 показан частный лист мониторинга процесса ЛУ1—1 для всех режимов, предназначенный для добавления в общий лист мониторинга. Реакции здесь представлены обозначениями сценариев, которые вызываются при наступлении условий. Например, действие «ТС14» обозначает вызов технологического сценария (ТС), который организует перераспределение потока газа на ЛУ1 между нитками по заданному давлению на входе и выходе участка; а действие d_{25} (ЛУ1—1) производит вызов диалога типа d_{25} со свойствами указанного процесса. В качестве аргументов логического выражения условий секвенций возможны следующие: параметры и уставки технологического процесса (пример: $t > t_{уст}$); состояния агрегатов (например, $y(a_6) = \text{открыт}$, $q(a_5) = \text{исправен}$); имена режимов ТП и статус процессов: (пример: $s(\text{ЛУ1—1}) = \text{активен}$); результаты диалогов с персоналом: (пример: $r(d_{25})$); статус какого-либо сценария — запущен или не используется; информационное событие, созданное системой при анализе ситуации (пример: пожар—ГРС).

В правой части секвенциального выражения могут быть действия таких типов: команды управления агрегатами (пример: $u^1(a_3)$); команды изменения режима процесса (пример: ЛУ1—2); команды запуска сценариев; вызов диалога с персоналом (информационное сообщение, директива и др.), см. табл. 4.

Таблица 1

Линейный участок 1 — транспорт газа по нитке 1 МГ (ТР1)

a	11	12	13	14	21	22	23	24	Режим
MS_1	y_1	y_3			y_1	y_3	y_1	y_3	Отключить
	y_3		~		y_3		~		Включить
$M\Phi_1$	$(P_{ЛУ1} < P_{уст}) \& \beta$		β		$P_{ЛУ1} < P_{уст}$		β		—
$M\Psi_1$	x_1	x_3			x_1	x_3	x_1	x_3	—
	x_3		—		x_3		—		—

Таблица 2

Линейный участок 2 — транспорт газа по нитке 2 МГ (ТР2)

a	11	12	13	14	21	22	23	24	Режим
MS_2	y_3	y_1	y_3	y_1	y_3		y_1	y_3	Отключить
	~	y_3		~		y_3		~	Включить
$M\Phi_2$	$(P_{ЛУ2} < P_{уст}) \& \beta$		β		$P_{ЛУ2} < P_{уст}$		β		—
$M\Psi_2$	x_3	x_1	x_3	x_1	x_3		x_1	x_3	—
	—	x_3		—		x_3		—	—

Таблица 3

Отвод — транспорт газа потребителю

a	11	12	5	6	Режим	
MS_3	~			y_3	y_1	От нитки 1
	~			y_1	y_3	От нитки 2
$M\Phi_3$	$(P_{ЛУ1} > P_{уст}) \& \beta$		$P_{ЛУ2} > P_{уст}$		β	—
$M\Psi_3$	—			x_3	x_1	—
	—			x_1	x_3	—

Таблица 4

Лист мониторинга. Процесс «ЛУ1 — нитка 1»

Режим S	Условия	Действия
Табл. 1	$P_{\min} > P_{ЛУ1-11} > P_{\max}$ $P_{\min} > P_{ЛУ1-21} > P_{\max}$	ТС14(ЛУ1—1)
Табл. 1 и 2	$Q_{ГРС} > Q_{план1}$ Пожар — ГРС $t > t_{уст}$	d_{16} (ЛУ1—1) $ТС26$ (ЛУ1—1) d_{25} (ЛУ1—1)
Табл. 2	$P_{\min} > P_{ЛУ1-12} > P_{\max}$ $P_{\min} > P_{ЛУ1-22} > P_{\max}$	ТС14(ЛУ1—1) ТС14(ЛУ1—2)

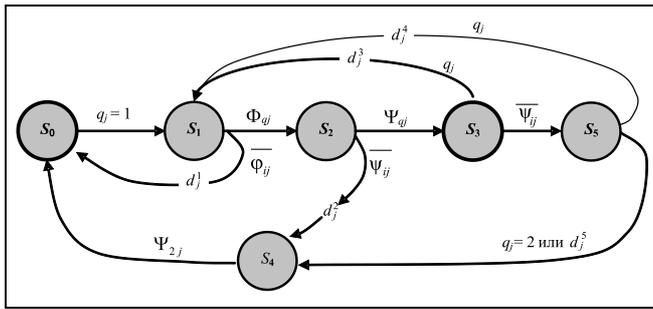


Рис. 2. Граф жизненного цикла процесса

В момент запуска процесса и активизации какого-либо режима соответствующие секвенции частного листа мониторинга добавляются в общий лист мониторинга. Общий лист мониторинга един для всех активных процессов списком условий возникновения критических событий и реакций на них. Он непрерывно просматривается при работе системы, и когда какое-либо условие становится истинным, то выполняется соответствующее действие (реакция), требующееся для данного процесса в этот момент. При остановке процесса секвенции контроля его режима удаляются из общего листа мониторинга, а при смене режима происходит замена секвенций.

Жизненный цикл LCP_j процесса TP_j (рис. 2) — это конечный автомат $LCP_j = \langle E_j, S_j, W_j, \delta_j, \lambda_j, s_0 \rangle$, состояния которого $S_j = \{s_i | i \in I_{S_j}\}$ представляют собой шаги (фазы) выполнения технологического процесса: состояние «невостребованности» (s_0); фаза проверки реализуемости процесса, исходя из текущего состояния TN (s_1); фаза настройки оборудования (агрегатов) на выполнения TP_j (s_2); выполнение процесса TP_j с заданной структурой и параметрами (s_3); выполнение с отклонениями (реконфигурация) (s_4), аварийное завершение, нормальное завершение (s_5); это типичные фазы жизни технологических процессов. Через $E_j = \{e_k | k \in I_{E_j}\}$ обозначено множество входных символов — входных событий, управляющих переходами в жизненном цикле LCP_j . Основные из них: событие запуска (это или условие автоматического запуска или команда запуска); проверка потенциальной готовности из текущего состояния TN выполнить процесс $TP_j - e_i ::= (\Phi_j = 1)$; событие активности $TP_j - e_q ::= (\Psi_j = 1)$, подтверждающее факт настройки состояния TN на выполнение процесса TP_j ; событие отклонения от норм ведения процесса $e_r ::= (\Psi_j = 0)$ — срабатывание «поточных» блокировок; событие гашения (утилизации) процесса. Далее $W_j = \{w_i | i \in I_{W_j}\}$ — множество выходных символов — событий, порождаемых процессом как структурной единицей, характеризующей состояние TN : команды запуска дополнительных процессов; сообщения о реконфигурации структуры

процесса TP_j в виде имен диалогов; запросы к оперативному персоналу, тоже как вызов диалога; сообщения в архив; срабатывание «поточных» защит.

Функции δ_j и λ_j задают взаимосвязь входных событий, состояний и выходов.

Диалоги, используемые в модели процесса:

- в листе мониторинга, для информирования об изменении режима процесса, отработке технологической и аварийной защит;

- в таблице $M\Phi$ для запроса состояния неавтоматизированных агрегатов, установок, параметров процесса и проверки условий запуска режима процесса.

4. АКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СЦЕНАРИИ

Целенаправленное функционирование производства определяется текущими планами и обеспечивается выполнением регламентов. Регламенты определяют последовательность запуска/гашения процессов, условия мониторинга и изменения режимов процессов, в зависимости от сложившихся ситуаций и(или) изменения целей. Последовательные операции естественно моделируются взвешенными ориентированными графами, а их интерпретация может заменить действия оперативного персонала, если эти действия однозначно определены.

Для этого в состав событийных моделей включены TS — активные технологические сценарии (АТС) — диаграммы, представляющие планы достижения конкретных технологических целей в виде совокупности этапов, порядка и условия их выполнения.

Формально АТС представляется набором: $TS = \langle STR, INST, LCS, ml \rangle$, где STR — структура алгоритма исполнения сценария или последовательность выполнения команд и операций. Структура сценария задается графом переходов (вершины соответствуют инструкциям, а ребра отражают последовательность исполнения), или табличным способом, при котором последовательность интерпретации строк таблицы определяется номерами в специальном поле, либо в виде мнемонической записи функции следования инструкций и условий перехода между ними. Структура технологического сценария, заданная в виде графа, представлена на рис. 3.

Имеется несколько типов 1–6 вершин графа. Основная вершина, в который указываются действия и команды, имеет вид прямоугольника (рис. 4). Так обозначается позиция или один шаг сценария. Позиция может иметь предусловие исполнения и постусловие. Предусловие означает, что действия этой позиции могут быть выполнены только после того, как это условие станет истинным. Здесь применяется секвенциальная форма задания условий: «если <условие> то <команда>», где <условие> — логическое выражение, аргументами которого могут быть параметры и (или) уставки ТП, состояния оборудования, фазы и состояния моделей ТП, а также накопленные знания о ходе ТП. Таким образом, позиция — это набор команд управления ТП, не имеющих собственных отдельных условий выполнения и завершения. В их числе могут быть команды управления

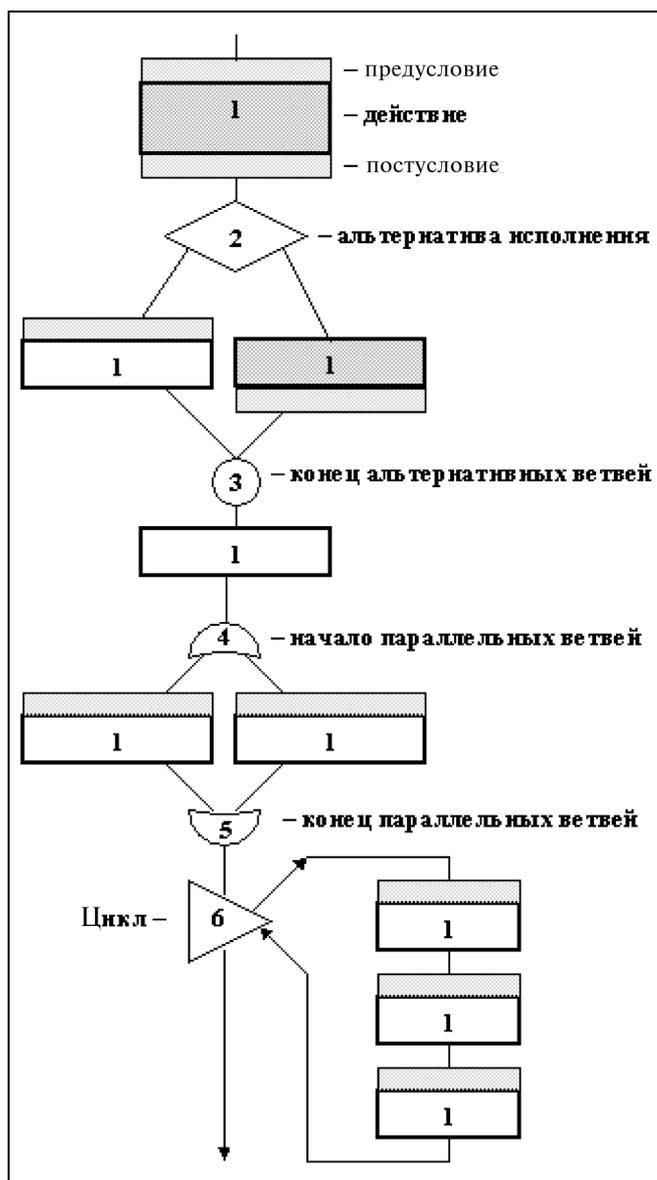


Рис. 3. Структура технологического сценария

положением исполнительного оборудования, команды реконфигурации модели ТП, команды вызова другого ТС на исполнение, руководящие инструкции персоналу о ручном управлении или организационных мероприятиях. Если в позиции есть хотя бы одна инструкция персоналу по воздействию на ТП, то такая позиция отмечена розовым цветом. А если инструкция в ней требует подтверждения исполнения, то такая позиция имеет в постусловии вызов диалогового окна с пользователем о подтверждении действия. Фактически все ручные операции требуется подтвердить, чтобы указать системе, что они были выполнены, если только инструкция носит обязательный характер, а не рекомендательный. Поэтому инструкции персоналу (розовые позиции) чаще всего содержат постусловие.

Если в какой-либо позиции сценария присутствует команда реконфигурации процесса в тот режим, который уже активен, то такая команда игнорируется.

Вершина графа в виде ромба обозначает альтернативное ветвление (рис. 5). Путь выполнения графа может пройти только по одной из альтернативных ветвей. Слияние альтернативных ветвей обозначается кругом. Вершина графа в виде шляпки гриба указывает на начало параллельных ветвей графа, команды этих ветвей выполняются одновременно и независимо (рис. 6). Вершина графа в виде чаши завершает параллельные ветви. Вершина графа в виде треугольника начинает и завершает цикл позиций (рис. 7).

Через *INST* обозначен набор типов инструкций и команд, используемых в сценарии. В моделях технологических регламентов, задаваемых ТС, в контексте системы управления, реализованной на основе событийных моделей агрегатов и процессов, можно выделить следующие виды действий в вершинах.

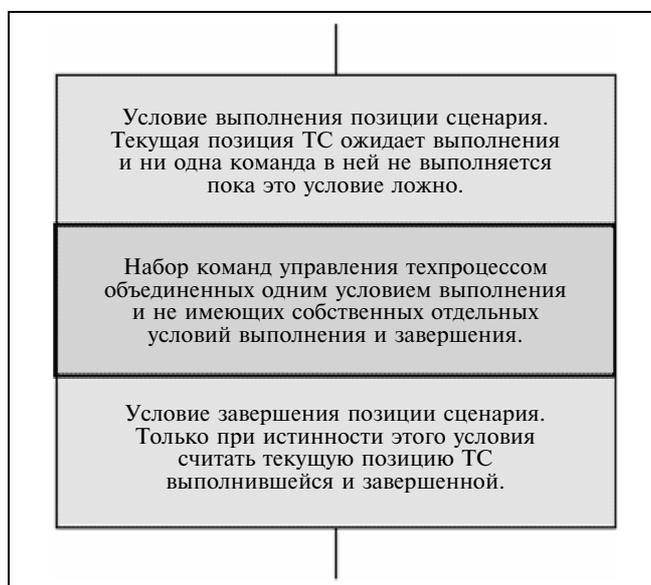


Рис. 4. Позиция действия

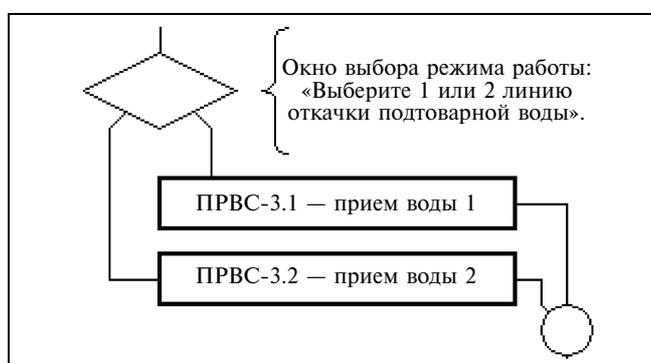


Рис. 5. Позиция выбора

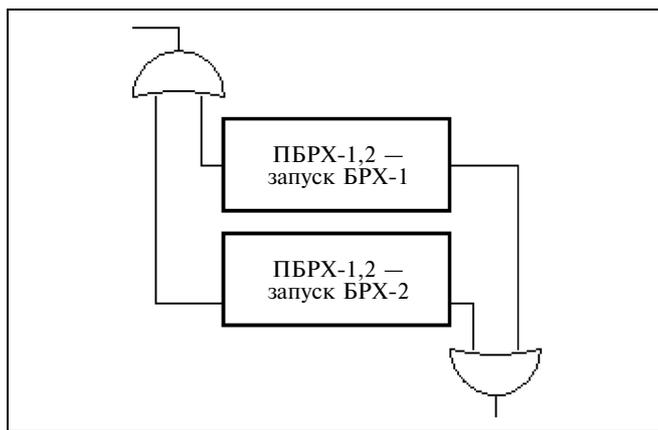


Рис. 6. Параллельные ветви

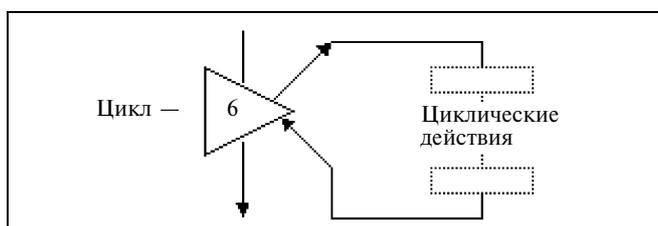


Рис. 7. Позиция «цикл»

- Команды управления агрегатами и контроля состояния, такие как:
 - сменить состояние агрегата: $y(a_i) = 3$ или a_i^3 ;
 - опросить положение агрегата $y(a_i)$.
- Команды управления моделями технологических процессов:
 - запустить процесс в указанной конфигурации (режиме); пример: ЛУ1—2 — установить процесс ЛУ1—1 в режим 2; если процесс пассивен в данный момент, то он запускается;
 - перевести процесс в определенный режим; пример: ЛУ1—2 — если процесс активен, то он изменяет свой режим на режим 2;
 - завершить процесс: *StopPr(ЛУ1—1)*.
- Команды манипулирования технологическими сценариями:
 - запуск сценария, пример: *ТС5* — без операндов, *ТС14(ЛУ1—1)* — запуск сценария обслуживания процесса ЛУ1—1;
 - приостанов сценария: *Pause*;
 - останов сценария: *End*.
- Диалоги с оператором:
 - запрос на подтверждение или ввод данных о событии, квитирование сообщений и автоматических команд;
 - запрос значения параметра; пример диалога — сообщение: «Введите значение уставки», поле ввода, действия: «ОК», «Отменить»;

- запрос выбора варианта управления, таких как: выбор конфигурации процесса, выбор направления исполнения сценария, выбор параметров для мониторинга; пример диалога — сообщение: «Участок ЛУ1—1 был отключен, для сохранения производительности требуется перераспределить нагрузку на дополнительную нитку МГ. Выберите нитку МГ: а) нитка 2; б) нитка 3;», действия: выбор позиции, «ОК», «Отменить»;
- запрос имени дополнительного сценария на исполнение: сообщение «Выберите сценарий для выполнения», перечень сценариев, действия «Выбрать», «Отменить»;
- запрос имени процесса для конфигурации структуры технологической сети: Сообщение «Требуется запустить насосы внешней откачки. Выберите из перечня: список насосов, «Выбрать», «Отменить»;
- координирование техническими работами: инструкции оператору по обеспечению ТП, наряд-заказы на работы по обслуживанию ТП, координация нескольких служб для выполнения одной задачи. Пример — Сообщение: «Произвести ремонт насоса НВО-2», действия: «Сформировать наряд», «Отложить», «Отменить».
- комплексное управление процессами: запуск-останов процесса, выбор конфигурации, выбор параметров для мониторинга

На рис. 8 приведен пример структуры сценария, формирующей одновременное выполнение нескольких последовательностей команд управления технологическим объектом управления (ТОУ). Здесь показаны три параллельных ветви: *A*, *B* и *C*. В ветви *A* устанавливаются режимы заполнения для нефтегазовых сепараторов (НГС) первой ступени и дается инструкция персоналу произвести неавтоматизированное действие, эта позиция считается выполненной после выполнения условия, требующего подтверждения ручной операции от оператора процесса. Одновременно, в ветвях *B* и *C* устанавливается режим запуска блока реагентного хозяйства (БРХ) на подачу деэмульгатора в поток нефти на входах сепараторов первой ступени.

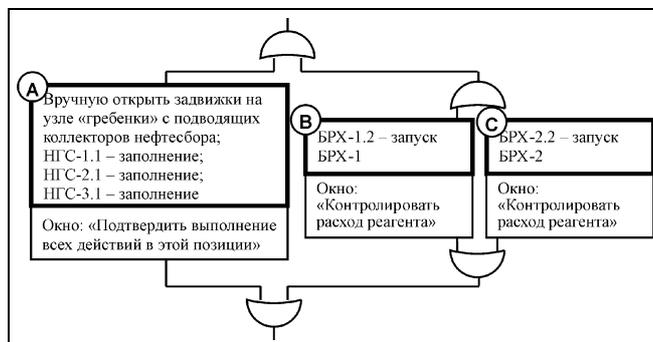


Рис. 8. Пример использования диалогов в технологическом сценарии

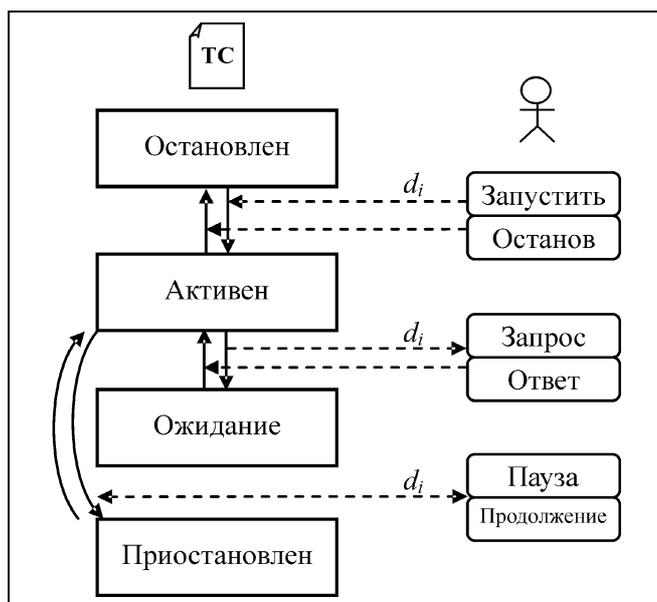


Рис. 9. Диаграмма жизненного цикла технологического сценария

Позиция, предписывающая действия для выполнения ручной операции, вызывает инструктирующий диалог с персоналом, таким образом, устанавливая исполнительную роль человека в этот момент. По результату действия предписывающей позиции, которая требует ручного воздействия на ТП, вызывается диалог для контроля исполнения ручных операций (запрос на факт события), в этом случае человек выступает в роли инициатора события. Диалоги этого уровня полномочий выдаются оператору процесса. Запросы, касающиеся изменения технологии, и стратегические мероприятия по выбору направления развития процесса требуют решения технолога объекта.

Для решения определенной задачи управления объектом при выполнении технологического сценария возникает необходимость контролировать параметры процесса или ожидать какого-либо события. Условия наступления заданных событий и реакции на них оформляются в виде секвенциальных записей таких же, которые используются для контроля режима процесса (см. § 3). В позициях сценария в специальном формате записывается команда включения условия идентификации события (секвенции) в лист мониторинга: *AddSq* (<Логическое условие> → <Действие>). В виде секвенциальных записей в листе мониторинга формируются технологические и аварийные защиты, блокировки, сигнализации и т. п. По завершению работы сценария либо при изменении задач контроля и управления некоторые условия могут быть отменены, тогда для удаления из листа мониторинга соответствующих секвенций в позиции сценария должна помещаться следующая команда: *DelSq* (<Логическое условие> → <Действие>). Жизненный цикл *CLS* технологического сценария определяется перечнем состояний и правилами их смены и описывается диаграммой (рис. 9).

В состоянии «остановлен» сценарий не востребован системой управления, и он не выполняется. Для оператора сценарий в этом состоянии находится в списке пассивных сценариев. По команде оператора или по инструкции из другого активного сценария, пассивный сценарий может быть вызван на выполнение. В этом случае он переходит в состояние «Активен» и перемещается в список активных сценариев. Происходит последовательная интерпретация позиций сценария, исполнение команд и инструкций. Если в какой-либо позиции присутствует инструкция оператору с подтверждением выполнения или запрос выбора управления, то при выполнении этой позиции сценарий переходит в состояние «Ожидание» и находится в нем, пока не поступит ответ оператора. Если при выполнении нескольких параллельных ветвей сценария в одной из них выполняется безвременный запрос оператору, то только эта ветвь находится в состоянии ожидания, а сценарий продолжает выполняться по остальным. Тем не менее, оператор уведомляется о приостановке хода части сценария с целью ожидания ответа. Выполнение сценария может быть приостановлено по команде оператора или по инструкции из другого сценария. В этом состоянии инициированные сценарием процессы продолжают работу в текущих режимах и остаются под контролем системы автоматизации, новые позиции сценария не интерпретируются и не исполняются. В состоянии «Остановлен» сценарий переводится, когда все его позиции выполнены и цель управления достигнута, либо по команде оператора.

Технологический сценарий предназначен для решения определенной задачи управления объектом. Для каждой задачи создается свой сценарий достижения цели, который на уровне управления заранее описанными моделями процессов и установок шаг за шагом формирует требуемую структуру и режим работы производственного объекта. Сценарий настраивает необходимые режимы работы процессов и установок, руководит техническим персоналом для выполнения неавтоматизированных действий, подсказывает оператору о развитии ситуации при выборе им альтернативных команд. Технологию производства предоставляется множество сценариев, соответствующих различным технологическим задачам. Из этого множества выбирается актуальный в данной ситуации сценарий и запускается на исполнение.

5. СХЕМА УПРАВЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ РАСШИРЕННЫХ СОБЫТИЙНЫХ МОДЕЛЕЙ

Вначале определим основу схемы управления — функционирование событийных моделей.

В конкретный момент времени t имеет место разбиение технологического процесса TP на подмножество активных SAP_t и пассивных SPP_t процессов. Подмножество SAP_t формируется по следующему правилу:

$$\forall j : TP_j \in SAP_t \Rightarrow STP_t(TP_j) \neq s_{j0}.$$

Функция (процедура) $SAP_t(TP_j)$, определенная на элементах множества TP , значение которой равно состоянию жизненного цикла процесса TP_j в момент вре-

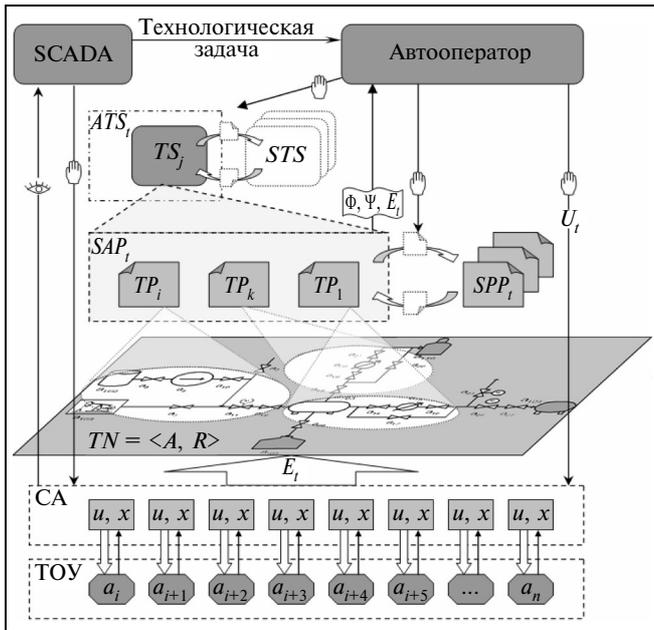


Рис. 10. Состав и структура событийной модели

мени t . Состав событийной модели EM и взаимосвязь по информации ее компонентов в общем виде представлены на рис. 10.

Функционирование событийной модели EM определяется в дискретные моменты времени $t = 1, 2, 3, \dots$, которые, по сути, являются номерами интервалов $\tau_0, \tau_1, \tau_2, \dots$ реального времени, причем таких, что внутри каждого интервала τ_t функция SAP_t не меняется. В каждый момент времени t в модель поступают события, отражающие команды U_t , состояния (положения) X_t агрегатов и параметры P_t потоков; и имеет место множество событий $E_t = \{e_k | k \in I_{E_t}\}$, поставляемое реальными агрегатами, компонентами системы автоматизации (СА) и оперативным персоналом (здесь в множество E_t для краткости включены все события, используемые в модели).

Состояние автоматизированного производства в моменты времени t — это совокупность состояния технологической сети и множества активных технологических сценариев: $SAM_t = \langle STN_t, ATS_t \rangle$.

Состояние технологической сети в момент времени t — это кортеж состояний всех агрегатов сети $STN_t = \langle y_{ji}, Q_j | j \in I_A \rangle$, где $y_{ji} = STA_t(a_j)$ — состояние, в котором пребывает агрегат a_j в момент времени t (определяется через функцию — процедуру $STA_t(a_j)$, заданную на множестве агрегатов), а Q_j — соответственно, признаки статуса агрегата a_j .

Множество всех сценариев автоматизированного производства в момент времени t разбивается на подмножество активных сценариев — находящихся в

использовании и на подмножество пассивных: $TS_t = \langle ATS_t, PTS_t \rangle$.

В каждый момент времени t сценарии могут запускаться или завершаться, поэтому множество активных сценариев меняется. Таким образом, состояние автоматизированного производства определяется не только положением агрегатов и технологических процессов производства, но и текущими производственными целями, представленными активными технологическими процессами.

Функционирование событийной модели производства EM заключается в преобразованиях:

$$STN_t \times E_t \rightarrow STN_{t+1},$$

$$SAP_t \times E_t \rightarrow SAP_{t+1},$$

$$SPP_t \times E_t \rightarrow SPP_{t+1},$$

$$ATS_t \times E_t \rightarrow ATS_{t+1},$$

$$PTS_t \times E_t \rightarrow PTS_{t+1},$$

$$E_t \times STN_t \times SAP_t \times SPP_t \times ATS_t \times PTS_t \rightarrow E_{t+1}.$$

Эти преобразования выполняются циклически, на основе потока событий E_0, E_1, E_2, \dots , по следующим правилам.

Правило 1 в исполнительной части для каждого агрегата a_i построчно определяет:

- вычисление переходов в жизненном цикле LCA_i ;
- формирование нового кортежа состояния STN_{t+1} ;
- формирование новых событий по a_i и их накопление по всем TN .

Формально:

$$\Delta E_t = \emptyset; \forall i: a_i \in A \Rightarrow \begin{cases} STA_{t+1}(a_i) = \delta_i(STA_t(a_i), E_t); \\ STA_{t+1}(a_i) \mapsto STN_{t+1}; \\ \Delta E_t = \Delta E_t \cup \{\lambda_i(STA_t(a_i), E_t)\}. \end{cases}$$

По завершению вычислений по правилу 1 необходимо произвести коррекцию множества текущих событий $E_t = E_t \cup \Delta E_t$. На рис. 10 вычисления переходов и новых состояний агрегатов соответствуют слою TN .

Правило 2 определяет коррекцию множеств SAP_t . В исполнительной части для SAP_t построчно для каждого TP_j выполняется:

- вычисление переходов в жизненном цикле LCP_j ;
- включение TP_j в SAP_{t+1} или SPP_t (в зависимости от состояния);
- вычисление и аккумуляция в множество E'_t новых событий по процессам.

Формально:

$$E'_t = \emptyset; \forall j: TP_j \in SAP_t \Rightarrow \begin{cases} STP_{t+1}(TP_j) = \delta_j(STP_t(TP_j), E_t); \\ \{:(STP_{t+1}(TP_j) = s_{j0}) \Rightarrow (TP_j \mapsto SPP_t)\}; \\ \{:(STP_{t+1}(TP_j) \neq s_{j0}) \Rightarrow (TP_j \mapsto SAP_t)\}; \\ E'_t = E'_t \cup \lambda_j(STP_t(TP_j), E_t) \end{cases}$$

(выражение $\{A \Rightarrow B\}$ следует читать: если A то B , иначе следующая строка).

Правило 3 в исполнительной части определяет аналогичные операции для каждого TP_k и по коррекции SPP_t аккумулирует новые события в множество E_t'' .

Формально:

$$E_t'' = \emptyset; \forall k : TP_k \in SPP_t \Rightarrow \begin{cases} STP_{t+1}(TP_k) = \delta_k(STP_t(TP_k), E_t); \\ \{:(STP_{t+1}(TP_k) = s_{k0}) \Rightarrow (TP_k \mapsto SPP_{t+1})\}; \\ \{:(STP_{t+1}(TP_k) \neq s_{j0}) \Rightarrow (TP_k \mapsto SAP_{t+1})\}; \\ E_t'' = E_t' \cup \lambda_{lk}(STP_t(TP_k), E_t). \end{cases}$$

Вычисления жизненных циклов процессов и переводение моделей $SAP_t \Leftrightarrow SPP_t$ на рис. 10 представлено штриховой линией.

Правило 4 определяет коррекцию множества активных сценариев ATS :

$$\begin{cases} \{ : S(TS_j) = 1 \rightarrow TS_j \in ATS_{t+1} \}; \\ \{ : S(TS_j) = 0 \rightarrow TS_j \in PTS_{t+1} \}. \end{cases}$$

Правило 5 определяет смену позиции сценария при его исполнении:

$$E_t''' = \emptyset;$$

$p_{t+1} = STR(p_t, E_t''')$, где p — позиция сценария, и формирование событий в новой позиции:

$U(ATSt_{t+1}) \rightarrow E_t'''$, где U — инструкции и команды в позициях сценария.

Правило 6 определяет коррекцию множества текущих событий по накопленным реакциям компонентов модели:

$$E_t = E_t \times E_t' \times E_t'' \times E_t'''.$$

При изменении статуса процесса (при перемещении $TP_j(TP_k)$ из SAP_t в SPP_t и наоборот) для каждого $a_{jk} \in TP_j$ переопределяется признак β занятости агрегата. А именно, при активизации процесса, когда $TP_j \in SAP_t$ агрегат принимает статус «занят» $\beta(a_{jk}) = 1$, и наоборот, при гашении процесса $TP_j \in SPP_t$ статус агрегата становится «свободен» $\beta(a_{jk}) = 0$. При выполнении Правила 1 переопределяются также остальные признаки из набора Q_t . Исполнение правил и организацию взаимодействия между описанными моделями осуществляет специальный программный блок «Автооператор», в котором по потоку событий восстанавливается вся картина в модели и выполняется диалог через человеко-машинный интерфейс с персоналом.

Таким образом, функционирование событийной модели EM структуры и процессов со стороны стороннего наблюдателя это: поток событий $E_0, E_1, E_2, \dots, E_t \rightarrow \infty$, последовательность $SAT_0, SAT_1, \dots, SAT_t$ отличающихся друг от друга множеств активных процессов, последовательность множеств $STN_0, STN_1, \dots, STN_t$ состояний агрегатов сети и последовательность множеств активных

сценариев $ATS_0, ATS_1, \dots, ATS_t$ формирующая достижение технологической цели.

Для иллюстрации функционирования EM рассмотрим событийное моделирование на фрагменте технологической сети (см. рис. 1).

Все агрегаты исправны, и сформированы потоки транспорта газа по обем ниткам газопровода: $SAP_t = \{TP_1, TP_2, TP_3\}$; $SPP_t = \emptyset$. Оператор контролирует это средствами НМІ. Положим, возникла чрезвычайная ситуация на линейном участке газопровода, при которой необходимо закрыть нитку 1 МГ, оператор принимает решение активизировать для достижения этой цели технологический сценарий и дает команду TS_1 . Сценарий автоматически выполняет проверку возможности достижения заданной цели и инструктирует оператора о последовательности организационных мероприятий. В позициях по автоматизированному управлению процессами сценария выполняется команда сформировать TP_1 — поток r_1 : $a_{13}, a_{12}, a_{22}, a_{24}$. Автооператор по матрице $M\Phi_1$ вычисляет $\Phi_1 = (P_{11} < P_{уст})(P_{21} < P_{уст})$, где $P_{уст}$ — значение уставки, — функцию реализуемости данного потока (процесса). Поскольку все агрегаты и другие процессы допускают поток r_1 , то $\Phi_1 = 1$ и модель EM представляет оператору (если $\Phi_1 = 0$, то запуск недопустим, оператор оповещается); жизненный цикл LCP_1 пребывает в состоянии s_2 ; процесс запуска продолжается (автоматически либо оператором, если привод не автоматизирован или требуется дистанционное управление). По завершению настройки модели всех агрегатов перейдут в состояния, заданные в матрице MS_1 , события об этом поступают из слоя TN (см. рис. 10) в слой $SAP_t \Leftrightarrow SPP_t$, вследствие чего $\Psi_t = x_{11}^1 x_{12}^3 x_{13}^3 x_{14}^1 x_{21}^1 x_{21}^3 x_{23}^1 x_{24}^3$ станет равной 1 и LCP_1 перейдет в состояние s_3 , далее автооператор переведет процесс TP_1 из множества активных SAP процессов в множество пассивных SPP и через человеко-машинный интерфейс оператор получит соответствующую информацию о макросостоянии: $[SAP_{t+1} = \{TP_2, TP_3\}$; $SPP_{t+1} = \{TP_1\}]$, что соответствует настройке ТОУ на выполнение задания. Состояние процесса $s(TP_1) = 1$ соответствует пассивному, а $s(TP_1) = 2$ — активному. Последовательность изменения состояний событийных моделей выглядит так:

$SAP_t = \{TP_1, TP_2, TP_3\}$; $SPP_t = \emptyset$ — исходное состояние сети;

p_k : $U(TP_1) = 1$; — команда смены конфигурации процесса TP_1 в k -й позиции сценария;

p_{k+1} : $U(TP_3) = 2$; — смена конфигурации процесса TP_2 — переключение на нитку 2;

$SAP_{t+1} = \{TP_2, TP_3\}$; $SPP_{t+1} = \{TP_1\}$ — результирующее состояние сети.

Описанная модель EM содержит информацию, необходимую оператору для анализа состояния структуры ТОУ и принятия решений при запуске, мониторинге и гашении процессов, и все данные, используемые в жиз-



ненных циклах моделей процессов при их выполнении. Более того, предложенная модель может быть использована для моделирования процессов ремонта и обслуживания оборудования и для учета работы не автоматизированного оборудования, поскольку она фиксирует работу персонала. Таким образом, использование событийного моделирования делает АСУТП прозрачной для смежных систем управления производством.

Формализация представления структуры ТОУ и динамики ее преобразования в виде описанных событийных моделей позволило разработать механизмы управления процессами как потоком технологических работ. Поскольку эти механизмы, по сути, заменяют (имитируют работу) оператора при управлении конфигурацией ТОУ для простоты изложения будем считать, что они реализуются автооператором.

При запуске конкретного технологического процесса автооператор в событийной модели ТОУ активизирует экземпляр объекта модели процесса, который является моделью реального ТП. Атрибуты модели ТП — структура, состояния жизненного цикла, параметры потока, состояние функций защит и автоматического регулирования — отражают все, что происходит в реальном ТП во всех фазах его жизненного цикла (проверка реализуемости, запуск, работа в заданном режиме, разборка и т. д.).

Активизация Реальный процесс активизируется путем пошаговой настройки всех его агрегатов на состояния, определенные в модели ТП и формируемые в соответствии с отклонением текущего состояния технологической сети от требований ТП. Процедуры настройки агрегатов по данным анализа технологической сети выполняются автооператором.

Поведение автооператора определено так, что вся функциональность АСУТП направлена на обслуживание запросов моделей технологических процессов, т. е. на обеспечение выполнения динамики их жизненных циклов. Процессы, в свою очередь, выстроены вокруг материальных потоков и призваны обеспечить их функционирование в соответствии с тактическими целями производства, которые заложены в активном сценарии. Схема комплексного управления процессами в АСУТП представляется в виде циклической процедуры.

Обозначим основные фрагменты схемы управления процессами по событийной модели именами соответствующих процедур [1]. Процесс TP_j будем называть независимым, если при его запуске, гашении или реконфигурировании не требуются изменения в настройке какого-либо другого процесса. Процедуру запуска независимого процесса TP_j обозначим $AP(TP_j)$, а процедуру его гашения $CP(TP_j)$. Активный процесс по событию или команде может быть реконфигурирован процедурой $RAP(TP_j, k)$. Для управления процессом, присоединяемым по потоку к активному, предусмотрены: процедура $AAP(TP_j, TP_k)$ подключения и процедура $SAP(TP_j, TP_k)$ отключения присоединяемого процесса.

С учетом обозначенных процедур определим схему управления в виде циклического процесса.

1. Работает СА — система автоматики нижнего уровня: структура потоков определена активными процессами SAP_j ; потоки функционируют под управлением регуляторов, защит и блокировок. Формируется E_t — множество актуальных событий.

2. Вычисляется состояние EM ; анализируется множество E_p , анализируются состояния активных сценариев, активных и пассивных процессов, если коррекции множеств активных и пассивных сценариев и процессов SAP_j и SPP_j не требуется то п. 1, иначе п. 3.

3. Вычисляется отклонение текущего состояния структуры от требуемого, определяется тип коррекции и выполняется один из вариантов: отработка очередного шага активного сценария; запуск нового сценария; запуск независимого процесса $AP(TP_j)$; гашение независимого процесса $CP(TP_j)$; запуск присоединяемого процесса $AAP(TP_j, TP_k)$; гашение присоединенного процесса $SAP(TP_j, TP_k)$; реконфигурирование активного процесса $RAP(TP_j, k)$. Обновить состояния активных сценариев, множества активных и пассивных процессов (SAP_j и SPP_j); перейти на п. 1.

Как видно, схема управления процессами основана на интерпретации технологического сценария и исполнении команд (предусмотренных в фазе) запуска и/или гашения технологических процессов. При этом активные технологические сценарии используются как программы достижения технологических целей производства.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Активные технологические сценарии в сочетании с событийными моделями технологических процессов и оборудования предоставляют новые возможности автоматизации управления технологическими процессами: управление процедурой ведения технологического процесса, автоматизированный контроль и управление деятельностью персонала, координация служб и технических работ на объекте, разграничение уровней управления путем персонализации интерфейсов.

Для автоматизации управления структурой и режимами технологического объекта управления используется совокупность событийных моделей (СМ) агрегатов, технологических процессов и технологической сети [4] и дополненная в настоящей работе моделями диалогов и активных технологических сценариев.

Такое решение позволяет переложить ряд функций управления с человека на автоматизированную систему (рис. 11).

Благодаря свойствам событийных моделей для НЕР-систем удалось построить схему управления процессами, обладающую следующими свойствами:

- интерпретация фаз технологического сценария;
- исполнение команд (предусмотренных в фазе) запуска и (или) гашения технологических процессов;
- обследование текущего состояния структуры технологической сети по ее логической модели;

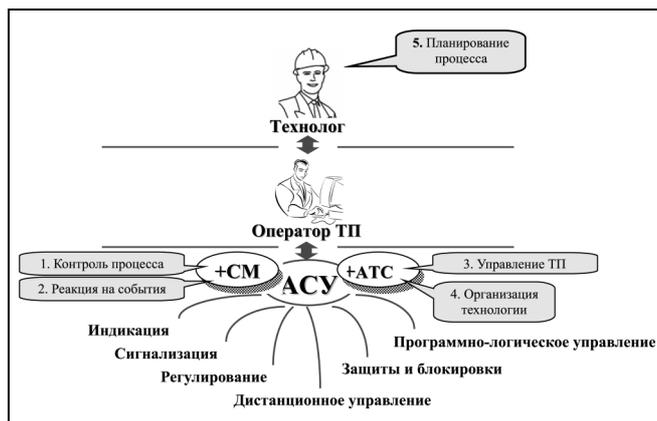


Рис. 11. Дополнительные средства автоматизации функций человека

- использование в механизмах управления структурой процессов принципа управления с обратной связью по отклонению текущего состояния структуры от требуемого;
- разделение ролей персонала, участвующего в управлении процессом, по уровню принятия решений, руководству выбором варианта управления, координации различных исполнителей и контроль исполнения заданий.

Механизмы контроля и ограничения действий персонала в НЕР-системе предусматривают несколько типов диалога с персоналом, которые определяют его роль при управлении в каждый момент. Диалоги соответствуют уровням принятия решений и позволяют адресовать запросы по полномочиям.

Активные технологические сценарии используются как программы достижения технологических целей про-

изводства и инициируют диалог с персоналом только тогда, когда это необходимо по технологии, и в соответствии с рекомендациями нормативных документов. Таким образом, схемы диалога, встроенные в сценарии, модели процессов и агрегатов и определяют роль человека в цепочке управления технологическим процессом в момент их вызова.

Распределение функций управления между персоналом под руководством активных сценариев позволяет повысить эффективность управления и безопасность ведения процессов благодаря ограничению участия человека в контуре управления в рамках только тех действий, которые от него ожидаются в конкретной ситуации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Прангшвили И. В., Амбарцумян А. А. Научные основы построения АСУТП сложными энергетическими системами. — М.: Наука, 1992.
2. Прангшвили И. В., Амбарцумян А. А. Основы построения АСУ сложными технологическими процессами. — М.: Энергоатомиздат, 1994.
3. Анализ состояния и предложения по повышению уровня автоматизации энергетических объектов / И. В. Прангшвили, А. А. Амбарцумян, А. Г. Полетыкин и др. // Проблемы управления. — 2003. — № 2. — С. 11—16.
4. Амбарцумян А. А., Казанский Д. Л. Управление технологическими процессами на основе событийной модели. Ч. I и II // Автоматика и телемеханика. — 2001. — № 10, 11.
5. Амбарцумян А. А., Потехин А. И. Разработка механизмов управления объектами с поточной технологией на основе событийных моделей каналов // Там же. — 2003. — № 4.

☎ (495) 334-87-89, e-mail: ambar@ipu.ru

Статья представлена к публикации членом редколлегии В. Д. Малюгиным. □



VII МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ "ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ"

В рамках конференции будет проходить Международная молодежная научно-техническая конференция «Интеллектуальные системы в науке, технике, образовании, бизнесе», по результатам которой будут отбираться участники программы "У.М.Н.И.К.".

Россия, Черноморское побережье, Геленджик-Дивноморское,
3—9 сентября 2007 г.

Тематика конференции

- биоинформатика;
- интеллектуальные САПР, CASE-, CALS-технологии;
- интеллектуальные системы в менеджменте;
- информационная безопасность;
- знания;
- когнитивное моделирование;
- многоагентные системы и принятие решений;
- мягкие вычисления и нечеткие модели;
- нейрокompьютеры;
- перспективные информационные технологии;
- прикладные интеллектуальные системы;
- проблемы образования;
- синергетика и моделирование сложных систем;
- эволюционное моделирование, генетические и квантовые алгоритмы;
- экспертные системы.

Организаторы конференции

Министерство образования и науки РФ; Российская академия наук; Российская академия естественных наук; Академия инженерных наук имени А. М. Прохорова; Южный федеральный университет; Технологический институт ЮФУ; Администрация г. Таганрога; Российская ассоциация искусственного интеллекта.

Продолжение см. на стр. 53.

Более подробную информацию можно найти на сайте конференции <http://ica1.tsure.ru>



УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ В СЛОЖНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ

Л. А. Кузнецов

Липецкий государственный технический университет

Изложена методология управления качеством в сложных технологических процессах. Для оценки состояния технологии и качества продукции, характеризуемых измеренными значениями технологических факторов и показателей качества, которые описываются случайными величинами, предложено использовать энтропию, а для выявления взаимосвязи между технологией и качеством — количество информации. Рассмотрены две технологии: локальная, связанная с единицей продукции, и глобальная, регламентирующая производство продукции одного вида. При управлении качеством оптимизируется локальная технология, а глобальная ограничивает область ее определения. Разработана самообучающаяся система управления качеством.

ВВЕДЕНИЕ

Руководством по разработке и внедрению современной методологии управления качеством на предприятиях служат международные стандарты сер. ISO 9000. Сертификат об их внедрении на предприятии выступает в роли гаранта высокого и стабильного качества его продукции. Это во многом объясняется идеологией данных стандартов, опирающейся на предположение о соответствии между качеством продукции и технологией производства.

Основу статистических методов контроля качества составляют семь так называемых японских инструментов: диаграмма Парето, причинно-следственная диаграмма Исикавы, контрольные карты Шухарта, гистограммы, метод расслоения, графики и диаграммы разброса [1]. Дополняют эти инструменты методы выборочного контроля, которые представляют собой статистически обоснованный механизм для определения доли продукции, подлежащей проверке [2].

Проблема управления качеством включает в себя несколько важных задач, среди которых:

- 1) контроль качества и констатация факта его соответствия требованиям;
- 2) контроль технологии и констатация факта ее соблюдения или нарушения;
- 3) установление взаимосвязи между технологией и качеством продукции;
- 4) определение технологии, обеспечивающей производство качественной продукции;
- 5) управление технологией в процессе производства с целью возможного повышения качества продукции

или снижения затрат на технологию по отношению к их средним значениям.

Существующие статистические методы позволяют представить данные контроля в форме, облегчающей исследователю (технологу, специалисту по качеству и др.) определить отклонения качества и возможные нарушения технологического процесса, т. е. они могут быть применены для решения двух первых задач. Формальных инструментов для анализа и механизмов выявления возможных причин возникновения отклонений качества они не содержат, отсутствуют теоретические основы для формирования скалярных характеристик состояния технологии и качества по множеству измеренных значений векторных показателей качества и технологических факторов. Это не позволяет упорядочивать состояния технологии и качества, что необходимо для мониторинга технологии и управления качеством продукции.

В настоящей статье предлагается возможная основа формализации названных задач управления качеством и мониторинга технологии, пригодная для автоматизации их решений. Рассматривается абстрактный многошаговый (многооперационный) технологический процесс получения продукции из набора исходных ингредиентов (сырья), в котором исходные ингредиенты смешиваются в определенных пропорциях и на полученную смесь в следующих одна за другой операциях воздействуют энергетическими полями различного вида с целью придания ей требуемых свойств.

Примерами могут служить технологические процессы пищевой, химической, металлургической и ряда других отраслей промышленности. Для решения задач уп-

равления качеством вводится системное представление сложного технологического процесса в виде объекта управления.

Теоретические основы решения перечисленных задач управления качеством базируются на предположениях:

— теоретические знания о существе физических и химических явлений, лежащих в основе технологических процессов, в виде и объеме, достаточных для получения строгих моделей отображения технологии производства в качестве продукции, отсутствуют;

— между значениями технологических факторов и значениями характеристик качества продукции существуют причинно-следственные связи;

— в соответствии с требованиями стандартов осуществляется тотальный контроль технологических факторов и показателей качества, измеренные значения которых хранятся в базе данных;

— цель управления состоит в обеспечении заданного качества продукции при возможной экономии ресурсов.

Технологический процесс описывается в виде объекта управления, в котором отдельные операции представляются шагами многошагового процесса управления, технологические факторы выступают в роли управлений, показатели качества готового продукта — выходными управляемыми величинами, колебания характеристик сырья и условий осуществления технологии — возмущениями. Все одноименные величины объединяются в векторы, через которые определяется состояние системы. Модель объекта инвариантна по отношению к содержательному существу технологического процесса. Адаптация абстрактной модели к реальному процессу осуществляется приписыванием соответствующего смысла компонентам векторов.

1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Перечисленные задачи управления качеством решаются на основе технологической информации, характеризующей процесс изготовления продукции и достигнутый результат, — измеренных значений технологических факторов и показателей качества. Вся совокупность измеряемых величин может быть представлена в виде единого вектора $\mathbf{z} = (z_1, z_2, \dots, z_m, z_{m+1}, \dots, z_{m+n}) = (\mathbf{u}, \mathbf{y})$, где \mathbf{u} — m -мерный вектор технологических факторов, а \mathbf{y} — n -мерный вектор показателей качества. Измеренные значения векторов обозначим соответственно $\xi = (\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_m, \xi_{m+1}, \dots, \xi_{m+n}) = (\tau, \sigma)$.

Для повышения степени детализации возможного анализа, измеренные значения могут снабжаться идентификаторами времени измерения, вида продукции, типа технологии, к которым они относятся, и т. п. С использованием идентификаторов векторы измеренных значений могут быть собраны в кластеры, соответствующие целям исследований. Например, измерения, относящиеся к одному виду продукции и к одному интер-

валу времени, могут быть представлены одним кластером (массивом):

$$L^j(t) = \{\xi_q(i), q = 1, 2, \dots, Q^j(i)\} = \{[\tau_q(i), \sigma_q(i)], q = 1, 2, \dots, Q^j(i)\}, \quad (1)$$

где $j \in [1, J]$ — тип технологии (вид продукции), $i \leftrightarrow \Delta t_i$ — номер интервала времени, $Q^j(i)$ — число измерений (записей), содержащихся в кластере.

Из общих кластеров могут быть выделены кластеры измерений технологических факторов и показателей качества. Ниже это разделение производится при необходимости учета их различной роли в задачах идентификации и управления. Без необходимости индексы вида продукции, времени и других признаков не указываются.

2. ПРОСТРАНСТВО КАЧЕСТВА

Качество продукции конкретизируется набором показателей качества, которые в рамках данной статьи предполагаются метрическими физическими величинами. Возможность объективного упорядочения продукции по качеству имеет принципиальное значение для ее сравнения, продвижения на рынке, рекламы, назначения стоимости, анализа недостатков и поиска путей совершенствования технологии.

Из-за отсутствия четких моделей и множества помех нельзя получить значения показателей качества, точно равными наперед заданным значениям. Поэтому в стандартах они задаются интервалами разрешенных значений, что обеспечивает некоторый запас на ошибки, обусловленные приблизительностью знаний о содержательном существе процессов. Формально интервальное задание требований к качеству продукции может быть представлено следующим образом.

Обозначим через $y_j, j = 1, 2, \dots, n$, произвольный показатель качества продукции, n — число регламентируемых показателей качества продукции. Требования к показателям качества продукции оговариваются в технических условиях или стандартах в виде:

$$Y_{j\min} \leq y_j \leq Y_{j\max}, \quad j = 1, 2, \dots, n, \quad (2)$$

где $Y_{j\min}, Y_{j\max}$ — минимальное и максимальное допустимые значения показателя качества.

Для метрических показателей качества может быть построено n -мерное евклидово пространство качества Y^n , в котором набор измеренных значений $(\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_n)$ характеристик качества (y_1, y_2, \dots, y_n) представляется точкой. Неравенства (2) разделяют пространство качества Y^n на два подпространства Y_+^n и Y_-^n такие, что $Y_+^n \cup Y_-^n$ и $Y_+^n \cap Y_-^n = \emptyset$. В прямоугольной системе координат подпространство Y_+^n представляет собой n -мерный прямоугольный параллелепипед, все точки которого соответствуют качественной продукции (рис. 1).

Задание требований к качеству в форме (2) предполагает взаимную независимость показателей качества,

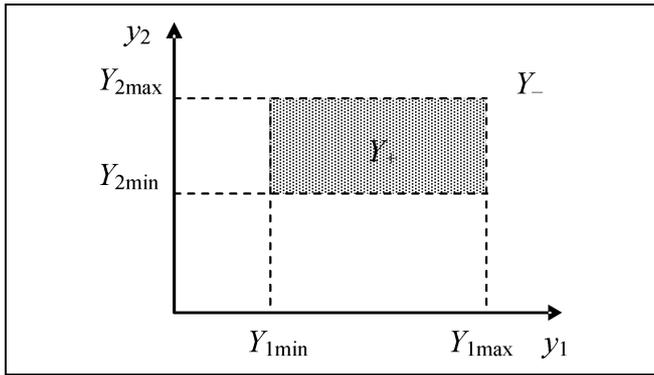


Рис. 1. Графическая интерпретация пространства качества для случая $n = 2$

что не всегда выполняется в реальности. Факт качественной продукции может быть записан в виде:

$$\sigma = (\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_n) \in Y_+^n \quad (3)$$

3. ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ПРОСТРАНСТВО

Для производителя продукции условия (2) и (3) являются заданными внешними требованиями. Его задача состоит в определении для каждого вида продукции технологии, следование которой обеспечивает получение продукции, соответствующей заданным требованиям (2). Технология разрабатывается производителем продукции и регламентируется его внутренними документами: технологическими инструкциями, технологическими картами и т. п., в которых определена последовательность выполнения технологических операций и интервалы разрешаемых значений технологических факторов, влияющих на качество продукции.

В технологических инструкциях технология определяется заданием интервалов

$$U_{imin} \leq u_i \leq U_{imax}, \quad (4)$$

где $i = 1, 2, \dots, m$ — номер технологической величины. Разрешенные значения U_{imax} и U_{imin} разработчик технологии должен определить некоторым рациональным образом для каждого вида продукции или для каждой технологии.

Обычно технологические факторы исходно предполагаются независимыми, поэтому в ортогональной системе координат (u_1, u_2, \dots, u_m) можно построить m -мерное технологическое пространство U^m . Неравенства (4) делят это пространство на два подпространства U_+^m и U_-^m такие, что $U_+^m \cup U_-^m = U^m$ и $U_+^m \cap U_-^m = \emptyset$. Подпространство U_+^m содержит допустимые технологии производства определенного вида продукции, технологии $u^m \notin U_+^m$ недопустимые.

Для графической иллюстрации технологии в N -мерном пространстве можно воспользоваться его «разверт-

кой» на плоскости. Масштабным преобразованием все величины можно нормировать, например, к отрезку $[0, 1]$. Тогда, располагая оси параллельно, технологию, задаваемую неравенствами (4), можно изобразить, как показано на рис. 2.

При производстве конкретной единицы продукции технологические величины принимают фиксированные значения, регистрируемые контрольно-измерительными приборами. Эти измеренные значения $\tau_i, i = 1, 2, \dots, m$, технологических величин $u_i, i = 1, 2, \dots, m$, связанные с конкретной единицей продукции, на рис. 2 помечены светлыми кружками, если $\tau \in [U_{min}, U_{max}]$, или темными, в случае $\tau \notin [U_{min}, U_{max}]$. Технология полностью соблюдена, если $\tau = (\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_n) \in U_+^m$.

Из определения (4) технологии для вида продукции и рис. 2 видно, что она допускает некоторую вариацию значений технологических факторов при производстве конкретной единицы продукции. Поэтому понятие технологии неоднозначно. Имеется технология для вида продукции, определяемая интервалами (жирные отрезки осей), и технология производства единицы (партии) продукции, определяемая измеренными значениями технологических факторов (точки на осях, см. рис. 2).

Для определенности технологию для вида продукции назовем *глобальной*. Она оставляет определенную свободу выбора значений технологических величин при обработке конкретных единиц продукции внутри разрешенных пределов. Технологию производства конкретной единицы продукции (далее под единицей продукции понимается любая ее партия, произведенная по одной локальной технологии) назовем *локальной* [3]. Она может определяться с учетом особенностей сырья, состояния оборудования и других факторов, влияющих на качество продукции, и корректироваться для каждой следующей технологической операции с учетом результатов, полученных на предыдущих операциях.

В проблеме управления качеством можно выделить две составляющие (задачи 4 и 5 из указанных во Введении): первая состоит в определении и соблюдении гло-

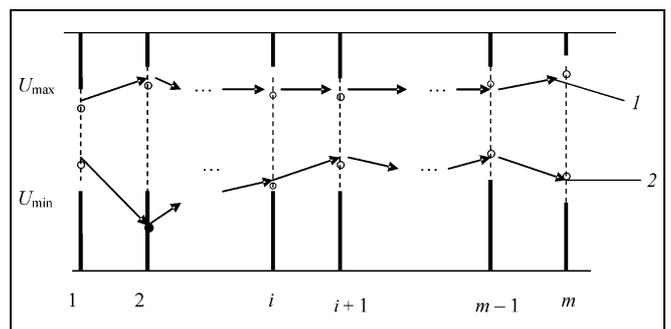


Рис. 2. Пример изображения m -мерной технологии на плоскости: штриховыми линиями показаны пределы разрешенных значений технологических факторов; кружками — значения факторов, измеренные при реализации процесса; 1 — технология без нарушений; 2 — технология с нарушениями ($\tau_2 \notin [U_{2min}, U_{2max}]$)

бальной технологии для вида продукции, вторая — в выборе локальной технологии для каждой единицы продукции, приближающей ее качество к заданному.

4. СКАЛЯРНАЯ МЕРА НЕСТАБИЛЬНОСТИ ТЕХНОЛОГИИ И КАЧЕСТВА

Измеренные значения технологических факторов и показателей качества естественно считать случайными величинами. Состояние технологии производства и качества продукции может оцениваться по множествам измеренных значений этих величин. Важнейшей характеристикой состояния является нестабильность или неопределенность технологии и качества. Желательно иметь скалярные меры оценки неопределенности векторных величин типа (1).

Число технологических факторов m и показателей качества n может быть достаточно большим. Например, в металлургии число технологических факторов — десятки, а метрических показателей качества — около десятка. Для анализа отдельных компонент векторов σ и τ могут быть использованы гистограммы и моменты, дающие наглядное представление. Характеристикой взаимодействия и изменения его во времени или от партии к партии в предположении нормальности распределения компонент вектора ξ может служить ковариационная матрица

$$\mathbf{R}_\xi = M\{[\xi - \mu_\xi][\xi - \mu_\xi]^T\}, \quad (5)$$

где ξ и μ_ξ — векторы измеренных и средних значений величин, M — знак математического ожидания.

Ковариационная матрица (5) позволяет оценить уклонение от средних значений, т. е. разброс технологических факторов или показателей качества. Однако сопоставление состояний технологии в различные периоды или для различных видов продукции при значительной размерности матрицы (5) представляет сложную задачу. При мониторинге технологического процесса желательно иметь некоторую скалярную меру, позволяющую оценивать состояния и тенденции их изменения.

Для определения количества информации К. Шеннон ввел [4] энтропию, определяемую как

$$H_\xi = -\sum_{\xi} p(\xi) \ln p(\xi),$$

где ξ — случайная величина, $p(\xi)$ — плотность распределения ее вероятностей.

Естественно, что случайная величина может быть векторной. В работах А. Н. Колмогорова [5] приводится оценка энтропии случайного нормально распределенного векторного процесса, которая в используемых здесь обозначениях может быть записана в виде:

$$H_\xi = -\frac{1}{2} \ln \det \mathbf{R}_\xi. \quad (6)$$

Для нормального распределения величина $\sqrt{\det \mathbf{R}_\xi}$ пропорциональна объему доверительной области в ве-

роятностном пространстве, базис которого определяется компонентами вектора ξ [6]. Поэтому энтропия растет пропорционально логарифму объема доверительной области. Из формулы (6) следует, что скалярная величина энтропия может использоваться в качестве меры неопределенности (разброса) значений вектора ξ .

Понятно, что энтропию можно определить для любой части компонент вектора ξ . Энтропия, вычисленная по значениям вектора показателей качества, характеризует нестабильность качества, а энтропия, определенная по значениям вектора технологических факторов, является характеристикой нестабильности технологии. Для масштабирования значений энтропии могут быть использованы кластеры данных либо ковариационные матрицы с известными характеристиками.

В § 1 отмечалось, что измерения технологических факторов и показателей качества могут быть собраны в кластеры типа (1) по различным временным или производственным признакам. Для этих кластеров могут быть построены ковариационные матрицы, а по ним определены значения энтропии, позволяющие просто сопоставить степень нестабильности данных, составляющих отдельные кластеры. Можно сказать, что энтропия является мощным инструментом анализа эволюции при мониторинге многосвязных процессов. Энтропия может использоваться для контроля «движения» технологии или качества в нужном направлении. Действительно, в матрице (5) вектор средних значений μ_ξ может быть заменен вектором предпочтительных значений ξ^* . Ясно, матрица может быть построена для любой, представляющей интерес части компонент вектора ξ . Она будет иметь вид:

$$\mathbf{R}_\xi^* = M\{[\xi - \xi^*][\xi - \xi^*]^T\}, \quad (7)$$

где вектор ξ^* может быть и комбинацией средних и предпочтительных значений для разных компонент.

Энтропия, определяемая по матрице (7), характеризует общее уклонение от заданных, оптимальных в некотором смысле значений для технологии и качества. Сравнение ее значений для различных кластеров данных позволит отслеживать процесс приближения в среднем к заданным значениям или, наоборот, ухода от них, например, вследствие самопроизвольного дрейфа. Значения энтропии могут быть использованы в автоматизированных системах мониторинга технологии и качества для формирования информационно-управляющих сигналов, инициирующих запуск отдельных подсистем и организационно-технологических мероприятий.

5. ИДЕНТИФИКАЦИЯ И КОРРЕКЦИЯ ГЛОБАЛЬНОЙ ТЕХНОЛОГИИ

Задача определения глобальной технологии для вида продукции состоит в следующем: на множестве измеренных значений τ и σ технологических факторов \mathbf{u} и показателей качества \mathbf{y}

$$\{(\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_m) \leftrightarrow (\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_n)\}_q, \quad q = 1, 2, \dots, Q, \quad (8)$$



по заданному в пространстве качества Y подпространству качественной продукции $Y_+^m \subseteq Y$ определить в технологическом пространстве U подпространство допустимых технологий $U_+^m \subseteq U$ такое, что из факта $\tau^m \in U_+^m$ с максимальной вероятностью следует факт $\sigma^m \in Y_+^m$. Другими словами, по заданным ограничениям (2): $Y_{p\min}^m, Y_{p\max}^m, p = 1, 2, \dots, n$, следует определить ограничения (4): $U_{i\min}^m, U_{i\max}^m, i = 1, 2, \dots, m$.

Определение глобальной технологии может быть формализовано в виде задачи идентификации вероятностной модели [7]. Вероятностная модель определяется множеством элементарных событий $\{\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n\}$, которое образует пространство элементарных событий или исходов $\Omega = \{\omega_1, \dots, \omega_n\}$. На множестве элементарных событий определяется алгебра $\mathfrak{N} = (A_i | A_i \subseteq \Omega)$ — система событий, составленная из элементарных событий (ω_q) или исходов, принадлежащих множеству элементарных событий ($\omega_q \in \Omega$), включая достоверное и невозможное события. Для каждого из событий A_i , образующих алгебру, определяется вероятность по вероятностям элементарных исходов. Тогда вероятностная модель (или вероятностное пространство эксперимента с конечным пространством исходов Ω и алгеброй событий \mathfrak{N}) может быть представлена в виде: $M_\Omega = \{\Omega, \mathfrak{N}, P(A)\}$, где $\Omega = \{\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n\}$, $\mathfrak{N} = (A_i | A_i \subseteq \Omega)$, $P = (p(A) | A \in \mathfrak{N})$.

В задаче определения глобальной технологии имеются два пространства Y и U . С каждым из них связаны множества элементарных исходов (измеренных значений технологических факторов и показателей качества): $\tau_q \in U, \sigma_q \in Y, q = 1, 2, \dots, Q$. В пространстве качества неравенствами (2) задается алгебра $\mathfrak{N}_Y = \{Y_+, Y_-, Y, \emptyset\}$, с которой через относительные частоты соотносятся вероятности. Таким образом, вероятностная модель пространства качества полностью определена:

$$M_Y = (\Omega_Y, \mathfrak{N}_Y, P(Y)), \text{ где } \Omega_Y = \{\sigma_q, q = 1, 2, \dots, Q\}, \\ \mathfrak{N}_Y = \{Y, Y_+, Y_-, \emptyset\}, \quad P(Y) = \{P(Y_+), P(Y_-)\}.$$

Вероятностная модель технологического пространства имеет вид: $M_U = (\Omega_U, ?, ?)$. В ней имеется множество элементарных исходов $\Omega_U = \{\tau_q, q = 1, 2, \dots, Q\}$, а алгебра $\mathfrak{N}_U = \{U_+, U_-, U, \emptyset\} = ?$ и соответствующие ей вероятности $P(U_+), P(U_-) = ?$ неизвестны и требуют своего определения. Фактически необходимо определить положение гиперплоскостей, выделяющих подпространство U_+ в технологическом пространстве U .

Критерий определения значений U_{\min}, U_{\max} , определяющих U_+ , можно получить на основании предположения о наличии информационного соответствия между вероятностными моделями технологии M_U и качества M_Y . В качестве количественной меры соответствия между вероятностными моделями может выступать их взаимная информация. В содержательных терминах пред-

метной области — количество информации о технологии, содержащееся в свойствах, или наоборот.

Взаимная информация может быть определена [5] через энтропии моделей технологии и качества в виде:

$$I_{UY} = H(M_U) + H(M_Y) - H(M_U, M_Y), \quad (9)$$

где энтропии (7) определяются по вероятностям соответствующих алгебр.

Алгебра технологии не задана, ее можно варьировать, изменяя пространство U_+ , в результате чего будут изменяться вероятности $P(U) = \{P(U_+), P(U_-)\}$, $P(UY) = \{P(U_+Y_+), P(U_+Y_-), P(U_-Y_+), P(U_-Y_-)\}$. Так как энтропии определяются через вероятности, то количество взаимной информации (9) может быть записано непосредственно через них:

$$I_{UY} = H(P(U)) + H(P(Y)) - H(P(UY)),$$

где величина $H(P(Y))$ определяется заданными требованиями к качеству продукции, она фиксирована. Значения $P(U)$ и $P(UY)$ зависят от выбора подпространства U_+ , т. е. от глобальной технологии, определяемой интервалами (4), и изменяются при ее вариации. Поэтому мерой соответствия глобальной технологии (вероятностной модели M_U) требованиям качества может служить количество взаимной информации (9), максимальное значение которого соответствует наилучшей технологии, определенной на всем множестве измеренных значений (8).

Оптимальной алгеброй $\mathfrak{N}_U = \{U_+^*, U_-^*, U, \emptyset\}$, определяющей наилучшее в смысле критерия (9) разбиение технологического пространства $U = (U_+^*, U_-^*)$, может быть признана такая, что

$$I_{UY} = H(P(Y)) + H\{P(U_+^*, U_-^*)\} - \\ - H\{P(Y_+U_+^*, Y_+U_-^*, Y_-U_+^*, Y_-U_-^*)\} = \max_{\forall U_+ \subseteq U}.$$

Для отыскания решения (положения и конфигурации подпространства U_+^*) может быть применен метод, подобный градиентному методу решения задачи условной оптимизации функции многих переменных. Аналогом производной, характеризующей скорость изменения функционала, выступает отношение конечных приращений количества информации и объема подпространства U_+ , представляющего собой m -мерный параллелепипед.

Объем и его приращения могут быть вычислены с помощью определителя Грама. Если все измеренные значения технологических факторов и показателей качества нормировать к отрезку $[0, 1]$, то объем V пространства U будет $V(U) = 1$, объем подпространства U_+ будет $V(U_+) \leq 1$. В этом случае приращения $\Delta V(U_+)$ объема подпространства U_+ , представляющие собой также m -мерные параллелепипеды, будут пропорциональны их «высотам»: $\pm \Delta U_{i\min}, \pm \Delta U_{i\max}, i = 1, 2, \dots, m$, и отношения конечных приращений будут иметь вид: $\pm \Delta I_{UY} / \Delta U_{i\min}, \pm \Delta I_{UY} / \Delta U_{i\max}, i = 1, 2, \dots, m$. С учетом нормировки приращения $\pm \Delta U_{i\min}, \pm \Delta U_{i\max}$, определяющие шаг сдвига ги-

перпоскостей, ограничивающих подпространство U_+ , могут быть приняты равными для всех координат, т. е. $\pm \Delta U_{i\min} = \pm \Delta U_{i\max} = \Delta U$, $i = 1, 2, \dots, m$.

Итерационный алгоритм, опирающийся на изложенные кратко соображения, позволяет за конечное число шагов определить положение и конфигурацию подпространства U_+^* , т. е. технологию, оптимальную в смысле количества взаимной информации. Технология в виде разрешенных диапазонов значений (4) может постоянно уточняться (идентифицироваться) на массивах новых измерений. При этом предшествующая технология выступает в качестве начального приближения.

Изложенный подход позволяет автоматизировать и синтезировать самообучающуюся систему идентификации глобальной технологии, задаваемой интервалами разрешенных значений технологических факторов. Такая система позволяет автоматически настраивать технологию на изменяющиеся требования к качеству продукции, что может отражаться заданием новых граничных значений в требованиях (2) и (3). При ступенчатом изменении значений $Y_{i\min}, Y_{i\max}$, $i \in \{1, 2, \dots, n\}$, ограничения на диапазоны значений технологических факторов будут изменяться по мере накопления измерений, асимптотически приближаясь к значениям, соответствующим новой технологии. Традиционно задача определения диапазонов для технологических факторов решается методом проб и ошибок с существенными затратами материальных ресурсов и времени.

6. УПРАВЛЕНИЕ ЛОКАЛЬНОЙ ТЕХНОЛОГИЕЙ

Глобальная технология задает ограничения на возможные значения технологических факторов. Выбор их конкретных значений (локальной технологии) для каждой отдельной единицы продукции не определен. В общем случае технологический процесс может состоять из нескольких шагов, этапов, операций, которые выполняются последовательно для каждой единицы продукции. Свойства продукции зависят от технологии на всех этапах, которую можно назвать сквозной. Для формализации задачи управления сквозной технологией ее удобно структурировать, выделив отдельные этапы процесса. Обозначим через $k = 1, 2, \dots, K$ номер технологического этапа, шага. Полный вектор технологических факторов можно представить в виде совокупности K векторов, каждый из которых объединяет факторы, регламентирующие технологию на соответствующей операции: $\mathbf{u} = ((u_{11}, u_{12}, \dots, u_{1, m_1}), (u_{21}, u_{22}, \dots, u_{2, m_2}), \dots, (u_{K1}, u_{K2}, \dots, u_{K, m_K})) = (\mathbf{u}_1, \mathbf{u}_2, \dots, \mathbf{u}_K)$, где $m_1 + m_2 + \dots + m_K = m$.

По мере осуществления технологического процесса содержание вектора изменяется — технологические факторы для реализованных этапов принимают измеренные значения, и перед k -м шагом его можно записать в виде:

$$\begin{aligned} \mathbf{u}'(k) &= (\tau_1(k), \tau_2(k), \dots, \tau_{k-1}(k), \mathbf{u}_k(k), \dots, \\ &\dots, \mathbf{u}_K(k)) = (\tau(k), \mathbf{u}(k)), \quad k = 1, 2, \dots, K-1. \end{aligned}$$

Задача определения локальной технологии перед каждой операцией $k = 1, 2, \dots, K-1$ сводится к отыс-

канию значений технологических факторов, входящих в вектор $\mathbf{u}(k) = (\mathbf{u}_k(k), \dots, \mathbf{u}_K(k))$. Поскольку все значения технологических факторов в пределах ограничений (4) являются допустимыми, их выбор может быть подчинен некоторым дополнительным условиям. Например, выбор значений технологических факторов можно подчинить условию приближения качества продукции к некоторому идеалу $\mathbf{y}^* = (y_1^*, y_2^*, \dots, y_n^*)$ или условию снижения затрат ресурсов на обеспечение технологического процесса. Такая трактовка придает технологическим факторам смысл управлений технологическим процессом и качеством продукции.

Формальное представление влияния технологических величин на показатели качества при отсутствии физических моделей отображения технологии в качество может быть получено посредством извлечения необходимых сведений из технологической информации (см. § 1), контроль которой регламентирован стандартом. На основании массивов данных могут быть построены регрессионные или нейросетевые модели [8] прогноза значений показателей качества по значениям технологических факторов.

Структура моделей такого типа для различных показателей качества $j = 1, 2, \dots, n$ имеет вид:

$$y_j(k) = f_j(\boldsymbol{\alpha}, \mathbf{u}(k)), \quad (10)$$

где $\mathbf{u}(k)$ — вектор технологических факторов, $\boldsymbol{\alpha}$ — вектор параметров модели.

Поскольку диапазоны возможного изменения технологических факторов ограничены достаточно узкими пределами (3), структура моделей (10) может быть достаточно простой.

Показатели качества могут быть свернуты в комплексный критерий. Весовыми коэффициентами β_j могут быть ценовые соответствия между различными показателями качества¹. Тогда критерий оптимальности в задаче выбора локальной технологии может быть приведен к виду:

$$F(\mathbf{u}(k)) = \sum_{j \in [1, n]} \beta_j g\{y_j^* - f_j[\boldsymbol{\alpha}, \mathbf{u}(k)]\} \rightarrow \min, \quad (11)$$

где $g(\cdot)$ — некоторая функция невязки между заданным значением y_j^* и прогнозом $f_j[\boldsymbol{\alpha}, \mathbf{u}(k)]$ показателя качества y_j .

При использовании моделей (10) могут быть наложены ограничения (2) на значения показателей качества в виде:

$$Y_{j\min} \leq f_j(\boldsymbol{\alpha}, \mathbf{u}(k)) \leq Y_{j\max}, \quad j = 1, 2, \dots, n. \quad (12)$$

Область определения технологии задается ограничениями (4):

$$\mathbf{U}_{\min} \leq \mathbf{u} \leq \mathbf{U}_{\max}. \quad (13)$$

¹ В критерии минимизации затрат на производство весовыми коэффициентами будут ценовые соответствия на технологические факторы, выражающиеся через ресурсы различного вида (материальные, энергетические, трудовые и т. п.).



Здесь предполагается одинаковый порядок следования компонент в векторах и ограничения понимаются покомпонентно.

Для решения задачи с критерием (11) и ограничениями (12) и (13) существует достаточно большой набор методов. Для упрощения во всех случаях, когда возможна оценка ошибки, возникающей в результате линеаризации граничных условий, ограничения на значения технологических факторов и показателей качества целесообразно линеаризовать. В результате область определения становится выпуклой и проблемы с множеством экстремумов не возникают. Для повышения точности определения экстремума можно воспользоваться процедурой последовательных приближений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изложенная методология позволяет синтезировать автоматизированные самонастраивающиеся системы управления качеством продукции, производимой в технологических процессах определенного во Введении вида. Система, используя информацию, получаемую при осуществлении технологического процесса в штатном режиме, идентифицирует модели (10), по которым осуществляется прогноз значений показателей качества в зависимости от значений технологических факторов. На основании тех же измеренных значений технологических факторов и показателей качества осуществляется идентификация глобальной технологии, т. е. допустимых диапазонов значений технологических факторов $U_{i\max}, U_{i\min}, i = 1, 2, \dots, m$ (4), которые в задаче (11)–(13) определения оптимальной технологии для каждой конкретной единицы продукции играют роль ограничений (13) на область определения задачи. Таким образом, в системе проектирования оптимальной технологии адаптируются и критерий качества, и ограничения.

Изложенный подход к управлению качеством (и мониторингу технологии) реализован в системе [3], разра-

ботанной под руководством автора. Система содержит в своем составе программные инструменты, позволяющие достаточно просто «подключить» ее к реальному производственному процессу рассматриваемого типа, а также развитый пользовательский интерфейс, обеспечивающий доступ к ее ресурсам без глубокой подготовки в области используемых математических дисциплин.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Огвоздин В. Ю.* Управление качеством: Основы теории и практики. Учебное пособие. — М.: Дело и Сервис, 2002. — 160 с.
2. *Статистический контроль качества продукции на основе принципа распределения приоритетов / В. А. Липидус, М. И. Розно, А. В. Глазунов и др.* — М.: Финансы и статистика, 1991. — 224 с.
3. *Кузнецов Л. А., Алексеев В. А.* Система поддержки управления качеством продукции / Датчики и системы. — 2003. — № 8. — С. 53–61.
4. *Шеннон К.* Математическая теория связи. — В кн.: К. Шеннон. Работы по теории информации и кибернетике. — М.: ИЛ, 1963.
5. *Колмогоров А. Н.* Теория информации и теория алгоритмов. — М.: Наука, 1987. — 304 с.
6. *Бард Й.* Нелинейное оценивание параметров. — М.: Статистика, 1979. — 349 с.
7. *Kuznetsov L.* Probability model identification // Proc. IMACS Symposium on Mathematical Modelling. — Vienna, Austria, 1997. — P. 319–321.
8. *Кузнецов Л. А., Домашнев П. А.* Нейросетевые модели для описания сложных технологических процессов // Проблемы управления. — 2004. — № 1. — С. 25–31.

☎ (4742) 32-80-44, e-mail: Kuznetsov@stu.Lipetsk.Ru

Статья представлена к публикации членом редколлегии А. С. Манделем. □



**В РАМКАХ МЕЖДУНАРОДНОЙ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ AIS'07 (см. стр. 46)
БУДУТ ПРОХОДИТЬ
XXII МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ САПР-2007»
И МЕЖДУНАРОДНАЯ ШКОЛА МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ,
СТУДЕНТОВ, АСПИРАНТОВ
(CAD—2007)**

Тематика конференции

- автоматизация проектирования;
- бионика;
- генетические алгоритмы, эволюционное моделирование;
- искусственный интеллект и нечеткие системы;
- перспективные информационные технологии;
- проблемы образования;
- нейрокомпьютеры, квантовые и молекулярные компьютеры;
- международное сотрудничество.

В рамках конференции проводится Выставка-ярмарка программных средств для интеллектуальных систем

Более подробную информацию можно найти на сайте конференции <http://icai.tsure.ru>

ИНТЕГРАЦИЯ СИСТЕМ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ НА ОСНОВЕ РЕЧЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И WEB-СЕРВИСОВ

В. А. Жожикашвили, Р. В. Билик, А. Ю. Трощенко, Н. В. Петухова, М. П. Фархадов

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

Рассмотрены технологии компьютерного распознавания и синтеза речи и их применение в системах массового обслуживания, а также технология web-сервисов, разработанная для практической реализации концепции сервис-ориентированной архитектуры. Предложена архитектура следующего поколения систем массового обслуживания с интеллектуальными сервисами.

Светлой памяти

Ивери Варламовича Прангишвили посвящается

ВВЕДЕНИЕ

Эволюция информационных систем, движимая все новыми и новыми человеческими потребностями, приводит к существенным изменениям старых систем, к появлению новых систем и к их интеграции. Речь в данной статье пойдет о такой технологии интеграции отдельных систем, которая даст возможность пользователю получать в режиме самообслуживания самую разнообразную информацию и услуги, не подозревая, что в обслуживании его заявки будут вовлечены многие сервисные центры и сети передачи данных. Достижение такой интеграции основано на применении речевых технологий и web-сервисов.

Предоставление информации и услуг пользователю будет осуществляться через контакт-центры нового типа с интеллектуальными услугами.

Определение *контакт-центра как системы массового обслуживания с интеллектуальными услугами* можно сформулировать следующим образом: это совокупность программных и аппаратных средств и алгоритмов, предназначенных для регистрации обращений пользователей (поступающих по телефону или с помощью других электронных каналов коммуникаций), их маршрутизации, контроля решения задач, поиска необходимой информации, выбора наилучшего варианта и выдачи результирующей информации пользователю [1].

В предлагаемой статье затронуты аспекты распознавания речи, рассмотрены возможности web-сервисов и предложена архитектура контакт-центров следующего поколения, позволяющая использовать технологические новшества и автоматизировать качественно новые функции.

Авторы пользуются случаем отметить ту поддержку, которую оказывал И. В. Прангишвили развитию научной проблематики автоматизированных систем массового обслуживания с интеллектуальными сервисами.

1. РАСПОЗНАВАНИЕ И СИНТЕЗ РЕЧИ

Распознавание речи — это преобразование акустического сигнала человеческой речи в набор слов [2]. Полученные на выходе данной процедуры слова могут быть конечным результатом, как в случае распознавания простых команд, или служить входными данными для дальнейшего анализа с целью выявления *смысла* полученных слов.

Синтез речи — это процедура превращения входного орфографического текста в звучащую речь. Помимо преобразования слов в текст, синтез речи должен учитывать ударения, синтаксис и другие особенности устной речи.

1.1. Технология распознавания речи

В типовой системе распознавания речи на первом этапе происходит *параметризация* речевого сигнала, т. е. отображение оцифрованного речевого сигнала (обычно с частотой 8 кГц) в набор векторов (10–20 параметров), значения которых вычисляются каждые 10–20 мс (т. е. с частотой 50–100 Гц). Таким путем достигается уменьшение объема рабочего материала и представление его в более удобном для работы с математической точки зрения виде.

На следующих этапах происходит поиск наиболее вероятных фонем (фонема — наименьший звуковой элемент человеческой речи, в зависимости от языка чис-



ло фоном может варьироваться около 40), групп фоном и далее наиболее вероятного *слова*, удовлетворяющего данному набору параметров входных данных. На алгоритм поиска влияют такие параметры, как акустическая, лексическая и лингвистическая модели. Для настройки параметров этих моделей используются образцы речевых данных.

На выходе такой системы получают с некоторыми вероятностями либо слово, либо набор слов. Интернет-консорциум W3C (Word Wide Web Consortium) разработал стандарт SRGS 1.0 (см. Приложение), формализующий процесс создания грамматик для приложений и позволяющий разработчикам приложений использовать одно и то же приложение с разными платформами распознавания. Помимо этого стандарта, используется также стандарт SISR 1.0 (см. Приложение).

Современные платформы распознавания речи стремятся обеспечить достойную функциональность для разработки приложений с использованием речевых технологий. Среди наиболее популярных функций, реализуемых в платформах, следующие:

- поддержка нескольких языков и возможность одновременной обработки разных языков;
- возможность прерывания голосового меню (barge-in) (функция barge-in — возможность перебивать систему, произнося команды и голосовую информацию, не дожидаясь окончания проигрывания приветствий и/или меню); это позволяет клиентам, уже знакомым с системой, не тратить время на прослушивание всех проигрываемых пунктов меню, а произносить команды немедленно и поэтому с такой системой значительно приятней общаться, не говоря уже о том, что это экономит время звонящего;
- подавление окружающего шума;
- синтаксис для представления грамматических правил (SRGS);
- динамический выбор акустической модели;
- селективный barge-in, когда прерывание происходит только в случае, если фраза соответствует грамматической конструкции;
- возможность переспросить абонента, если вероятность распознанной фразы низка;
- автотранскрипция для фонетического описания отсутствующих в словаре слов;
- дикторнезависимое распознавание;
- распознавание слитной речи.

Лидерами на рынке распознавания речи являются такие американские компании, как «Nuance», «ScanSoft». Русский язык поддерживают всего несколько платформ, среди них ScanSoft (www.scansoft.com) и Sacramento (www.sakrament.com). Наряду с промышленными платформами имеются также некоторые разработки российских ученых, например компания «Стэл — Компьютерные Системы» (www.stel.ru) в сотрудничестве с ведущими специалистами филологического факультета МГУ создает прототип дикторнезависимой системы распознавания русской речи.

На Западе практическое применение распознавания речи началось в самом конце 1990-х гг. В России первые приложения были созданы в Институте проблем управления РАН для получения справок о рейсах, для заказа такси, для управления кошельками в электронных платежных системах [3—5].

1.2. Технология синтеза речи

Существуют различные методы синтеза речи. Выбор того или иного метода определяется связанными с ним ограничениями.

Самый простой метод — воспроизведение предварительно записанной речи (метод компоновки). Он применяется в синтезаторах с ограниченным словарем, в которых фразы строятся путем конкатенации предварительно записанных речевых фрагментов. Очевидный недостаток данного метода — невозможность воспроизводить динамическую информацию.

В синтезаторах с неограниченным словарем элементами речи являются фонемы или слоги, поэтому в них применяется метод синтеза по правилам, а не простая компоновка. Данный метод весьма перспективен, так как обеспечивает работу с любым необходимым словарем, однако качество речи значительно ниже, чем при использовании метода компоновки. При синтезе речи по правилам применяется параметрический метод кодирования на уровне слогов, в соответствии с которым достигается абстрагирование от речевой волны как таковой и она представляется в виде набора параметров. Параметры отражают наиболее характерную информацию либо во временной, либо в частотной области. Например, речевая волна может быть сформирована сложением отдельных гармоник заданной высоты и с заданными спектральными выступлениями на данной частоте.

Для описания особенностей воспроизведения синтезированной речи, таких как фонетическая транскрипция (произношение), громкость, высота, скорость и т. д., был разработан стандарт SSML 1.0 (см. Приложение).

Наиболее известными системами синтеза русской речи являются продукты компании «Scansoft» (RealSpeak), французской «Digalo» и белорусской компании «Sacrament» (Sacrament TTS).

2. WEB-СЕРВИСЫ

Появление концепции web-сервисов было связано со стремлением компаний развивать межкорпоративное взаимодействие на основе возможностей, предоставляемых Интернетом. Web-сервисы являются практической реализацией идеи сервис-ориентированной архитектуры, которая возникла несколько лет назад и с тех пор весьма успешно развивается.

Каждая информационная система призвана обеспечивать работу тех или иных бизнес-процессов, которые, в свою очередь, можно декомпозировать на более мелкие составляющие — бизнес-функции. Бизнес-функция, дающая конкретный измеримый результат, является минимальной сущностью, имеющей ценность для бизнеса, неким «квантом». Именно ее и можно отождествить с сервисом [6]. Теперь, переходя к терминам информационных систем, назовем *сервисом* ресурс, реализующий бизнес-функцию и обладающий следующими свойствами [6]:

- является повторно используемым;
- определяется одним или несколькими явными технологически независимыми интерфейсами;
- слабо связан с другими подобными ресурсами и может быть вызван посредством коммуникационных протоколов, обеспечивающих возможность взаимодействия ресурсов между собой.

Таким образом, разложив бизнес-процессы компании на бизнес-функции, реализовав эти функции в виде сервисов, имеющих стандартный интерфейс и механизм взаимодействия, мы получаем то, что принято теперь называть сервис-ориентированной архитектурой (SOA — Service-Oriented Architecture) построения бизнес-приложений. Или, переходя на более формальный язык, *сервис-ориентированной архитектурой* называется такая архитектура приложений, в рамках которой все функции приложения являются независимыми сервисами с четко определенными интерфейсами, которые можно вызывать в нужном порядке с целью формирования бизнес-процессов [6]. Один из способов реализации такой архитектуры и заключается в построении web-сервисов (см. Web-Services Architecture в Приложении). *Web-сервисом называется программная система, идентифицируемая строкой URI (Universal Resource Identifier), чьи публичные интерфейсы и привязки определены и описаны посредством XML (eXtensible Markup Language). Описание этой программной системы может быть найдено другими программными системами, которые могут взаимодействовать с ней согласно этому описанию посредством сообщений, основанных на XML и передаваемых с помощью Интернет-протоколов.*

Для транспортировки и преобразования данных в программы и обратно web-сервисы требуют применения нескольких смежных XML-технологий [7]:

- протокол SOAP (Simple Object Access Protocol) — открытый протокол, который определяет специализированный формат для связи Интернет-приложений и сервисов на основе XML и для передачи XML-документов по Сети, а также соглашения RPC-взаимодействий (Remote Procedure Call);
- технология UDDI (Universal Description, Discovery and Integration) — реестр web-сервисов и механизм поиска, служит для хранения и упорядочения деловой информации, а также для нахождения указателей на интерфейсы web-сервисов;
- язык описания web-сервисов (Web-Services Description Language, WSDL) — формат XML-схем, определяющий расширенную структуру описания интерфейсов web-сервисов.

Процесс работы с web-сервисами состоит в следующем. Сначала в реестре UDDI находится нужный web-сервис, удовлетворяющий запрашиваемым потребностям. Затем отправляющий компьютер получает WSDL-документ, описывающий формат предоставления данных этого web-сервиса, и SOAP-процессор отправляющего компьютера преобразует данные из собственного («родного») формата в тип данных, predeterminedенный в соответствии с содержащейся в WSDL-файле XML-схемой, и отправляет SOAP-запрос на принимающую сторону. Полученный ответ также проходит процесс преобразования обратно в «родной» формат.

Заметим, что web-сервисы в настоящее время не являются мифом или чистой теорией, существует масса примеров уже реализованных web-сервисов. Чтобы убедиться в этом, достаточно зайти в UDDI-реестр <<http://www.uddi.org/find.html>>. Российские примеры web-сервисов можно посмотреть, например, на сайтах ОАО «Аэрофлот — российские авиалинии» или ЦБ РФ:

- расписание рейсов ОАО «Аэрофлот — российские авиалинии» <<http://webservices.aeroflot.ru>>;

- расписание рейсов и заказ билетов <<http://aviabilet.ru/avia>>;
- web-сервисы ЦБ РФ: котировки валют и металлов, ставки и др. <<http://www.cbr.ru/scripts/Root.asp>>.

3. АРХИТЕКТУРА СИСТЕМ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ СЛЕДУЮЩЕГО ПОКОЛЕНИЯ

Итак, мы имеем три крупных блока: контакт-центр, инструменты распознавания и синтеза речи и множество web-сервисов. Соединив все три блока в единую систему, мы сможем получить нечто принципиально новое — систему массового обслуживания следующего поколения с интеллектуальными сервисами. В нашем понимании интеллектуальный сервис в контакт-центре — это полностью автоматизированный сервис, способный полностью удовлетворить информационный или иной запрос абонента без привлечения человека-оператора. Приведем примеры таких сервисов.

- Бронирование и заказ билета по телефону. Голосовое взаимодействие системы и человека осуществляется посредством распознавания и синтеза речи. Логика поиска оптимального билета заложена в приложении интеллектуального сервиса, а данные берутся из множества источников в сети Интернет посредством web-сервисов.
- Голосовая поисковая система. Поиск любой информации и предоставление ее по телефону. Например, поиск кинотеатров рядом с определенной станцией метро, в данном случае используются уже существующие приложения, которые реализуют эту функцию в Интернете. Нет необходимости писать отдельное приложение для голосовой системы.
- Анкетирование. Исходящий обзвон и анкетирование граждан. Ведение диалога с помощью распознавания и синтеза речи.

Принцип работы системы можно пояснить на следующем примере.

1. Абонент направляет звонок в контакт-центр компании с целью совершить бронирование билета. Он не знает ни названия авиакомпании, ни расписания рейсов. Единственные входные данные — пункты отправления и назначения и желаемое время отправления или прибытия.

2. Звонок из телефонной сети общего пользования попадает на голосовой шлюз, задачей которого является преобразование голосового потока из традиционной TDM сигнализации (например, E1 ISDN PRI) в IP, с сигнализацией SIP (см. Приложение) или H.323. По этой сигнализации шлюз обращается к голосовому браузеру — устройству, выполняющему функцию, схожие с обычным web-браузером, — интерпретацию полученных от web-сервера данных в воспринимаемый человеком вид, т. е. в нашем случае в голос. Голосовой браузер определяет, на какой и с какого номера пришел звонок (DNIS, ANI), эти данные он получает из H.323 или SIP сигнализации. Далее производится http-запрос (с параметрами ANI и DNIS) на web-сервер.

3. Web-сервер на основании полученных параметров определяет, какую из служб запустить, и отправляет в ответ голосовому браузеру VXML-файл (см. Приложение) приветствия службы бронирования. Голосовой браузер, получив VXML-страницу, интерпретирует ее содержание. В нашем примере страница содержит простое приветствие и просьбу ввести пункты отправления и назначения, дату и время вылета. Для произнесения могут использоваться как предварительно записанные голосовые файлы, так и синтезируемая речь. Для доступа к системе синтеза речи голосовой браузер использует протокол MRCP (см. Приложение).

4. Абонент произносит запрашиваемую информацию, при этом голосовой браузер в процессе сбора этой информации обращается к модулю распознавания речи. Протоколом взаи-



модействия между этими системами также является MRCP (см. Приложение). Наконец, получив данные с помощью системы распознавания уже в виде параметров, голосовой браузер делает следующий http-запрос (с новыми параметрами — пунктами назначения и отправления, датой и временем отправления) на web-сервер.

5. Web-сервер снова запускает интеллектуальный сервис бронирования, который, в свою очередь, совершает запросы в несколько авиакомпаний (используя web-сервисы) и находит наиболее оптимальный вариант для абонента, исходя из времени вылета рейса, параметров класса и цены. Каждая из авиакомпаний предоставляет web-сервис, возвращающий список рейсов с ценами и наличием билетов. Таким образом, логика выбора авиарейса заложена в нашем интеллектуальном приложении, а информация берется из web-сервисов, предоставляемых авиакомпаниями.

6. Наконец, web-сервер возвращает результат — VXML-страницу, которую должен интерпретировать голосовой браузер. В ней находится название авиакомпании, номер рейса, его параметры, а также вопрос о подтверждении бронирования. Для произнесения информации абоненту голосовой браузер обращается к подсистеме синтеза речи.

Если абонент не желает пользоваться автоматизированной службой, он всегда может быть перенаправлен к оператору контакт-центра.

4. ПРИМЕР: ПОЛУЧЕНИЕ СПРАВОК О РЕЙСАХ С ПОМОЩЬЮ WEB-СЕРВИСА КОМПАНИИ ОАО «АЭРОФЛОТ — РОССИЙСКИЕ АВИАЛИНИИ» И РЕЧЕВОГО ИНТЕРФЕЙСА

В лаборатории автоматизированных систем массового обслуживания Института проблем управления РАН создана система автоматического получения справок о рейсах, использующая речевой интерфейс на базе программы распознавания речи Speech Pearl [4, 8]. Прикладное программное обеспечение реализует управление телефонными линиями, организует диалог с клиентом и собирает в ходе этого диалога данные для обращения в информационную систему. Далее возможны два варианта. По первому варианту голосовой сервер может взаимодействовать непосредственно с базой данных и получать информацию из нее. Недостаток этого варианта заключается в уникальности интерфейса с базой данных. Второй вариант, более универсальный и основанный на современных международных стандартах, состоит в использовании web-сервиса, недавно введенного на сайте компании ОАО «Аэрофлот — российские авиалинии» и позволяющего легко интегрировать приложения, независимо от их платформы и языка разработки. Данные клиента помещаются в оговоренную форму и отправляются на сайт, откуда возвращается список структур, состоящих из ряда полей.

Из возвращенных полей выбираются нужные данные, которые далее озвучиваются с помощью метода компоновки в виде естественной речи.

Web-сервис позволяет получать данные из Центра управления полетами ОАО «Аэрофлот — российские авиалинии». Данные обновляются каждые 5 мин. Предлагаемая услуга бесплатная.

Данный вариант был опробован при разработке речевого интерфейса в системе получения справок по расписанию рейсов ОАО «Аэрофлот — российские авиалинии».

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Интеграция систем массового обслуживания на основе речевых технологий и web-сервисов позволяет ав-

томатизировать качественно новые функции. В случае контакт-центра с интеллектуальными сервисами автоматизация затрагивает выяснение сути звонка (посредством распознавания речи), нахождение запрашиваемой информации (используя данные и функции, предоставляемые web-сервисами) и доведение информации до абонента (посредством синтеза речи). Все процессы происходят без участия человека.

Кроме общеизвестных преимуществ, которые дает применение речевых технологий в системах обслуживания, данная архитектура имеет ряд дополнительных достоинств:

- открытые стандарты позволяют использовать модули от разных производителей (например, голосовой шлюз, голосовой браузер, системы синтеза и распознавания речи, контакт-центр);
- современные технологии web-сервисов позволяют гибко использовать существующие в сети ресурсы для организации интеллектуальных сервисов, без необходимости создавать их заново;
- рост популярности web-сервисов и увеличение их числа в сети Интернет, а также простота пользования ими позволят существенно обогатить возможности голосовых сервисов.

Открытость стандартов и возможность использовать модули разных производителей понижает порог для выхода на рынок программных продуктов, а это означает, что программы, созданные российскими производителями, смогут успешно конкурировать с программами западных гигантов в соответствующих областях.

ПРИЛОЖЕНИЕ.

Краткие характеристики некоторых стандартов

SRGS 1.0 — Speech Recognition Grammar Specification.

Определяет синтаксис для представления грамматических правил в системах распознавания речи, иными словами, для описания структуры данных при их вводе средствами голосового приложения. Данный синтаксис позволяет разработчикам задавать слова и шаблоны словарных форм для сообщения их системам распознавания речи. Синтаксис грамматики представлен в двух форматах: в Augmented BNF Form и XML Form. Спецификация определяет отображение между этими представлениями, так что одно представление может быть трансформировано в другое. <<http://www.w3.org/TR/speech-grammar/>>.

SISR 1.0 — Semantic Interpretation for Speech Recognition.

Определяет процессы семантической интерпретации для распознавания речи и синтаксис и семантический смысл тегов, которые могут быть добавлены к грамматике распознавания речи, в частности в стандарте SRGS. Например, SISR позволяет определить связи между грамматическими правилами и семантикой приложения, что позволяет трактовать как эквивалентные варианты употребления одного и того же элемента, например «да», «ага», «правильно». <<http://www.w3.org/TR/semantic-interpretation/>>.

SSML 1.0 — Speech Synthesis Markup Language.

Создан для описания особенностей воспроизведения синтезированной речи, таких как фонетическая транскрипция (произношение), громкость, высота, скорость и т. д., для различных платформ синтеза речи. <<http://www.w3.org/TR/speech-synthesis/>>.

Web Services Architecture.

Описывает архитектуру web-сервисов. Определяются функциональные компоненты и взаимодействия между ними. <<http://www.w3.org/TR/ws-arch/>>.

SIP: Session Initiation Protocol.

Протокол прикладного уровня, предназначенный для установления, изменения и окончания сеансов с одним или не-

сколькими участниками. Сеансы могут включать в себя телефонные звонки и мультимедиа-конференции, а также задействовать другие мультимедийные ресурсы. <<http://www.ietf.org/rfc/rfc3261.txt>>.

VXML 2.0 — Voice Extensible Markup Language.

Разработан для создания голосовых меню, использующих синтез и распознавание речи, тональный набор DTMF, запись разговора из диалога и других телефонных функций. Основная цель стандарта — обеспечить доступ к web-информации в системах интерактивного речевого взаимодействия. <<http://www.w3.org/TR/voicexml20/>>.

MRCP: Media Resource Control Protocol.

Протокол, обеспечивающий интеграцию средств распознавания речи и преобразования текста в речь с голосовой платформой. <<http://www.ietf.org/internet-drafts/draft-shanmugham-mrcp-07.txt>>.

ЛИТЕРАТУРА

1. Самолубова А. Б. Call Center на 100 %. — М.: Альпина Бизнес Букс, 2004. — 308 с.
2. Survey of the State of the Art in Human Language Technology <<http://cslu.cse.ogi.edu/HLTSurvey/HLTSurvey.html>>.

3. Жожикашвили В. А., Билик П. В., Вертлиб В. А. и др. Открытые системы массового обслуживания // Проблемы управления. — 2003. — № 4. — С. 55—62.
4. Жожикашвили В. А., Жожикашвили А. В., Петухова Н. В., Фархадов М. П. Применение распознавания речи в автоматизированных системах массового обслуживания // Автоматизация и современные технологии. — 2003. — № 11. — С. 22—28.
5. The first voice recognition applications in Russian language for use in the interactive information systems // V. A. Zhzhikashvili, M. P. Farkhadov, N. V. Petukhova and A. V. Zhzhikashvili // Proc. of the Ninth International Conf. «Speech and Computer» SPECOM'2004, Saint-Petersburg. — 2004. — P. 304—307.
6. Долотин И. Цикл статей «Технологии web-сервисов». <http://www.ubs.ru/ws/ws_basics1.html>.
7. Ньюкомер Э. Web-сервисы. XML, WSDL, SOAP и UDDI. Для профессионалов. — СПб: Питер, 2003. — 256 с.
8. <<http://www.ipu.ru/labs/lab17/frame17.htm>>.

☎ (495) 334-87-10, 334-90-60, e-mail: mais@ipu.ru

Статья представлена к публикации членом редколлегии А. Г. Бутковским. □

УДК 621.396

СИСТЕМЫ МНОГОСКОРОСТНОЙ ОБРАБОТКИ МНОГОМЕРНЫХ СИГНАЛОВ. Ч. II¹

М. К. Чобану

Московский энергетический институт (технический университет)

Рассмотрены методы полиномиального синтеза многомерных неразделимых многоскоростных систем. Приведены основные требования, которым должны удовлетворять синтезируемые цифровые фильтры. Предложены три подхода к синтезу, основанные на применении полиномов Бернштейна, метода лифтинга и метода достройки матрицы.

ВВЕДЕНИЕ

В первой части работы рассмотрены приложения, в основе которых лежит применение многомерных (ММ) неразделимых многоскоростных систем [1]. Известно достаточно много различных методов синтеза ММ цифровых фильтров для многоскоростных систем. Среди них можно отметить два подхода к синтезу фильтров — аналитический и численный. Такое деление весьма условное, так как при аналитическом синтезе в полученной структуре могут оставаться свободные параметры, кото-

рые определяются обычно численными методами, путем минимизации того или иного численного критерия.

В настоящей статье описываются методы аналитического синтеза неразделимых цифровых фильтров с конечной импульсной характеристикой (КИХ) для ММ многоскоростных систем.

1. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К СИНТЕЗИРУЕМЫМ ФИЛЬТРАМ

За 30 лет развития теории и методов многоскоростной обработки сигналов было предложено много подходов к синтезу ММ цифровых фильтров для банков анализа и синтеза.

¹ Работа выполнена при поддержке РФФИ и японского общества JSPS, грант № 06-07-91751-ЯФ_а.



Исторически первыми были разработаны методы синтеза одномерных цифровых фильтров. Характеристики ММ фильтров сначала рассматривались как произведение характеристик одномерных фильтров по каждой из координат. Позже стали появляться уже неразделимые фильтры, которые нельзя было представить в виде таких произведений.

В данной работе рассматриваются методы синтеза ММ неразделимых фильтров для многомерных многоскоростных систем. Синтез одномерных фильтров хорошо описан в работах [2–4].

Многомерные фильтры для ММ многоскоростных систем, должны обладать:

- свойством точного восстановления сигнала (ТВС);
- свойством линейности ММ фазы (ЛФ);
- действительной многомерной КИХ;
- заданной ММ полосой пропускания/задержки;
- заданной гладкостью;
- свойством ортогональности/биортогональности.

Синтезируемые фильтры могут быть неразделимыми, и метод аналитического синтеза должен позволять строить такие фильтры.

Некоторые другие свойства также желательно учитывать при разработке банков фильтров (БФ). Требования заданного числа производных, равных нулю, и заданной регулярности происходят из теории вейвлетов. Число нулевых производных одномерных вейвлет-функций равно числу нулей АЧХ низкочастотного фильтра, которое она имеет на граничных частотах. Если из БФ можно получить вейвлет-базис, то фильтр будет регулярным. Низкочастотный фильтр регулярен, если он имеет, по крайней мере, один нуль на граничных частотах. Гладкость вейвлетов влияет на точность аппроксимации сигналов и на коэффициент сжатия ММ сигналов.

2. МНОГОМЕРНЫЕ ПОЛИНОМИАЛЬНЫЕ ПОЛИФАЗНЫЕ МАТРИЦЫ

В общем случае многоскоростная система состоит из банка анализа (БА) и банка синтеза (БС) [1]. Банк анализа состоит из фильтров $H_i(z_1, \dots, z_D)$ и дециматоров $\downarrow \mathbf{M}$, банк синтеза — из интерполяторов $\uparrow \mathbf{M}$ и фильтров $F_i(z_1, \dots, z_D)$, $i = 0, 1, \dots, m-1$, где \mathbf{M} — матрица децимации, D — число измерений сигнала, а число каналов многоскоростной системы $m = |\det \mathbf{M}|$.

В БА сигнал разбивается на различные частотные поддиапазоны, а в БС восстанавливается первоначальный сигнал из сигналов поддиапазонов. Если восстановленный сигнал идентичен первоначальному, не считая задержки и масштабирования, то система анализа-синтеза называется БФ со свойством ТВС, которое записывается как $\hat{x}(\mathbf{z}) = \mathbf{z}^s x(\mathbf{z})$, где $\mathbf{z} = (z_1, \dots, z_D)$, \mathbf{z}^s — пространственный сдвиг $\mathbf{z}^s = (z_1^{s_1}, \dots, z_D^{s_D})$.

Многоскоростная система может быть представлена ее эквивалентной, эффективной схемой через полифазные полиномиальные матрицы [5]. В z -области фильтры БА записываются через полифазные состав-

ляющие как $H_i(\mathbf{z}) = \sum_{j=0}^{m-1} \mathbf{z}_j^c H_{ij}(\mathbf{z}^{\mathbf{M}})$, $\mathbf{c}_j \in N(\mathbf{M})$, N — мно-

жество классов смежности матрицы \mathbf{M} и полифазная полиномиальная матрица фильтров БА имеет вид

$$\mathbf{H}_p(\mathbf{z}) = \begin{bmatrix} H_{0,0}(\mathbf{z}) & \dots & H_{0,m-1}(\mathbf{z}) \\ \dots & \dots & \dots \\ H_{m-1,0}(\mathbf{z}) & \dots & H_{m-1,m-1}(\mathbf{z}) \end{bmatrix}. \text{ Аналогичные соот-}$$

ношения записываются для БС. Свойство ТВС теперь будет иметь вид $\mathbf{F}_p(\mathbf{z})\mathbf{H}_p(\mathbf{z}) = \mathbf{I} \times \mathbf{z}^s$. Эффективность такой системы объясняется тем, что фильтруется не входной сигнал, а сигнал после децимации, число отсчетов которого в m раз меньше. Если многоскоростная система реализуется на параллельных структурах, то требования к быстродействию каждого вычислителя в m раз меньше, чем при прямой реализации на одном вычислителе.

3. ПОЛИНОМИАЛЬНЫЙ ПОДХОД

Всего выделено пять групп методов синтеза ММ цифровых фильтров: структурные методы; представление в пространстве состояний; оптимизационные методы; преобразование переменных; полиномиальные методы.

Необходимо отметить, что речь идет о синтезе фильтров, являющихся частью БФ многоскоростных систем.

В данной работе применяется полиномиальный подход. Это объясняется многими причинами. Прежде всего, ММ цифровые фильтры, входящие в состав БФ, являются линейными инвариантными к сдвигу системами и описываются в z -области с помощью ММ многочленов (для КИХ-систем, рассматриваемых в данной работе) и ММ дробно-рациональных функций (для систем с бесконечной импульсной характеристикой). Аппарат ММ многочленов служит естественным инструментом для синтеза ММ цифровых фильтров. Далее, для наиболее удобного представления БФ через их полифазные составляющие и полифазные матрицы, используются ММ полиномиальные матрицы в качестве основного средства работы. Наконец, в последние годы получены многие теоретические результаты и алгоритмы (в теории компьютерной алгебры это теоремы Суслина, базисы Грёбнера и др.), позволившие эффективно применять их в работе с ММ многочленами и ММ полиномиальными матрицами и тем самым успешно решать задачу синтеза ММ многоскоростных систем.

Краткая история развития полиномиальных методов.

Синтез ММ цифровых фильтров требует развития теории ММ полиномов, поскольку именно с помощью полиномов формируются передаточные функции цифровых фильтров в комплексной z -области и частотной области. В пространственной области фильтры характеризуются ММ импульсными характеристиками. Если импульсные характеристики одномерных систем зависят обычно от времени, то импульсные характеристики ММ систем зависят от пространственных и временной координат. Подчеркнем, что переход от одномерного к ММ случаю носит не только количественный, но и, в первую очередь, качественный характер. Многие проблемы, с которыми приходится сталкиваться при обра-

ботке ММ сигналов, просто не существуют при обработке одномерных сигналов. Можно выделить несколько этапов развития теории систем обработки сигналов, тесно связанных с развитием теории полиномов.

Первые исследования были связаны с изучением полиномов одной переменной. Затем изучались одномерные системы с несколькими входами и выходами и изучались матрицы, элементами которых служат многочлены. В одномерном случае анализ систем связан с исследованием матричных многочленов одной переменной. Важные обобщающие результаты для систем со многими входами и многими выходами (для одномерного случая) были получены в конце 1980-х—начале 1990-х гг. [5].

Возникнув в начале 1960-х гг., связанные с ММ многочленами задачи к настоящему времени приобрели особое значение в связи с необходимостью развивать технику цифровой фильтрации в ММ случае. При переходе от многочленов одной переменной к многочленам нескольких переменных резко возрастают математические трудности. Это объясняется тем, что многочлен нескольких переменных в общем случае нельзя факторизовать (т. е. разложить на одномерные простые сомножители), в то время как в случае с одной переменной это всегда возможно (основная теорема алгебры). Еще одно существенное и важное отличие состоит в том, что если особенности уравнения $F(z) = 0$ всегда являются изолированными точками, то для уравнения $F(z_1, z_2, \dots, z_n) = 0$ решениями являются ММ поверхности или многообразия. Эффективное решение подобных задач возможно с помощью базисов Грёбнера, которые были впервые предложены Б. Бухбергером в 1966 г. [6]. С тех пор теория получила развитие, а ее многочисленные применения можно найти и в математике, и во многих технических приложениях. Базисы Грёбнера являются мощным средством, так как они позволяют эффективно осуществлять различные вычисления с ММ многочленами. Алгоритм Бухбергера для построения базисов Грёбнера ММ полиномиального идеала обобщает и алгоритм Евклида для одномерных многочленов, и алгоритм Гаусса приведения матриц к треугольному виду для линейных систем.

Теория матриц, элементами которых служат ММ многочлены, получила существенное развитие в начале 1990-х гг. Получены обобщающие результаты, позволяющие разложить некоторые классы ММ полиномиальных матриц в произведение элементарных матриц, достроить матрицы до полного размера при наличии одной (или нескольких) ее строк (или столбцов) [7, 8].

Теория идеалов и модулей (проективных и конечно сгенерированных) над полиномиальными кольцами и кольцами полиномов Лорана применяется во многих приложениях. Геометрически такие идеалы и модули соответствуют аффинным и торическим многообразиям и, соответственно, пучкам векторов над ними. Алгебро-геометрические результаты, связанные с пучками алгебраических векторов над алгебраическим тором, напрямую оказывают влияние на теорию банков КИХ-филь-

тров, так как конечно сгенерированные проективные модули над кольцами полиномов Лорана представлены именно такими пучками векторов. Вычислительная сторона этой теории, однако, имеет довольно короткую историю, и базисы Грёбнера лежат в ее основании.

В 1955 г. Серре высказал гипотезу о тривиальности пучков алгебраических векторов над аффинным пространством. В 1976 г. независимо друг от друга А. А. Суслин и Д. Куилин доказали, что конечно сгенерированные проективные модули над кольцами полиномов свободны [9, 10]. Приведенные ими доказательства были неконструктивными. Алгоритмические доказательства были приведены позже [11–15].

Рассмотрим кратко существующие в рамках полиномиального подхода три основных методики синтеза многомерных БФ, предполагающие применение полиномов Бернштейна, лифтинга, и метода достройки матрицы до полной по заданной ее части.

Полиномы Бернштейна. Применение ММ полиномов (подобных полиномам Бернштейна или другим типам полиномов) позволяет получать фильтры с максимальным числом нулевых производных и с другими полезными свойствами [16–18]. Теория и методы синтеза разработаны для проектирования БФ, в которых импульсные характеристики фильтра, шкалирующие функции и вейвлет-функции имеют прямоугольную опорную область. Фильтры, разработанные с помощью полиномов Бернштейна, обладают свойством ЛФ и заданным числом нулевых производных [16]. Банк фильтров может быть разработан на основе многозвенной структуры таким образом, что сохраняется свойство ТВС и при квантовании [19]. Другой подход заключается в применении сплайнов на решетках в качестве шкалирующей функции [17, 18]. В этих и других работах с помощью такого подхода были синтезированы только двух- и четырехканальные биортогональные БФ и для случая двух и трех измерений.

Оператор Бернштейна, действующий на двумерную функцию $f(x, y)$ в области $[0, 1] \times [0, 1]$, имеет вид

$$B_N f(x, y) = \sum_{i=0}^N \sum_{j=0}^N f(i/N, j/N) b_{i,j}^N(x, y).$$

Для шахматной матрицы децимации необходимо выбирать функцию $f(i/N, j/N)$, имеющую носитель в виде ромба [20]:

$$f(i/N, j/N) = \begin{cases} 1 & i+j < N-1, \\ 0,5 & i+j = N, \\ 0 & \text{в других случаях.} \end{cases}$$

Наиболее общий результат, позволяющий правильно выбирать данные коэффициенты для двухканальных систем произвольной размерности формулируется следующей теоремой.

Теорема 1 [21]. Фильтр $H_0(z_1, \dots, z_D)$ является полуполосовым, имеет гладкость не более N и аппроксимирует



двухканальную неразделимую низкочастотную полосу, если

$$f(i, j, \dots) = \begin{cases} 1, & \text{если } i = j = \dots = 0, \\ \theta_{i+j+\dots}, & \text{если } 0 < i+j+\dots < DN/2, \\ 1/2, & \text{если } i+j+\dots = DN/2 \text{ (когда } DN \text{ четно)}, \\ 1 - \theta_{DN-(i+j+\dots)}, & \text{если } DN/2 < i+j+\dots < DN, \\ 0, & \text{если } i = j = \dots = N. \end{cases}$$

Данная теорема позволяет ввести параметризацию ММ фильтра H_0 с помощью свободных параметров θ_i . Это дает возможность оптимизировать характеристики фильтра в соответствии с заданным критерием качества.

Более общее применение полиномиальных методов на основе полиномов Бернштейна позволило синтезировать БФ, удовлетворяющие требованию заданной гладкости [21–23].

Методика подъема (лифтинга) появилась недавно, обеспечив новый угол зрения для рассмотрения и изучения БФ и генерируемых на их основе вейвлетов [24, 25]. Причиной ее создания было желание синтезировать меняющиеся во времени БФ с ТВС или так называемое второе поколение вейвлетов. Получаемые с помощью лифтинга реализации имеют лестничный вид [19].

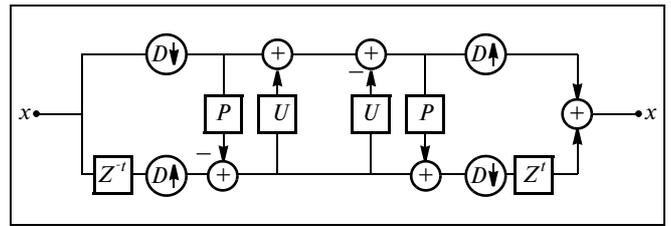
В работе [25] предложен метод, основанный на лифтинге, для формирования БФ и вейвлетов для заданной решетки и заданного числа нулевых производных. Это построение включает в себя два шага подъема: предсказание и уточнение, где уточнение получается из сопряжения оператора предсказания и деления его на 2. Предсказывающий фильтр принадлежит к новому классу фильтров и создается с помощью специального алгоритма для ММ полиномиальной интерполяции. Данная конструкция обладает многими преимуществами лифтинга, такими, как замещение при вычислении, преобразование «целое число в целое число» (отсутствие ошибок квантования).

Автором разработан существенно упрощенный по сравнению с известными метод синтеза ММ БФ с помощью методики лифтинга, а также методика синтеза на основе ММ ряда Тейлора новых фильтров с дробным сдвигом, имеющих заданное число моментов. Лифтинг-схему можно представить в виде классического двухканального БФ со свойством ТВС (см. рисунок). По внешнему виду такое представление очень близко к полифазной реализации. Полифазная матрица для БА имеет

$$\text{вид } \mathbf{H}_p = \begin{bmatrix} H_{00} & H_{01} \\ H_{10} & H_{11} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & U \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -P & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 - UP & U \\ -P & 1 \end{bmatrix}.$$

Полифазная матрица для БС равна присоединенной матрице по отношению к матрице \mathbf{H}_p (знак * означает транспонирование, комплексное сопряжение и замену $z_i \rightarrow z_i^{-1}$):

$$\mathbf{F}_p = \mathbf{H}_p^{*-1} = \begin{bmatrix} F_{00} & F_{01} \\ F_{10} & F_{11} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & P^* \\ -U^* & 1 - U^*P^* \end{bmatrix}.$$



Представление лифтинг-схемы в виде двухканального банка фильтров

Исходя из этих матриц, можно найти традиционные НЧ и ВЧ фильтры анализа и синтеза H_0, H_1, F_0 и F_1 . Операторы P и U определяются следующим образом. Пусть $\tilde{N} \leq N$. Тогда можно построить банк фильтров с \tilde{N} первичными нулевыми моментами и N вторичными (дуальными) нулевыми моментами так: в качестве оператора предсказания следует выбрать интерполяционный фильтр $P^{(N)}$ порядка N , реализующий аппроксимацию (для шахматной матрицы) в точке с координатами $\tau = (1/2, 1/2)$.

Метод достройки матрицы состоит в том, чтобы создать многомерный БФ со свойствами ТВС и ЛФ, зная только его подмножество или один из фильтров БФ [14, 26, 27]. В терминологии БФ, задается один из фильтров, удовлетворяющий свойству ЛФ (и свойству, что полифазные компоненты банка анализа не имеют общих нулей), и проблема состоит в том, чтобы достроить БФ с ЛФ до полного.

Условия для ТВС заданы как для банков анализа/синтеза (кодеры подполосы [14, 27]), так и для банков синтеза/анализа (трансмультимплексоры [27]) БФ. Для решения задачи использовались результаты, полученные в теории модулей и алгебраической K -теории. Показано, что для БФ с тремя или большим числом каналов набор всех решений может быть параметризован и что любая прямоугольная унимодулярная матрица всегда может быть преобразована в подматрицу квадратной унимодулярной матрицы (для случая БФ с неполной децимацией) [14, 27].

Теорема 2 [9, 10]. Пусть \mathbf{A} — унимодулярная матрица $p \times q, p \geq q$, с полиномиальными элементами из $k[x] := k[x_1, \dots, x_m]$. Тогда матрица \mathbf{A} может быть достроена до квадратной унимодулярной матрицы $\bar{\mathbf{A}} \in GL_p(k[x])$ путем добавления $p - q$ столбцов к матрице \mathbf{A} .

Эту же теорему можно переформулировать иначе: при тех же заданных условиях существует унимодулярная $p \times p$ матрица \mathbf{C} над $k[x]$, такая, что $\mathbf{CA} = \begin{bmatrix} \mathbf{I}_q \\ \mathbf{0}_{q \times (p-q)} \end{bmatrix}$.

Если соблюдение свойства ЛФ не является обязательным, то построение БФ с ТВС может быть получено с помощью теоремы Суслина [10]. В случае БФ с ЛФ, так как свойство ЛФ диктует некоторую симметрию, применение метода достройки матрицы сильно ограничивается, но все еще остается возможным [28].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе (ч. I и II) рассмотрены вопросы, связанные с разработкой и применением новаторских аналитических и вычислительных технологий в цифровой обработке многомерных сигналов.

Переход от обработки сигналов с помощью разделимых операторов к неразделимой обработке возможен только при использовании самых последних достижений в теории многомерного вейвлет-преобразования, теории аппроксимации, теории цифровой обработки сигналов и компьютерной алгебры. Полученные результаты в области синтеза многомерных неразделимых вейвлет-функций и соответствующих им многоскоростных систем показывают, что арсенал средств их синтеза может быть существенно расширен и тем самым получены новые возможности для представления многомерных сигналов с целью их сжатия, архивирования, удаления шумов, решения задач распознавания и др.

Опираясь на представленные результаты, в будущем необходимо развивать методы синтеза многомерных вейвлет-функций, адаптированных под заданные пространственные или частотные свойства сигнала, или позволяющих удовлетворить требования алгоритма обработки сигнала.

ЛИТЕРАТУРА

1. Чобану М. К. Системы многоскоростной обработки многомерных сигналов. Ч. I. // Проблемы управления. — 2006. — № 1. — С. 40—45.
2. Рабинер Л., Гоулд Б. Теория и применение цифровой обработки сигналов. — М.: Мир, 1978. 848 с.
3. Mitra S. Digital Signal Processing: A Computer-Based Approach. — 3rd ed. — Santa Barbara: Mc Graw Hill, 2006. — 960 p.
4. Saramäki T. Chapter 4. Finite impulse response filter design / In book: Mitra S., Kaiser J. Handbook for Digital Signal Processing. — N.-Y.: Wiley-Interscience, 1993. — P. 1312.
5. Vaidyanathan P. P. Multirate Systems and Filter Banks. — Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1993.
6. Buchberger B. Ein Algorithmus zum Auffinden der Basis Elemente des Restklassenringes nach einem nulldimensionalen Polynomideal.: Ph. D. thesis / University of Innsbruck, Austria. — 1965.
7. Tchobanou M., Woodburn C. Design of M-D filter banks by factorization of M-D polynomial matrices // Proc. 3rd International Conference on Information, Communications, and Signal Processing — ICICS'2001. — Singapore, 2001. — P. 111.
8. Tchobanou M., Woodburn C. The Quillen-Suslin theorem and the design and implementation of multi-dimensional filter banks // Proc. 3rd Intern. Conf. and Exhib. — Digit. Sign. Proc. and its Appl. — DSPA-2000. — Moscow, 2000.
9. Quillen D. Projective modules over polynomial rings // Invent. Math. — 1976. — Vol. 36. — P. 167—171.
10. Суслин А. А. Проективные модули над полиномиальным кольцом свободны // Докл. АН СССР. — 1976. — Т. 229. — С. 1063—1066.
11. Fitchas N. Algorithmic aspects of Suslin's proof of Serre's conjecture // Comput. Complexity. — 1993. — Vol. 3. — P. 31—55.
12. Logar A., Sturmfels B. Algorithms for the Quillen-Suslin theorem // J. Algebra. — 1992. — Vol. 145. — P. 231—239.
13. Park H., Woodburn C. An algorithmic proof of Suslin's stability theorem for polynomial rings // Journ. of Algebra. — 1995. — Vol. 178. — P. 277—298.
14. Park H. A computational theory of Laurent polynomial rings and multidimensional FIR systems: Ph. D. thesis / Univ. of California. — 1995.
15. Woodburn C. An algorithm for Suslin's stability theorem: Ph. D. thesis / New Mexico State University. — 1994.
16. Multidimensional two-channel linear phase FIR filter banks and wavelet bases with vanishing moments / T. Cooklev, A. Nishihara, Y. Toshiyuki, M. Sablatash // Multidimens. Syst. and Sign. Proc. — 1998. — Vol. 9. — P. 39—76.
17. He W., Lai M.-J. Construction of bivariate compactly supported biorthogonal box spline wavelets with arbitrarily high regularities // Journal of Appl. and Comput. Harmonic Analysis. — 1999. — Vol. 6, N 1. — P. 53—74.
18. Ayache A. Construction of nonseparable dyadic compactly supported orthonormal wavelet bases for $L^2(\mathbb{R}^2)$ // Revista Matem. Iberoamericana. — 1999. — Vol. 15, N 1. — P. 37—58.
19. Bruickers F., van de Enden A. New networks for perfect inversion and perfect reconstruction // IEEE Journ. on Sel. Areas in Commun. — 1992. — Vol. 10, N 1. — P. 130—137.
20. Большакова О. В., Чобану М. К. Синтез трехмерных банков фильтров с заданными свойствами на основе полиномов Бернштейна // Тр. Междунар. конф. «Информационные средства и технологии» (ITS—2002). — М.: СТАНКИН, 2002. — Т. 1. — С. 153—156.
21. Tchobanou M. Design of multidimensional multirate systems and orthogonal and biorthogonal wavelets (in English) // Тр. 2-й Междунар. конф. «Автоматизация, управление и информационные технологии» — АСИТ'2005. — Новосибирск, 2005. — P. 262—267.
22. Tchobanou M. Design of multi-dimensional filter banks // Proc. 14th International Symposium of Mathematical Theory of Networks and Systems MTNS-2000. — Perpignan, France, 2000.
23. Tchobanou M. Polynomial methods for multi-dimensional filter banks' design // Proc. 10th European Signal Processing Conference EUSIPCO-2000. — Tampere, Finland, 2000.
24. Sweldens W. The lifting scheme: A construction of second generation wavelets // SIAM Journ. on Math. Anal. — 1998. — Vol. 29, N 2. — P. 511—546.
25. Kovačević J., Sweldens W. Wavelet families of increasing order in arbitrary dimensions // IEEE Trans. Image Proc. — 2000. — Vol. 9, N 3. — P. 480—496.
26. Park H., Kalker T., Vetterli M. Gröbner bases and multidimensional multirate filter banks // Multidimens. Syst. and Sign. Proc. — 1997. — Vol. 8. — P. 11—30.
27. Coulombe S., Dubois E. Nonuniform perfect reconstruction filter banks over lattices with application to transmultiplexers // IEEE Trans. Signal Proc. — 1999. — Vol. 47, N 4. — P. 1010—1023.
28. Большакова О. В., Чобану М. К. Синтез многомерных банков фильтров с помощью метода дестройки матрицы // Тр. Междунар. конгресса Академии информатизации ITS-2004 / МЭИ (ТУ). — М.: СТАНКИН, 2004. — Т. 3. — С. 10—12.

☎ (495) 362-74-63; e-mail: cmk2@orc.ru

Статья представлена к публикации членом редколлегии Л. П. Боровских. □

ИДЕНТИФИКАЦИЯ СОСТОЯНИЯ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РЕГИОНАЛЬНОГО РЫНКА

К. Е. Афанасьева, В. И. Ширяев

Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск

Рассмотрена задача моделирования региональных рынков в целях выявления общих закономерностей поведения и построения прогноза. Предложен алгоритм идентификации параметров модели и текущего состояния регионального рынка, учитывающий информацию о траекториях аналогичных («родственных») рынков в условиях изменения тенденций развития на региональном рынке.

ВВЕДЕНИЕ

При прогнозировании регионального рынка нередко возникает ситуация, когда тенденции развития событий претерпевают серьезные изменения, то есть характер тенденций всегда меняется в рамках одного глобального тренда, поэтому построение прогноза с учетом произошедших изменений является актуальной задачей. В случае, когда имеется множество аналогичных рынков, но опережающих по развитию событий рассматриваемый рынок, предлагается использовать информацию об их развитии в качестве дополнительной. Один из способов прогнозирования с использованием информации об аналогичных региональных рынках состоит в прогнозировании на основе поиска ближайшего аналога.

1. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Рассматривается задача моделирования и прогнозирования регионального рынка, описываемого S-образной кривой [1], по поведению множества аналогичных региональных рынков. Анализируется совокупность траекторий всех рынков с целью выявления общих закономерностей, построения модели и прогноза. В качестве региональных рынков рассматриваются рынки сотовой связи, под состоянием рынка понимается процент проникновения сотовой связи в регионе (рис. 1).

В работе [2] построена математическая модель регионального рынка в виде:

$$f(t) = \sum_{j=1}^m x_j(t - t_j), \quad (1)$$

где $\tau = t - t_j$, $\tau \in [0, \infty]$, $x_j(\tau)$ — решения нелинейного дифференциального уравнения вида

$$\frac{dx_j}{d\tau} = (\alpha_j + \beta_j x_j)(P_j - x_j), \quad (2)$$

где $t_j > 0$ — моменты времени, когда добавляется новое j -е слагаемое, учитывающее прошедшие изменения на региональном рынке, m — число членов разложения,

$$f(t) \rightarrow P = \sum_{j=1}^m P_j \text{ при } t \rightarrow \infty, P \text{ — емкость рынка, } \alpha_j,$$

$\beta_j > 0$ — коэффициенты, учитывающие интенсивность рекламной компании и скорость распространения информации о товаре соответственно.

Модель (1), (2) учитывает особенности развития регионального рынка и позволяет обновлять прогнозы при существенных отклонениях реального хода событий от моделируемого. Особенность разложения (1) заключается в том, что члены разложения вводятся не с момента времени, равного нулю, т. е. начала развития процесса, а по мере необходимости, по мере накопления информации. Таким образом, по ходу развития процес-

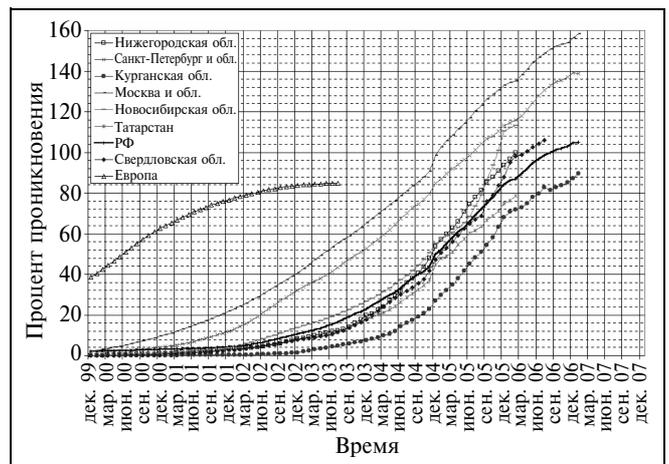


Рис. 1. Множество траекторий региональных рынков

са обеспечивается необходимая аппроксимация на всем временном интервале и поддерживается требуемая точность. В работах [3–5] предложены другие подходы к моделированию.

Требуется уточнить процент проникновения регионального рынка в текущий момент времени, используя статистические данные и информацию о траекториях региональных рынков, развивающихся подобным с рассматриваемым рынком образом. Идентификация объектов по различным критериям рассмотрена в работе [6].

2. ПОИСК «РОДСТВЕННЫХ» РЕГИОНАЛЬНЫХ РЫНКОВ

Для анализа поведения нескольких регионов используется групповая обработка посредством выявления «родственного» региона. Регион называется «родственным» рассматриваемому региону на временном интервале шириной 2ε , если выполнено условие

$$\sum_{t=-\varepsilon}^{\varepsilon} (x(t) - x^j(t - \tau^j))^2 \rightarrow \min, \quad (3)$$

где J — множество региональных рынков, τ^j — сдвиг по оси времени для наложения траектории j -го регионального рынка на траекторию рынка, для которого ищутся «родственники».

Поиск опережающих региональных рынков по отношению к рассматриваемому происходит следующим образом (далее под словом объект подразумевается региональный рынок): задается значение ε , траекториям всех объектов присваивается номер j . Для момента времени t_c определяются и запоминаются номера объектов, для которых $x^j(t_c) > x(t_c)$, новый массив индексов обозначается i . На следующем этапе для каждого объекта i определяется момент времени t^i для которого $x^i(t^i) = x(t_c) \pm \eta$, где η — ошибка, которая тоже может быть задана пользователем, тогда $\tau^i = t_c - t^i + 1$; далее вычисляется сумма квадратов отклонений при сдвиге траектории $x^i(t)$ на τ^i на интервале ε или 2ε в зависимости от того, как выбран момент времени t_c по критерию (3). Таким образом, имеем массив ошибок, состоящий из i элементов, минимальный элемент массива и соответствующий ему индекс, обозначим его i_1 , является номером первого «родственного» объекта. Для определения второго «родственного» объекта удалим из массива индексов элемент, отвечающий i_1 , и вновь определим минимальную ошибку в массиве и соответствующий ей индекс объекта i_2 и т. д.

Следовательно, используя критерий (3), получаем группу регионов, которые можно рассматривать как образцы в том смысле, что рынок рассматриваемого региона будет в ближайшей перспективе развиваться так же.

3. ОЦЕНИВАНИЕ СОСТОЯНИЯ РЕГИОНАЛЬНОГО РЫНКА

Для оценивания состояния регионального рынка применяются алгоритмы фильтрации, основанные на вероятностной природе ошибок измерений. Известна статистическая информация о состоянии регионального рынка y_k , $k = 1, \dots, n$. На первоначальной стадии про-

цесса распространения товара на рынке накапливается информация о развитии всех региональных рынков, поэтому для оценивания текущего состояния рынка и идентификации параметров модели (1), (2) используется один расширенный фильтр Калмана, для которого уравнения имеют следующий линеаризованный вид:

$$s_{k+1} = A_k s_k + c_k, \quad y_{k+1} = s_{k+1} + \eta_{k+1}, \quad k = 0, 1, \dots, \quad (4)$$

где $s_k = [x_k, \alpha_k, \beta_k, P_k]^T$ — расширенный вектор состояния и параметров, матрица $A_k = \left[\frac{\partial \varphi(s)}{\partial s} \right]_{s=s_k}$, $c_k = \varphi(s_k) - A_k s_k$, функция $\varphi(s) = (\alpha + \beta x)(N - x)$. Считаем, что для ошибок η_k математическое ожидание равно нулю и известна матрица ковариаций.

Если с момента времени t_k наблюдается расхождение поступающих реальных данных от прогнозируемых с помощью модели (1), (2), т. е. если при $t > t_k$

$$f(t) = \sum_{i=1}^s x_i(t - t_i) + \Delta x(t), \quad (5)$$

то полагаем $t_{s+1} = t_k$. Обозначим $\Delta x(t) = \tilde{x}(t)$ — новое слагаемое или новый член разложения, который необходимо ввести в правую часть уравнения (1), т. е. $\tilde{x}(t) = x_{s+1}(t - t_{s+1})$. Далее определяются «родственные» регионы, по критерию (3). Благодаря траекториям «родственных» регионов получаем различные варианты дальнейшего развития событий, каждый из которых будем использовать для уточнения текущего положения. Для этого вычисляем возможные очередные слагаемые с момента времени t_i — обнаружения изменения $\tilde{x}^j(t) = x^j(t) - f(t)$, $j = 1, 2, \dots$, здесь $x^j(t)$ — состояние j -го «родственного» региона, функция $f(t)$ описывается уравнением (5). Под индексом номер 1 будем понимать первый «родственный» регион, у которого ошибка минимальна. Для отслеживания текущего состояния рынка и обнаружения изменений в дальнейшем оценивается не вся сумма вида (5), а вновь введенное слагаемое $\tilde{x}(t)$ в соответствии с моделью

$$\frac{d\tilde{x}^j}{dt} = f(\tilde{x}^j, \alpha^j, \beta^j, P^j), \quad \tilde{y} = \tilde{x}^j + \eta, \quad (6)$$

здесь $f = (\alpha^j + \beta^j \tilde{x}^j)(P^j - \tilde{x}^j)$, а в качестве измерений выступают $\tilde{y}(t) = y(t - \sum_{i=1}^s x_i(t - t_i))$, где $y(t)$ — фактические данные о состоянии рынка. В дискретном линеаризованном виде система (6) принимает вид (4), где $s_k = \tilde{s}_k$, а $\tilde{s}_k = [\tilde{x}_k^j, \alpha_k^j, \beta_k^j, P_k^j]^T$.

Имея возможные направления развития траектории, используются несколько фильтров Калмана параллельно, следуя идеологии разделенного адаптивного оценивания [7]. Обработывается информация не об одном ближайшем «родственнике», а о нескольких «родственных» регионах. Уравнения для каждого фильтра имеют вид (6) и отличаются параметрами модели движения.



Каждое из уравнений движения линеаризуется согласно уравнению (4). Результирующая оценка состояния рынка

вычисляется как $\hat{x}_k = \sum_{i=1}^q \hat{x}_k(H_i)p(H_i|k)$, где q — число проверяемых гипотез H_i , которое равно числу рассматриваемых траекторий «родственных» рынков; $p(H_i|k)$ — апостериорные вероятности этих гипотез, рассчитываемые в соответствии с выражением

$$p(H_i|k) = L(k|H_i)p(H_i) / \sum_{j=1}^q p(H_j)L(k|H_j),$$

в котором $p(H_i)$ — априорные вероятности соответствующих гипотез; полагаем $\sum_{i=1}^q p(H_i) = 1$, и

$$L(k|H_i) = |P_z(k|k-1, H_i)|^{-1/2} \exp \left\{ -\frac{1}{2} z^T(k|k-1, H_i) \times \right. \\ \left. \times P_z^{-1}(k|k-1, H_i) z(k|k-1, H_i) \right\},$$

где $z(k)$ — невязка или обновляющий процесс.

4. ПРИМЕР ИДЕНТИФИКАЦИИ

Рассмотрим пример работы алгоритма оценивания для рынка сотовой связи Курганской области (рис. 2) за период с августа 2003 г. по октябрь 2004 г. Выбор числа «родственных» регионов определялся из условия, чтобы среднеквадратическая ошибка на интервале 2ϵ не превышала 1,15; таким образом были определены три «родственных» региона и, соответственно, три траектории для направления дальнейшего развития. «Родственными» регионами на июнь 2004 г. являются Нижегородская область — первый «родственный» регион, Санкт-Петербург и область — второй, Татарстан — третий (рис. 2). В результате работы алгоритма (см. табл.) во взвешен-

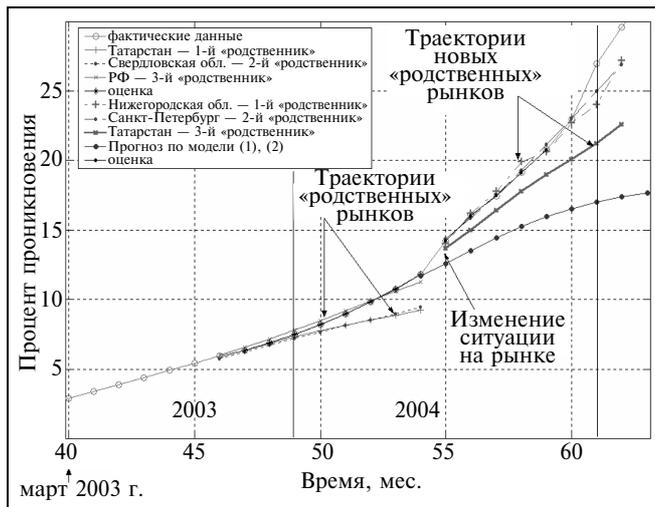


Рис. 2. Оценивание состояния рынка (на примере Курганской области)

Изменение апостериорных плотностей вероятности и оценка процента проникновения для рынка Курганской области

Время	6,04	7,04	8,04	9,04	10,04
$p(H_1 k)$	0,39	0,48	0,39	0,59	0,56
$p(H_2 k)$	0,33	0,4	0,11	0,3	0,31
$p(H_3 k)$	0,28	0,1	0,5	0,11	0,13
\hat{x}_k	14,2	16,0	17,5	19,1	20,8
Ошибка $y_k - \hat{x}_k$	-0,01	0,016	-0,023	-0,01	0,007

ную оценку процента проникновения рынка Курганской области больший вклад вносят оценки, полученные путем моделирования по траектории Санкт-Петербурга и области.

Ошибка алгоритма оценивания не превышает 2,4 %. Смена и поиск новых траекторий «родственных» рынков происходит в моменты изменения ситуаций на рынке либо когда траектории «родственных» рынков перестают быть «родственными», возникает задача обнаружения изменений, которая решается на основе алгоритмов кумулятивных сумм.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложен алгоритм оценивания при изменении ситуации на рынке путем выбора траекторий «родственных» рынков. Алгоритм обеспечивает непрерывное уточнение параметров модели (1), (2) и оценку текущего состояния рынка. Использование траекторий «родственных» рынков позволяет строить веер прогноза вместе с прогнозом по модели (1), (2).

ЛИТЕРАТУРА

1. Нижегородцев Р. М. Логистическое моделирование экономической динамики. Ч. I и II // Проблемы управления. — 2004. — № 1. — С. 46–53; № 2. — С. 52–58.
2. Ширяев В. И., Афанасьева К. Е. Моделирование региональных рынков // Тр. междунар. конф. «Идентификация систем и задачи управления» SICPRO'06 / Ин-т пробл. упр. — М., 2006. — С. 549–558.
3. Бочаров Р. В., Тихвинский В. О. Экономическое прогнозирование развития сотовой подвижной связи в регионах России // Электросвязь. — 2001. — № 9. — С. 23–26.
4. Казанцев С. Ю., Фролов И. Э. Состояние и потенциал развития инфокоммуникационного комплекса России // Проблемы прогнозирования. — 2005. — № 4. — С. 17–40.
5. Акаев А. А. Анализ экономических циклов с помощью тематической модели марковских случайных процессов // Экономика и математические методы. — 2007. — Т. 43, № 1. — С. 27–37.
6. Дургарян И. С., Пащенко Ф. Ф. Сложные статистические критерии и модели, оптимальные на классе критериев // Проблемы управления. — 2003. — № 2. — С. 27–34.
7. Лайнотис Д. Г. Разделение — единый метод построения адаптивных систем. I. Оценивание // ТИИЭР. — 1976. — Т. 64, № 8. — С. 8–27.

☎ (351) 267-91-74; e-mail: vis@prima.susu.ac.ru, afanasyeva@prima.susu.ac.ru

Статья представлена к публикации членом редколлегии Р. М. Нижегородцевым. □

ЦИФРОВАЯ ИНДИКАЦИЯ ОСОБЫХ ФИГУР НА ГРАФИКАХ ОДНОГО ВИДА ПРЕДСТАВЛЕНИЯ КОТИРОВОК АКЦИЙ ФОНДОВОГО РЫНКА

А. Г. Спиро

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

Предложен метод цифровой индикации особых фигур, возникающих при изменении траектории движения цен на фондовом рынке, представляемой графиками так называемых «японских свечей». Метод позволяет «оцифровать» эти фигуры, которые могут показывать с некоторой вероятностью изменение цены курсовой стоимости акций.

ВВЕДЕНИЕ

Фондовые рынки интегрированы в общую систему современного рыночного хозяйства, являются неотъемлемой его частью и во многом определяют инвестиционный климат экономики. Показатели стабильности цен на фондовых рынках, темпы роста объемов фондовых сделок во многих случаях служат определяющими факторами для привлечения дополнительных стратегических инвесторов и, как следствие, увеличения капиталовложений в экономику. Особенно это важно для стран, таких как Россия, которые находятся на этапе формирования фондовых рынков (emerging markets) [1]. Задача выявления предвестников изменений котировок фондового рынка на основе априорной информации о динамике курсовой стоимости акций весьма актуальна (см. например работу [2]).

В настоящей статье предлагается новый метод индикации фигур на биржевых ценовых графиках, представляемых так называемыми японскими свечами. Фигуры характеризуют, как правило, изменение или продолжение существующей тенденции цен фондового рынка. Традиционным методом анализа графиков всегда был визуальный способ, при котором визуально выделяются особые фигуры, состоящие из последовательности двух, трех и более свечей [3–5]. По этим последовательностям на основе исторического опыта торговли было замечено, что особые фигуры являются предвестниками возможного роста или падения цены. Этим и объясняется их применение для интерпретации результатов торговли акциями на фондовой бирже. С широким распространением цифровой вычислительной техники встал вопрос о представлении свечных графиков в цифровой форме. Одной из первых работ по цифровой индикации была

работа, посвященная индикаторам для однопозиционных фигур (одна свеча) [3]. Однако этот метод не позволяет строить индикаторы для последовательностей, состоящих из двух, трех и более свечей. Предлагаемый метод позволяет с достаточно высокой степенью точности выделить эти фигуры, состоящие из двух и более свечей и предвещающих изменение тренда или его продолжение.

1. ОСНОВНЫЕ СООТНОШЕНИЯ

Известно [3–5], что каждая свеча характеризуется на интервале T ценой открытия $C_0(T)$, ценой закрытия $C_3(T)$, максимальной и минимальной ценами внутри этого интервала $C_{\max}(T)$ и $C_{\min}(T)$. Рассматривая последовательность временных интервалов, будем обозначать цены открытия или закрытия j интервалов назад соответственно через $C_0(T-j)$ и $C_3(T-j)$, где $j = \overline{1, n}$. На рис. 1 показан пример графика из пяти свечей.

Для каждой свечи можно определить ее основные параметры: размер (тело) $M(T)$, направление движения цены на интервале T (для растущей цены белая свеча, для падающей цены черная). Кроме того, свеча характеризуется экстремальными ценами внутри интервала T — максимальной (верхняя тень $B(T)$) и минимальной (нижняя тень $H(T)$).

Параметры свечи и ее цвет могут быть определены из соотношения (1)

$$M(T) = \begin{cases} M(T) & \text{при } C_0(T) < C_3(T) \text{ — белая свеча;} \\ D(T) = 0 & \text{при } C_0(T) = C_3(T) \text{ — свеча дожи;} \\ -M(T) & \text{при } C_0(T) > C_3(T) \text{ — черная свеча;} \end{cases} \quad (1)$$

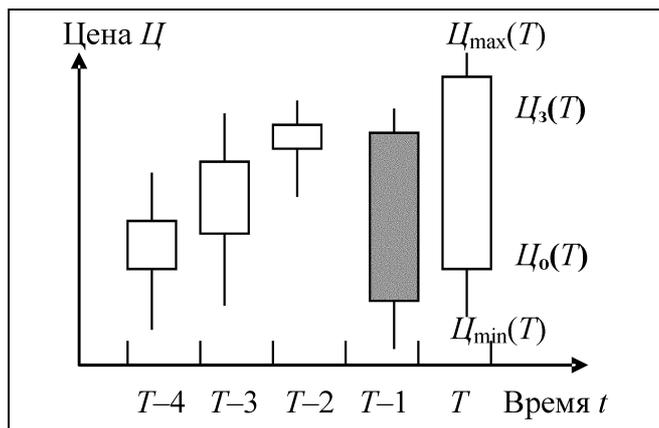


Рис. 1. Фрагмент графика из пяти свечей

где $D(T)$ соответствует свече с нулевым размером (телом).

Для белой свечи верхняя тень определяется следующим образом: $B(T) = C_{\max}(T) - C_3(T)$; нижняя тень определяется как $H(T) = C_0(T) - C_{\min}(T)$. Для черной свечи верхняя тень $B(T) = C_{\max}(T) - C_0(T)$, нижняя тень $H(T) = C_3(T) - C_{\min}(T)$.

Определим разность цен открытия D_{00} , закрытия D_{33} , открытия и закрытия D_{03} , а также закрытия и открытия D_{30} для двух свечей графика цен на интервалах T и $T - j$, где $j = \overline{1, n}$.

$$\begin{aligned} D_{33}(T, T - j) &= C_3(T) - C_3(T - j), \\ D_{00}(T, T - j) &= C_0(T) - C_0(T - j), \\ D_{03}(T, T - j) &= C_0(T) - C_3(T - j), \\ D_{30}(T, T - j) &= C_3(T) - C_0(T - j). \end{aligned} \quad (2)$$

Из соотношений (1) следует, что на интервалах T и $T - j$ могут находиться только пары из множества $E = \{M, -M, D\}$.

Определим число возможных комбинаций S пар свечей. Каждая свеча из пары на интервалах T и $T - j$

Таблица 1

Параметры взаимного расположения свечей

Позиция	$D_{33}(T, T - j)$	$D_{00}(T, T - j)$	$D_{03}(T, T - j)$	$D_{30}(T, T - j)$
1	Больше нуля	Больше нуля	Больше или равно нулю	Больше нуля
2		Меньше или равно нулю		
3		Больше нуля		
4	Меньше или равно нулю	Больше нуля	Меньше или равно нулю	Меньше или равно нулю
5		Меньше нуля		
6		Меньше нуля		

может занимать различное положение (позицию) на графиках. Всего возможно шесть позиций. В табл. 1 показано, как позиция определяется через значения $D_{33}(T, T - j)$, $D_{00}(T, T - j)$, $D_{03}(T, T - j)$, $D_{30}(T, T - j)$, определяемых по соотношениям (2).

Легко доказать, что общее число видов различных пар $S = 38$. Пары $(M, -M)$ имеют 24 комбинации (четыре по цвету и шесть по позициям (см. табл. 1); пары (M, D) и $(-M, D)$ имеют 12 комбинаций (четыре по цвету и виду и три по позиции) и пара (D, D) имеют две комбинации по позиции.

2. КОДИРОВАНИЕ И ОБРАБОТКА ГРАФИКОВ

Каждую пару свечей на графике можно представить как вектор с компонентами в виде двоичных переменных.

1. Учитывая соотношение (1), тело свечи представим двумя разрядами, отображающими цвет (X_c) и ее размер (X_M). Примем, если цвет белый, $M(T) > 0$, то $X_c = 1$; для черной свечи $X_c = 0$. Цвет свечи дожи принимаем всегда черным. Разряд, отображающий размер свечи, $X_M = 0$ только для свечей типа дожи, в остальных случаях $X_M = 1$.

2. С учетом соотношений (2) примем, что для всех $D > 0$ (см. табл. 1) — здесь индексы при D для простоты опущены — соответствующая двоичная переменная $X = 1$. Для всех $D \leq 0$ соответствующая двоичная переменная $X = 0$. Например, если $D_{33} > 0$, то $X_{33} = 1$, в случае $D_{33} \leq 0$ переменная $X_{33} = 0$.

На рис. 2 представлены компоненты вектора взаимного расположения свечей, представляющие собой восьмиразрядное двоичное число.

X_{33}	X_{00}	X_{03}	X_{30}	$X_{cM}(T-j)$	$X_M(T)$	$X_{cM}(T-j)$	$X_{cM}(T)$
----------	----------	----------	----------	---------------	----------	---------------	-------------

Рис. 2. Компоненты вектора взаимного расположения свечей

Десятичный эквивалент такого двоичного числа определим как *индикатор взаимного расположения* (ИВР) пар свечей на графиках биржевой торговли. В качестве примера определим ИВР для двух свечей на интервалах $(T - 1)$ и T (см. рис. 1). Из расположения свечей относительно друг друга видно, что $D_{33} > 0$, $D_{00} < 0$, $D_{03} > 0$ и $D_{30} > 0$. Учитывая цвет и тело свечи, получим значение ИВР, равное 181. Автором получены значения ИВР для всех 38-ми вариантов расположения свечей.

Отметим некоторые свойства ИВР представляющего собой целое положительное число R :

- наличие белой свечи в интервале T соответствует нечетному значению R ;
- четное значение R соответствует либо черной свече, либо свече дожи в интервале T ;
- поскольку ИВР, в нашем случае, это всегда сравнение двух свечей в интервалах T и $T - j$, где $j = \overline{1, n}$, то всегда можно построить последовательность ИВР необходимой длины, задавая n ; эта последовательность

представляет собой конечный ряд целых чисел R_1, R_2, \dots, R_{n-1} ;

— любой биржевой график, имеющий L свечей, может быть представлен последовательностью ИВР из $(L-1)^2/2$ векторов.

Работа в режиме on-line (во время биржевой сессии) предполагает получение последовательности ИВР в реальном времени, т. е. значение R для пары свечей в интервалах $(T, T-1)$ должно вычисляться в интервале T , когда все данные для этого интервала получены.

Для обнаружения особых трехпозиционных фигур, одновременно с вычислением $R(T, T-1)$ должно быть вычислено значение $R(T, T-2)$. В общем случае, для особых фигур, содержащих n свечей, необходимо в интервале T вычислить последовательность целых чисел $R_1, R_2, R_3, \dots, R_{(n-1)^2/2}$.

Для работы в режиме on-line требуется непрерывное сравнение вычисленных последовательностей целых чисел $R_1, R_2, R_3, \dots, R_{(n-1)^2/2}$ с последовательностью чисел $R_x, \dots, R_y, \dots, R_z, \dots$, которые характеризуют особые фигуры и предварительно занесены в память компьютера. Анализ таких числовых последовательностей показывает, что индикаторы можно разделить на четыре группы с определенными свойствами.

Индикаторы *первой* группы характеризуют рост цены закрытия и открытия одновременно. Для них конъюнкция $X_{33} \wedge X_{00} = 1$. К этим относятся ИВР, имеющие значения от $R_1 = 255$ до $R_{12} = 223$.

Ко *второй* группе относятся ИВР со значениями от $R_{13} = 189$ до $R_{20} = 141$, при которых цена закрытия растет, а цена открытия падает. Для них справедлива конъюнкция $X_{33} \wedge \overline{X_{00}} = 1$.

Индикаторы *третьей* группы характеризуют падение цены закрытия и рост цены открытия, их значения находятся в пределах от $R_{21} = 126$ до $R_{27} = 78$, и $\overline{X_{33}} \wedge X_{00} = 1$.

В *четвертую* группу входят индикаторы, при которых одновременно падают цены закрытия и открытия, их значения лежат в пределах от $R_{29} = 44$ до $R_{38} = 0$, и $\overline{X_{33}} \wedge \overline{X_{00}}$.

Индикаторы первой группы указывают на так называемый «бычий» характер рынка, а последней, четвертой группы, на так называемый «медвежий» характер. Индикаторы второй и третьей групп характеризуют «нерешительность» рынка, боковое движение цен (flat).

3. ИНДИКАТОРЫ ОСОБЫХ ФИГУР БИРЖЕВЫХ ГРАФИКОВ

Из практики применения графиков японских свечей [4–6] известно, что существуют особые сочетания свечей (фигуры), которые характеризуют с некоторой вероятностью «психологию» рынка и его дальнейшее движение. Эти фигуры представляют собой последовательность из двух, трех и более свечей. Метод ИВР при-

меним для любой последовательности свечей, встречающихся на биржевых графиках. Все фигуры можно классифицировать по двум основным признакам [4–6]:

- фигуры изменения тенденции движения цены;
- фигуры, подтверждающие продолжения тренда.

Использование ИВР позволяет классифицировать фигуры, присвоив им определенные числовые последовательности. Приведем в качестве примера несколько ИВР двухпозиционных фигур, имеющих тенденцию к изменению цены на $(T+1)$ -м интервале (здесь и далее наименования взяты из работы [6]). Для фигуры «завал» с индикатором 110 возможен переход на нисходящий тренд, а для той же фигуры «завал», но с индикатором 157, возможен переход на восходящий тренд; фигура «пронизывающая свеча» имеет индикатор 141 и показывает вероятность восходящего тренда и т. п.

Для трехпозиционных фигур необходимо определять последовательность индикаторов для интервалов $(T, T-1)$, $(T, T-2)$ и $(T-1, T-2)$. Например, фигура «утренняя звезда», характеризующая вероятность перехода на восходящий тренд имеет последовательность индикаторов 255, 141 и 13, а фигура «вечерняя звезда»,

Таблица 2

Прогноз и фактическое изменение цены акций Ростелекома за период с 8.05.2003 г. по 18.06.2003 г.

ИВР (T)	Дата фиксации ИВР	Прогноз изменения цены закрытия: рост (+); падение (-)	ИВР (T+1)	Фактическое изменение тренда на (T+1)-й день, после особой фигуры, % к цене закрытия в предыдущий день	Совпадение с фактическим результатом	
141	08.05	+	254	3,53	Есть	
	22.05		255	16,38		
	03.06		31	-0,6	Нет	
254	12.05		172	0,22	Есть	
	15.05		108	-0,04	Нет	
	26.05		13	-2,28		
157	14.05		254	0,21	Есть	
	16.06		255	3,22		
253	19.05		-	110	-1,8	Нет
110	20.05			108	-1,21	Есть
13	27.05	110		-0,58		
173	30.05			+	-1,5	Нет
15	05.06	-	159	3,24	Есть	
255 253 141	23.05	+	254	5,82		
255 253 157	17.06	+	94	-1,79	Нет	



характеризующая вероятность перехода на нисходящий тренд имеет последовательность индикаторов 6, 94 и 255.

В качестве примера в табл. 2 приведены результаты прогноза и фактического изменения курсовой стоимости акций Ростелекома, полученные с использованием ИВР, за период с 8.05.2003 г. по 18.06.2003 г. на Московской межбанковской валютной бирже. Коэффициент совпадения прогноза с фактическими результатами для данного периода составил 0,533.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотренный метод цифровой индикации позволяет выделить особые фигуры на графиках биржевой торговли фондового рынка и их кодировать. Последовательность этих кодовых комбинаций дает возможность оценить динамику цен. Предложенный метод индикации может быть применен в автоматизированных торговых системах для определения и классификации особых фигур в реальном масштабе времени в целях выявления тенденций фондового рынка на ранних стадиях, а также может служить дополнительным средством анализа биржевых ценовых графиков.

ЛИТЕРАТУРА

1. Миркин Я. М. Рынок ценных бумаг России: Воздействие фундаментальных факторов, прогноз и политика развития. — М.: Альпина Паблишер, 2002. — 622 с.
2. Клепарский В. Г., Ефремов В. А. Мультифрактальность, диссипация и устойчивость среднесрочных трендов на фондовом рынке // Проблемы управления. — 2003. — № 4. — С. 36—38.
3. Индикаторы В. Н. Лиховидова для кодирования и анализа графиков японских свечей Russian Trader <<http://condor.pazan.com/~grs/>>.
4. Нисон С. За гранью японских свечей. — М.: Диаграмма, 2001. — 304 с.
5. Нисон С. Японские свечи: графический анализ финансовых рынков. — М., 2004. — 347 с.
6. Жваколюк Ю. Внутрдневная торговля на рынке ФОРЕКС. — СПб.: Питер 2001. — 186 с.

☎ (495) 334-93-09, e-mail: spiro@ipu.ru

Статья представлена к публикации членом редколлегии А. А. Дорофеюком. □



ПОЗДРАВЛЯЕМ

членов редколлегии журнала "Проблемы управления"

члена-корреспондента РАН

Евгения Анатольевича МИКРИНА

(РКК "Энергия"),

доктора технических наук, профессора

Владимира Васильевича КУЛЮБ

(Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН),

доктора технических наук, профессора

Бориса Викторовича ПЛАВОВА

(Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН)

**с присуждением Президиумом Российской академии наук
премии им. Б.Н. Петрова за 2007 год
за цикл работ "Модели и методы проектирования
информационно-управляющих систем космических аппаратов".**

Желаем дальнейших творческих успехов!

Дирекция, коллектив
Института проблем управления,
редколлегия и редакция журнала



О КОНТРПРОДУКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НАУКОМЕТРИЧЕСКОГО ПОКАЗАТЕЛЯ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ НАУЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ДЛЯ БУДУЩЕГО РОССИИ

В. Л. Эпштейн

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

Прогнозируется необходимость новой «прагматической» парадигмы научных публикаций. Приведены аргументы в пользу тезиса о том, что использование наукометрического показателя результативности научной деятельности противоречит стратегии формирования конкурентоспособной Российской инновационной экономики. Предложено осуществлять инновационно-ориентированное управление государственным сектором отечественной науки.

*Ибо кто имеет, тому дано будет и приумножится, а кто не имеет,
у того отнимется и то, что имеет.
Мф 25:29; Мк 4:25; Лк 8:18*

Многие ученые и администраторы науки считают, что «наука не имеет границ» и что «знание является бесплатным общественным благом».

Это было верно примерно до конца прошлого века, когда в промышленно развитых странах начался переход от индустриальной к постиндустриальной модели развития.

Один из виднейших представителей постиндустриализма Д. Белл в книге «Грядущее постиндустриальное общество: попытка социального прогнозирования» называет в числе первых три характеристики, непосредственно связанные с прогрессом науки, — *центральную роль теоретической науки, создание новой интеллектуальной технологии и рост класса носителей знания*.

«Совершенно очевидно, — пишет он, — что постиндустриальное общество представляет собой общество знания в двояком смысле: во-первых, *источником инноваций* во все большей мере становятся исследования и разработки (более того, возникают новые отношения между наукой и технологией ввиду центрального места теоретического знания); во-вторых, *прогресс общества*, измеряемый возрастающей долей ВВП и возрастающей частью занятой рабочей силы, все более однозначно *определяется успехами в области знания*» [1].

Питер Ф. Друкер, которого многие считают ведущим теоретиком в области организационного управления, в книге «Посткапиталистическое общество» [2] пишет: «Изменение значения знания, начавшееся 250 лет тому назад, преобразовало общество и экономику. Знание стало сегодня основным условием производства. Традиционные «факторы производства» — земля (природные ресурсы), рабочая сила и капитал — не исчезли, но приобрели второстепенное значение. Эти ресурсы можно получить, причем без особого труда, если есть необходимые знания».

Технические аспекты этого революционного процесса находят отражение в терминах «информационное общество» [3], «электронно-цифровое общество» [4] и др.

Все они, так или иначе, базируются на признании того факта, что информация и знания становятся главной движущей силой экономического развития и, следовательно, *переходят из категории бесплатного общественного блага в категорию товара*.

Это дает нам основания предвидеть, что «благотворительная парадигма» научных публикаций будет вытеснена новой — «прагматической парадигмой». Научные публикации как контейнеры знания будут характеризоваться ценой, стоимостью, спросом, актуальностью.



Научный цикл не будет заканчиваться опубликованием полученных результатов — в него войдет «множество самых разнообразных видов деятельности, в том числе маркетинговые исследования, разработка товара, организация его распространения, установление цен, реклама и личная продажа» [5]. Наукометрические показатели результативности научной деятельности будут использоваться только историками науки. В сфере управления наукой будут использоваться другие — «прагматические» показатели. Администраторы науки осознают, что креативная мозговая деятельность ученых — столь чувствительная материя, что любые новации в системах стимулирования следует проводить, исходя из поставленной задачи крайне осторожно, не забывая о принципе «не навреди».

Примером такой неведомой новации из категории «хотели как лучше — получилось как всегда» может служить показатель результативности научной деятельности (ПРНД) в том виде, как он описан в Совместном приказе Минобрнауки РФ, Минздравсоцразвития РФ и Российской академии наук [6].

Являясь наукометрическим ретроспективным показателем, ПРНД стимулирует то, что не следует стимулировать и игнорирует то, что следует поощрять (см. далее).

Президент РФ, обращаясь к российским ученым по случаю Дня науки (8 февраля 2007 г.), пишет: «Сегодня перед нами стоят задачи по неуклонному наращиванию технологического потенциала страны, развитию приоритетных направлений фундаментальных и прикладных исследований, формированию эффективной национальной инновационной системы, от успешного решения этих проблем во многом зависит динамичный рост российской экономики и благосостояния людей, конкурентоспособность государства в целом¹» [8].

В этом контексте контрпродуктивно следующее.

1. Поощрять научных работников пропорционально числу опубликованных статей и книг, без учета их полезности для формирования российской инновационной экономики (тем более что это де-факто отвлекает их от креативной научной работы).

2. Поощрять научных работников за подробные публикации новых научных идей и результатов в рецензируемых журналах, журналах с большим индексом цитирования, в трудах международных конференций. Такие публикации, говоря словами классика, преподносят «на блюде с голубой каемкой» достижения отечественной науки нашим зарубежным конкурентам. Так, например, в США международной командой ученых создан прототип автомобиля, работающего на металлической пудре вместо бензина. Идеи проведенных исследований основаны на разработках советских химиков 1980-х гг. [9]. Успех этого проекта может обрушить сырьевую экономику России и привести к распаду РФ, подобно тому, как падение цен на нефть явилось одной из причин рас-

пада СССР². Пора понять, что «утечка идей» не менее, а может быть, и более контрпродуктивна для стратегических интересов России, чем «утечка мозгов».

3. Игнорировать вопросы актуальности публикаций для формирования российской инновационной экономики [10].

4. Игнорировать вопросы интернетизации публикаций. Вот, что писали по этому поводу почти 10 лет тому назад S. Rayburn and E. N. Bouton [11]: «Статья, недоступная в электронном формате, становится как бы статьей второго сорта не потому, что она худшего качества, а потому, что люди предпочитают доступность вещей, которые они могут получить прямо сейчас». Спрашивается, какой же в таком случае смысл оценивать деятельность научных работников и научных коллективов по индексу цитирования и числу бумажных публикаций?

5. Игнорировать интернет-маркетинг результатов научной деятельности. Нужно, чтобы новые идеи и достижения отечественной науки «овладевали умами» отечественных инноваторов или осознанно и по достойным ценам продавались на мировом рынке знаний.

Как уже было сказано ранее, ПРНД стимулирует то, что не следует стимулировать (п. 1 и 2) и игнорирует то, что не следует игнорировать (п. 3, 4 и 5).

В результате, российская наука будет работать на экономику США; научное и экономическое отставание России от развитых стран будет не сокращаться, а возрастать; потери, которые будет нести Россия от вывоза за рубеж результатов научной деятельности, могут превзойти потери от «утечки мозгов».

И последнее. При том соотношении ресурсов (интеллектуальных, финансовых, информационных), которыми сегодня располагает Россия по сравнению с США и другими постиндустриальными странами, использование ПРНД неотвратимо приведет к последствиям, о которых гласит закон Матфея, вынесенный в эпиграф к настоящей статье.

Противопоставить этому можно только одно: прагматическую парадигму научных публикаций, представление результатов научной деятельности в виде экстрактов [10] и инновационно ориентированное управление государственным сектором отечественной науки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Bell D. The Coming of Post-Industrial Society. A Venture in Social Forecasting. — N.-Y., 1973.
2. Друкер П. Посткапиталистическое общество. Новая постиндустриальная волна на Западе: Антология / Под ред. В. Л. Иноземцева. — М.: Academia, 1990.

² Эксперты ЦРУ утверждают, что к 2015 г. Россия может развалиться на 6–8 государств. Это говорится в представленном недавно докладе о прогнозах развития мира на ближайшие 10 лет. Причиной распада страны могут стать падение цен на нефть при «усугубляющемся снижении человеческого, научного и технологического потенциала» <http://www.newizw.ru/news/?id_news=6380&date=2004-04-29>.

3. Белл Д. Социальные рамки информационного общества / В кн.: Новая технократическая волна на Западе / Под ред. П. С. Гуревича. М., 1988. — С. 330.
 4. Телскот Д. Электронно-цифровое общество: Плюсы и минусы эпохи сетевого интеллекта. — Киев: INT Пресс; М.: Релф. бук., 1999.
 5. Котлер Ф. Основы маркетинга. — СПб.: АО «Коруна», АОЗТ «Литера Плюс», 1994.
 6. Совместный Приказ Минобрнауки России, Минздравсоцразвития России и Российской академии наук № 273/745/68 от 3 ноября 2006 г. «Об утверждении порядка и условий применения стимулирующих выплат, обеспечивающих повышение результативности деятельности научных работников и руководителей научных учреждений и научных работников научных центров Российской академии наук».
 7. Комков Н., Куличков Е., Шатраков В. Технологические инновации — основа будущей экономики России // Экономические стратегии. — 2003. — № 5.
 8. Путин В. В. Поздравление российских ученых с Днем науки <<http://www.rian.ru/society/20070208/60384293.html>>.
 9. Металлическая пудра заменяет бензин <<http://rus.delfi.lv/news/auto/world/article.php?id=13545677>>.
 10. Эпштейн В. Л. Как увеличить индекс цитирования научной публикации // Проблемы управления. — 2006. — № 6. — С. 83—84 (электронная версия) <<http://citation.extratext.ru/>>.
 11. Rayburn S. and Bouton E. N. «If it's not on the Web, it doesn't exist at all»: Electronic information resources — Myth and reality. — 1997 <<http://www.eso.org/genfac/libraries/lisa3/stevens-rayburns.html>>.
- ☎ (495) 334-89-80; Интернет: <http://epchtein.ru/> □



МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ МУЛЬТИКОНФЕРЕНЦИЯ «УПРАВЛЕНИЕ БОЛЬШИМИ СИСТЕМАМИ» (УБС'2007)

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН
Москва, 12—15 ноября 2007 г.

В рамках Мультиконференции состоятся

➤ **Международная научно-практическая конференция «Управление инновациями—2007»** (12 - 14 ноября)

Направления работы конференции:

- инновации и новое качество экономического роста;
- научно-техническая информация как хозяйственный ресурс и как фактор производства;
- управление технологической структурой производства на предприятии;
- макроэкономические предпосылки инновационных процессов;
- инновации и цикличность экономической динамики;
- человеческий капитал, его формирование и использование;
- институциональные аспекты стимулирования инновационных процессов;
- национальная инновационная система России;
- инновационные процессы в экономике российских регионов;
- моделирование и прогнозирование инновационных процессов;
- инновационная политика государства;
- стратегия инновационного развития России.

➤ **Третьи Друкеровские чтения «Система неформальных институтов в современной экономике России»** (13 ноября, в рамках конференции «Управление инновациями—2007»)

e-mail: InnovConf@mail.ru

➤ **VII Международная конференция «Когнитивный анализ и управление развитием ситуаций» CASC'2007** (13—14 ноября)

Направления работы конференции:

- теоретические и методологические основы когнитивного подхода в управлении слабоструктурированными системами и ситуациями;
- модели и методы решения задач управления на основе когнитивного подхода;
- практическое применение когнитивного подхода.

e-mail: tax@ipu.ru

➤ **Международная научно-практическая конференция «Теория активных систем—2007»** (14—15 ноября)

Направления работы конференции:

- базовые модели и механизмы теории активных систем;
- принятие решений и экспертные оценки;
- управление проектами;
- прикладные задачи теории активных систем.

e-mail: tas2007@ipu.ru

➤ **Круглый стол «Проблемы управления большими системами»** (14 ноября)

Более подробную информацию можно найти на сайте <http://www.ipu-conf.ru>

XIV МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТЬЮ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ»

Конференция состоялась 20 декабря 2006 г. в Институте проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН. Организаторы конференции — Институт проблем управления РАН, Российский государственный гуманитарный университет, Институт проблем передачи информации РАН, Институт прикладной математики РАН, МЧС РФ.

Пятнадцать лет назад данная ежегодная конференция задумывалась как конференция по проблемам управления в условиях чрезвычайных ситуаций, однако, в связи с существенным расширением тематики представляемых докладов, в 1998 г. Оргкомитет принял решение изменить название на нынешнее.

В конференции приняли участие 260 авторов, пришедших 184 доклада из России, США, Франции, Турции, Польши и стран СНГ. Работа конференции велась по секциям:

- 1) общетеоретических и методологических вопросов обеспечения безопасности;
- 2) проблем обеспечения экономической и социально-политической безопасности;
- 3) проблем обеспечения информационной безопасности;
- 4) экологической и техногенной безопасности;
- 5) методов моделирования и принятия решений при управлении безопасностью сложных систем;
- 6) автоматизированных систем и средств обеспечения безопасности сложных систем;
- 7) правовых вопросов обеспечения безопасности сложных систем.

При открытии конференции в торжественной обстановке одному из ее бессменных организаторов д-ру техн. наук, проф. *В.В. Кульбе* был вручен Орден Ломоносова за заслуги и большой личный вклад в развитие отечественной науки и образования.

В рамках представленных в **первой секции** работ большой интерес вызвал доклад *С. Г. Кара-Мурзы* «Глобализация и угрозы национальным научно-техническим системам», открывший работу конференции. Доклад посвящен поиску методов решения комплекса проблем выработки доктрины участия РФ в процессе глобализации, а также нахождения компромисса между различными, занимающими противоположные позиции по рассматриваемой проблеме ветвями политически активной части общества. Большое внимание автор уделит анализу угроз национальной безопасности России и, в частности, российской науке в условиях глобализации. По мнению автора, основные угрозы могут возникнуть в первую очередь от действия так называемых «системных» требований ВТО, главное воздействие которых скажется на отечественной производственной системе, а внутри нее — на системе НИОКР, поскольку большинство сложившихся в РФ форм поддержки НИОКР правилами ВТО запрещены. При этом воздействие норм ВТО на НИОКР выходит далеко за рамки коммерции с наукоемкой продукцией и ограничивает саму возможность производства в стране такой продукции. Как под-

черкнул автор, проблема заключается не только в запрете государству поддерживать ту или иную наукоемкую отрасль с помощью субсидий, но и в обязательствах привести свое патентное законодательство в соответствие с Соглашением об интеллектуальной собственности (TRIPS). Введение же в РФ норм TRIPS может еще более усилить отток результатов НИОКР за рубеж.

Рассматриваемая тема получила свое развитие в докладах *Ю. В. Шевченко* «Вопросы суверенитета Российской Федерации в глобальном информационном обществе в контексте обеспечения глобальной безопасности»; *О. В. Красиной* «Проблема обеспечения интеллектуальной безопасности в контексте развития транснационального взаимодействия»; *А. Ю. Маруева* «Мировая безопасность и международный терроризм»; *В. Б. Бриткова*, акад. РАН *В. А. Геловани* «Интеллектуализация методов управления безопасностью путем интеграции информационно-аналитических ресурсов»; канд. техн. наук *В. С. Яроша* «О безопасности фундаментальных исследований» и ряде других.

Ряд работ посвящен фундаментальным проблемам обеспечения социальной и экономической безопасности России.

В докладе *В. Н. Буркова*, *П. А. Колесникова* «Методы управления риском и стоимостью при разработке программ» рассмотрены задачи определения вариантов социально-экономических программ, обеспечивающих требуемое значение их комплексной оценки с минимальными затратами, минимальным риском, а также с допустимым риском и минимальными затратами. Предложены алгоритмы решения поставленных задач на основе метода дихотомического программирования и метода ветвей и границ.

Доклад сотрудника Института философии РАН *В. Е. Лепского* «Стратегичность социальных систем как базовый критерий обеспечения их безопасности» посвящен анализу концепции безопасности социальных систем в современных условиях. Как утверждает автор, стратегичность социальной системы, определяющая ее потенциал готовности к динамичным изменениям и гармоничному включению в социальную среду, должна рассматриваться как базовый критерий обеспечения безопасности социальных систем в XXI в. В докладе предложена структура основных факторов, определяющих стратегичность социальной системы. Пересмотр представлений о безопасности социальных систем с позиций обеспечения их стратегичности должен, на взгляд автора, внести серьезный вклад в процессы развития России и мирового сообщества в целом.

Заслушаны доклады *В. Е. Буланова* «Мягкие управленческие технологии в обеспечении национальной безопасности на региональном уровне»; *М. И. Макарова* «Концептуальный подход к решению задачи синтеза структуры Федеральной системы государственного мониторинга»; *О. А. Даишковой* «Проблемы безопасности в регулировании миграционных потоков на Дальнем Востоке».

Ряд докладов посвящен разработке и анализу опыта практического применения математических моделей при решении различных задач обеспечения безопасности.

В докладе *М.-Г. М. Зулпукарова, Г. Г. Малинецкого, А. В. Подлазова* «Исследование жесткой турбулентности методом русел и джокеров» рассмотрены проблемы управления безопасностью океанских буровых платформ, относящихся к самым дорогим и масштабным промышленным сооружениям. Цель данной работы заключается в построении максимально упрощенной, одномерной модели жесткой турбулентности на основе отображения Ершова с применением метода русел и джокеров. Главное требование, предъявляемое к упрощенной модели, — соответствие основных характеристик временных рядов, порождаемых ею и исходной моделью. В качестве таких характеристик были выбраны распределения высоты пиков и длительности межпиковых интервалов временных рядов. Численный эксперимент над исходной и упрощенной системами показал хорошее соответствие выбранных для сравнения характеристик. Таким образом, в работе показано, что моделирование методом русел и джокеров в ряде практических случаев позволяет добиться значительного уменьшения сложности модели системы при сохранении качественных особенностей ее поведения.

Различным математическим аспектам решения проблем обеспечения безопасности и управления рисками различной природы посвящены доклады *Е. А. Куклева* «Методологические аспекты разработки единого подхода к оценке рисков и уровня безопасности систем»; *В. И. Левина* «Асимптотический метод оценки безопасности систем»; *В. А. Гадасина* «Законы тройственной парадигмы — триады»; *Л. Э. Керимовой, И. Р. Велизаде* «Об одном методе построения профиля кластеров для обнаружения аномалий»; *Е. Н. Захаровой* «Симплициальный анализ компонент графов, моделирующих структуры сложных социально-экономических объектов»; *В. К. Мордашкина* «Цикличность мотивации систем безопасности» и др.

Характерной особенностью нынешней, четырнадцатой конференции, является заметный рост интереса к проблемам обеспечения экономической и социально-политической безопасности (**вторая секция**).

Цель работы *Н. И. Архитовой, Д. А. Кононова, В. В. Кульбы* «Технология сценарного анализа социально-экономических систем» заключается в разработке средств прикладного моделирования социально-экономических систем, могущих служить основным компонентом математического обеспечения эффективных современных автоматизированных систем анализа и управления социальными и экономическими процессами. Разработанная авторами формализованная методология исследования социально-экономических систем базируется на интеграции системно-логического, структурно-социального и сценарного подходов, что позволяет проводить их исследование на основе конструирования сценарной системы, отображающей как общие, так и специфические характеристики социально-экономических систем, входящих в нее элементов, выделенных отношений между ними и свойствами этих отношений.

Среди представленных докладов, в которых проблемы обеспечения экономической безопасности рассматриваются на федеральном, общегосударственном уровне, можно выделить работы *М. В. Аржакова, В. В. Цыганова* «Механизмы безопасных договорных отношений»; *О. В. Красиной* «Перспективы гуманитарной безопасности в условиях сверхсложных социальных систем»; *И. В. Горошко* «О некоторых мерах по обеспечению экономической безопасности в топливно-энергетическом комплексе», *А. М. Белоновской* «Неравномерность соци-

ально-экономического развития регионов как главная угроза экономической безопасности России».

Довольно большое число работ посвящено обеспечению безопасности на региональном уровне и уровне отдельных экономических субъектов.

В докладе *В. В. Павельева* «Разработка оценочных механизмов для системы обеспечения экономической безопасности региона» приведены результаты разработки механизмов формирования системы критериев комплексной оценки экономической безопасности региона; механизмов оценки уровня защищенности региона от возможных угроз; возможностей региона по ликвидации или нейтрализации этих угроз; а также эффективности комплексных и целевых программ обеспечения экономической безопасности и выработки рекомендаций по их совершенствованию.

Широкий спектр проблем обеспечения безопасности на региональном уровне можно проиллюстрировать, перечислив лишь некоторые из представленных на конференции докладов: *Д. С. Кочетов* «Механизм совершенствования бюджетных отношений на региональном и муниципальном уровнях как фактор устойчивого развития региона»; *И. А. Кацко* «К вопросу о региональной продовольственной безопасности»; *А. В. Тюрин* «Система критериев безопасности при создании региональной концепции перехода к устойчивому социально-экономическому развитию»; *Б. Д. Иванников, Г. А. Копылов, А. В. Панкратов* «Теоретические проблемы оценки социальной устойчивости как фактора безопасности муниципального образования (на примере г. Ставрополя)»; *Е. В. Сердюкова, В. А. Сердюков* «Программа "Доступное жилье" и ее обеспечение».

Немало работ в рамках тематики второй секции посвящены проблемам обеспечения безопасности экономических субъектов различного типа.

Традиционный интерес вызывает тематика **третьей секции** «Проблемы обеспечения информационной безопасности». Часть докладов посвящена решению общих вопросов управления информационной безопасностью автоматизированных систем различного класса. В их числе работы *Л. А. Сысоевой* «Использование различных видов политик безопасности при разработке корпоративной информационной системы»; *Л. Е. Мистрова* «Основные положения методологии синтеза информационной безопасности функциональных организационно-технических систем»; *К. Ю. Аристова, В. И. Емелина, С. А. Юшкова* «Метод самоорганизации процесса обеспечения информационной безопасности» и др.

Большое число докладов посвящены решению проблем обеспечения требуемого уровня защиты данных от несанкционированного доступа: *Е. А. Курако, В. Н. Лебедев, В. Л. Орлов* «Организация разграничения доступа в системе, построенной на основе трехзвенной архитектуры»; *В. И. Емелин, П. А. Молдовяну, С. А. Юшков* «Обеспечение конфиденциальности, целостности и аутентичности защищаемых сведений методом информационного управления»; *К. Ф. Даценко, Р. В. Корень* «Принципы оптимизации кодирования, хранения и передачи информации в системах управления безопасностью».

Ряд работ затрагивает особенно актуальную в эпоху интенсивного развития Интернета проблему безопасности сетевых технологий. Наибольший интерес среди них представляют доклады *Л. И. Лене, Н. Л. Лене* «Обеспечение безопасности информационных систем как основной фактор предотвращения техногенных катастроф»; *С. С. Чернухина* «Wi-Fi доступ в Интернет: особенности построения и безопасность»; *А. С. Сысоева*



«Методы дополнительной защиты Web-приложения, построенного средствами РНР».

Значительный интерес представляют также работы, в которых рассмотрены проблемы информационного противодействия на различных уровнях: *В. Б. Титов, А. В. Шевченко* «Модель формирования информационной безопасности системы "Государство — общество — средства массовой информации"»; *Ю. В. Шевченко* «Корпоративная разведка как составляющая конкурентной стратегии»; *А. Л. Бондал* «Об особенностях ведения информационных войн».

В рамках **четвертой секции** рассмотрен комплекс проблем обеспечения экологической и техногенной безопасности. Наибольший интерес по данной тематике представляют работы *Е. Н. Сафонова* «Интеллектуальная и экономическая безопасность сложных технических систем»; *С. В. Акатьева, А. В. Мусаева, Т. С. Сущева, А. В. Блинова* «Некоторые вопросы в области обеспечения экологической безопасности окружающей среды»; *Л. Е. Мистрова* «Методический подход декомпозиции проблемы безопасности функциональных организационно-технических систем»; *И. А. Ильченко* «Когнитивное моделирование процессов управления экологической безопасностью урбоэкосистем»; *В. К. Мусаева, А. Л. Федорова, А. А. Попова* «О разрушениях в сложных геотехнических системах, вызванных волнами напряжений».

Очень широкий круг теоретических и практических проблем рассмотрен в рамках **пятой секции** конференции «Методы моделирования и принятия решений при управлении безопасностью сложных систем». Одна из основных особенностей работ, представленных в данной секции, состоит в достаточно высоком их математическом и методологическом уровне. В этом плане можно выделить доклады *Г. В. Гореловой, Э. В. Мельника, С. А. Радченко* «Моделирование процессов взаимодействия и принятия решений по обеспечению устойчивого и безопасного развития социально-экономических систем динамичными иерархичными когнитивными моделями»; *Д. А. Кононова, С. А. Косяченко, Ю. А. Черепова* «Построение модели возникновения, развития и устранения чрезвычайной ситуации с использованием аппаратов знаковых графов и сетей Петри»; *С. В. Павельева* «Качественный анализ влияния интенсивностей запросов, возникающих в узлах сети, на эффективность децентрализованного размещения копий информационных массивов и программных модулей в глобальной сети»; *Ю. С. Слотина* «Многоцелевая оптимизация гарантированных бизнес-решений: модели и методы, целенаправленная самоорганизация»; *А. А. Мосягина* «Логико-вероятностное моделирование событий при мониторинге безопасности объектов»; *А. Э. Саак* «Моделирование взаимодействия сложных систем с множеством пользователей на основе комбинаторного эксперимента»; *И. С. Гореловой* «Моделирование игр на иерархических когнитивных картах при взаимодействии сложных систем».

Ряд работ в рамках данной секции посвящен методологии подготовки и принятия решений и управлению рисками: *А. В. Смирнов, Н. Г. Шилов, А. М. Кашевник* «Интеллектуальная поддержка принятия решений в спасательных операциях»; *Р. М. Акчури* «Устойчивость оптимальных управленческих решений по планированию деятельности организации»; *А. Е. Розенберг* «Управление рисками при разработке крупных проектов»; *Э. Б. Песиков, О. А. Заикин* «Управление рисками маркетинговых стратегий предприятия с помощью статистического моделирования» и др.

Наиболее разнообразной по прикладной тематике явилась **шестая секция** «Автоматизированные системы и средства обеспечения безопасности сложных систем». Весьма интересными представляются работы, в которых обсуждается опыт практического применения методологии обеспечения безопасности в процессе проектирования и эксплуатации автоматизированных систем различного класса и назначения. В этом плане можно выделить доклады *А. Б. Мосягина* «Условия использования экспертных систем при проектировании интегрированных систем безопасности»; *В. П. Хренова* «ПрайНам-технология и ее применение в системах обеспечения безопасности больших сложных систем»; *Б. В. Соколова, М. Ю. Охтилева, Е. М. Зайчик* «Комплексное адаптивное планирование процессов модернизации и функционирования катастрофоустойчивых информационных систем»; *А. Ф. Егорова, Т. В. Савицкой, П. Г. Михайловой, А. Н. Шайкина, М. С. Аникина* «Разработка комплекса программных средств интеллектуальной системы поддержки принятия решений для управления безопасностью химических производств»; *А. В. Еришова, В. Г. Сидоренко* «Опыт организации информационного обмена «пассажир — центр» на московском метрополитене»; *С. Ю. Бутузова, Н. А. Матвеева* «Автоматизированная система управления эвакуацией персонала промышленных предприятий при возникновении ЧС техногенного характера».

Правовые вопросы обеспечения безопасности сложных систем обсуждались в рамках **седьмой секции**. Наибольший интерес вызвали доклады *И. Н. Кранчатовой* «Организационно-правовые меры обеспечения безопасности лиц, участвующих в отправления правосудия»; *С. В. Тимофеева* «Правовые аспекты регулирования вопросов информационной безопасности в кредитной организации»; *А. А. Максурова* «Координационная юридическая практика как важная предпосылка достижения синергетического эффекта в области управления»; *И. А. Кручининой, А. А. Дегтяревой, К. В. Буйко, В. А. Ткаченко* «О системе нормативно-правовых актов для организации обязательного страхования гражданской ответственности владельцев опасных объектов»; *А. М. Будаева* «Правовое регулирование обеспечения и финансирования пожарной безопасности в муниципальных образованиях Российской Федерации»; *В. А. Мишоты* «Проблема личной и коллективной безопасности».

К сожалению, объективные ограничения не позволяют сделать полноценный обзор и тем более раскрыть содержание представленных на конференции разнообразных по тематике и, безусловно, интересных докладов. Более подробно ознакомиться с представленными работами можно в опубликованных материалах конференции¹.

В заключительном слове председатель конференции д-р техн. наук, проф. *В. В. Кульба* выступил с информационным сообщением о планах по проведению XV конференции по рассматриваемой тематике, которая, по сложившейся традиции, пройдет в декабре 2007 г. в Институте проблем управления им. В. А. Трапезникова РАН. Тел. оргкомитета (495) 334-89-59, e-mail: conf20@ipu.rssi.ru.

Ученый секретарь конференции
канд. техн. наук *А. Б. Шелков*

☎ (495) 334-89-59; e-mail: shelkov@ipu.rssi.ru □

¹ Труды XIV международной конференции «Проблемы управления безопасностью сложных систем» / ИПУ РАН. — М., 2006. — Т. 1. — 310 с., — Т. 2. — 328.



CONTENTS & ABSTRACTS

COGNITIVE APPROACH IN CONTROL 2
Avdeeva Z. K., Kovriga S. V., Makarenko D. I., Maximov V. I.

The cognitive approach in simulation and control is briefly overviewed. A class of control problems is identified where the application of cognitive simulation is justified. Basic definitions are made. A method for developing the strategies of weakly structured problem solution based on cognitive models as applied to socio-economic system is presented. Some cognitive approach development lines are shown.

A SYSTEM FOR EVALUATING CITIZENS' SATISFACTION WITH REGIONAL ADMINISTRATION 9**Aleskerov F. T., Andrushina N. A., Khutorskaya O. Ye., Yakuba V. I.**

A computerized system for estimating citizens' satisfaction with regional administration is presented. The system includes the following models: individual's behavior, threshold aggregation, indices interaction, factor analysis, and disproportional development. The system allows to reveal the citizens' satisfaction with the regional administration based on the set of life quality parameters without using any regular public opinion polls.

A MODEL OF SUSTAINABLE ECONOMIC GROWTH 14**Vorobyova T. V.**

An economic growth model modifying the Solow model is proposed. The modified model considers the natural capital and the generalized savings rate including the expenditure for natural capital reproduction. The generalized savings rate value optimal with respect to the criterion of average consumption per capita is derived as well as the savings rate for capital assets development.

EQUILIBRIUM MODELS OF MULTI-RESOURCE SELF-DEVELOPING SYSTEMS. 18**Gusev V. B.**

A method for analyzing the balanced structure of production cycle's control parameters on the basis of cost estimate schemes in a multi-resource self-developing system model is proposed. The paper notes that, in the long term, the balanced control meets the optimality criterion for the resource reproduction factor in a multi-product manufacturing system and brings the system to the equilibrium state. The method proposed can be included into an index-based planning toolkit for large-scale economical objects from a holding up to the national economy.

A PREDICTIVE MODEL FOR EVALUATING ALTERNATIVE NATIONAL INVESTMENT STRATEGIES. 25**Vlasova M. A.**

A predictive model enabling the analysis of alternative national strategies for minimizing external environmental uncertainty factor is developed.

EVENT IDENTIFICATION IN ENVIRONMENTAL MONITORING PROCESS 30**Veresnikov G. S.**

An approach to building an environmental event identification module for operative decision-making support is proposed. A methodology for building a representative sample necessary for the module development is described.

HEP PROCESS CONTROL SYSTEMS: A NEW SYSTEM TYPE FOR PROCESS SAFETY AND HUMAN ERROR PROTECTION 35**Amabrtsumyan A. A.**

Design concepts of process control systems tolerant to operating staff's errors are formulated. A control scheme is proposed based on an enhanced event model of automated manufacture including «process network» and «processes» models and active process scenarios. The latter combined with event models enable new opportunities for process control automation, such as process operation procedure management, automated personnel activities management

and supervision, in-situ coordination of services and works, control levels differentiation through personalization of interfaces.

QUALITY MANAGEMENT IN COMPLEX PROCESSES 47**Kuznetsov L. A.**

An approach to complex process quality management is described. The entropy is offered for evaluating the technology status and product quality described by the measured values of process variables and quality specifications and for the quality indices described by stochastic variables, while the amount of information can be used for identifying the relationship between the technology and the quality. Two technologies are considered: the local one is related with the product unit, while the global one restrains its definitional domain. A self-learning quality control system is developed.

INTEGRATION OF INFORMATION AND SERVICES SYSTEMS ON THE BASE OF SPEECH TECHNOLOGIES AND WEB-SERVICES 54**Zhozhikashvili V. A., Bilik R. V., Troschenko A. U., et al.**

The paper reviews speech recognition and synthesis technologies and their applications in queuing systems as well web-service technology developed for service-oriented architecture implementation. Next generation architecture for queuing systems with intelligent services is offered.

MULTIRATE SYSTEMS FOR MULTIDIMENSIONAL SIGNAL PROCESSING. PART II. 58**Tchobanou M. K.**

The methods for polynomial synthesis of multidimensional non-separable multirate systems are considered. Basic requirements to be met by synthesized digital filters are proposed. Three main approaches to the synthesis are proposed. They are based on the application of Bernstein polynomials, lifting technique, and matrix completion method.

REGIONAL MARKET STATE IDENTIFICATION AND PREDICTION. 63**Afanasyeva K. E., Shiryaev V. I.**

The problem of regional markets modeling is examined with the purpose of establishing general rules in regional market trends and building a forecast. An identification algorithm for model parameters and regional market state is proposed taking into account the information about the trajectories of similar («related») markets under changing regional market trends.

DIGITAL IDENTIFICATION OF SINGULAR FIGURES ON THE GRAPHS OF A VIDEO PICTURE OF STOCK MARKET QUOTATIONS 66**Spiro A. G.**

A digital indication technique is offered for singular figures arising at the changes of stock market prices development curve represented by the graphs of so-called «Japanese candles». The technique allows to digitize these figures that show with some probability the changes in stock prices.

ON THE COUNTER-PRODUCTIVITY OF APPLYING SCIENCE-METERING INDICATOR OF SCIENCE EFFECTIVENESS FOR THE FUTURE OF RUSSIA. . . . 70**Epstein V. L.**

The paper predicts the need in a new «pragmatic» paradigm of scientific publications and argues for the thesis that the application of science-metering indicator of science effectiveness contradicts the strategy towards competitive innovative Russian economy. Instead, the paper suggests to organize innovation-oriented management in the national segment of domestic science.

XIV INTERNATIONAL CONFERENCE «THE PROBLEMS OF COMPOUND SYSTEMS SAFETY MANAGEMENT». 73