

ИНФОРМАЦИОННЫЕ И МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ В НАУКЕ И УПРАВЛЕНИИ

Научный журнал

№ 4 (8)



ISSN 2413 – 0133

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ ЖУРНАЛА

Абламейко С.В., академик НАН Беларуси, Минск, БГУ
Андрианов А.Н., д.ф.-м.н., Москва, ИПМ РАН
Аршинский Л.В., д.т.н., Иркутск, ИрГУПС
Берестнева О.Г., д.т.н., Томск, ТПУ
Бухановский А.В., д.т.н., Санкт-Петербург, НИУ ИТМО
Бычков И.В., академик РАН, Иркутск, ИДСТУ СО РАН
Воеводин В.В., чл.-корр. РАН, Москва, НИВЦ МГУ
Вольфенгаген В.Э., д.т.н., Москва, МИФИ
Воропай Н.И., чл.-корр. РАН, Иркутск, ИСЭМ СО РАН
Горнов А.Ю., д.т.н., Иркутск, ИДСТУ СО РАН
Грибова В.В., д.т.н., Владивосток, ИАПУ ДВО РАН
Донской В.И., ак. Крымской АН, Симферополь, Тавр. академия им. В.И. Вернадского
Дунаев М.П., д.т.н., Иркутск, ИРНТУ
Елисеев С.В., д.т.н., Иркутск, ИрГУПС
Казаков А.Л., д.ф.-м.н., Иркутск, ИДСТУ СО РАН
Карпенко А.П., д.ф.-м.н., Москва, МГТУ им. Баумана
Массель Л.В., д.т.н., Иркутск, ИСЭМ СО РАН
Москвичев В.В., д.т.н., Красноярск, СКТБ «Наука» СО РАН
Мохор В.В., д.т.н., Киев, ИПМЭ им. Г.Е. Пухова НАН Украины
Силич В.А., д.т.н., Томск, ТПУ
Смирнов С.В., д.т.н., Самара, ИПУСС РАН
Федотов А.М., чл.-корр. РАН, Новосибирск, ИВТ СО РАН
Хамисов О.В., д.ф.-м.н., Иркутск, ИСЭМ СО РАН
Чубаров Л.Б., д.ф.-м.н., Новосибирск, ИВТ СО РАН
Юсупова Н.И., д.т.н., Уфа, УГАТУ

ИСПОЛНИТЕЛЬНАЯ РЕДАКЦИЯ ЖУРНАЛА

Массель Л.В., д.т.н., Иркутск, ИСЭМ СО РАН – главный редактор
Макагонова Н.Н., к.т.н., Иркутск, ИСЭМ СО РАН – выпускающий редактор
Ворожцова Т.Н., к.т.н., Иркутск, ИСЭМ СО РАН – редактор
Массель А.Г., к.т.н., Иркутск, ИСЭМ СО РАН – редактор
Иванов Р.А., к.т.н., Иркутск, ИСЭМ СО РАН – дизайнер

Рабочие контакты

Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН
664033 г. Иркутск, ул. Лермонтова, 130
Тел: (3952) 42-47-00 Факс: (3952) 42-67-96

Раб. тел.: 8 (3952) 500-646 доп. 441

Массель Л.В.,
e-mail: massel@isem.irk.ru
Макагонова Н.Н.,
e-mail: mak@isem.irk.ru

Раб. тел.: 8 (3952) 500-646 доп. 440

Сайт журнала и конференции ИМТ - <http://imt.isem.irk.ru>

Журнал включен в Российский индекс научного цитирования (РИНЦ). Номер контракта 202-04/2016

Отпечатано в полиграфическом участке ИСЭМ СО РАН © Все права принадлежат авторам публикуемых статей.

Подписано в печать 5.12.2017 г. Тираж 100 экз.

© Издательство ИСЭМ СО РАН

	Содержание
ПРЕДИСЛОВИЕ РЕДАКТОРА	5
Искусственный интеллект	
Аршинский Л.В.	
Векторные формализмы в логике и логико-математическом моделировании	9
Гальперова Е.В., Гальперов В.И.	
Моделирование поведения активного потребителя на основе агентного подхода	28
Асламова Е.А., Аршинский Л.В.	
Методика агрегированной оценки защищенности работников от профессионального поражения на основе знаниевых технологий	39
Вычислительные технологии	
Опарин Г.А., Богданова В.Г., Пашинин А.А.	
Сервис-ориентированные средства распределенного решения декомпозируемых вычислительных задач	52
Богданова В.Г., Горский С.А., Пашинин А.А.	
Web сервис синтеза линейной обратной связи для двоичных динамических систем	62
Авраменко Ю.В., Шумилов А.С.	
Спецификация распараллеливания обработки векторных данных в модели MAPREDUCE	71
Федоров Р.К., Шумилов А.С.	
Расчет временной доступности объектов с помощью системы распределенных сервис-ориентированных вычислений	80
Поддержка принятия решений	
Спирина В.С.	
Система поддержки принятия индивидуальных решений экономических субъектов при управлении коммерческой недвижимостью	91
Кузьменко Н.В., Куликов В.В.	
Модель системы поддержки принятия решений на основании оценки показателей качества сложной технической системы (нефтехимическая промышленность)	101
Хан П.В., Таиров Э.А.	
Технология многофакторного регрессионного анализа данных физического и математического моделирования на основе программы GNUPLOT	109
Трофимов И.Л., Трофимов Л.Н.	
Современные проблемы поиска и верификации данных об электростанциях Китая и других стран	120
Инновации и информационные технологии	
Бобров Л.К., Медянкина И.П.	
О терминологии и некоторых системных проблемах информационного обеспечения инноваций	129
Соловьев В.И.	
Сетевая политика как форма коммуникативной интеграции объектов инновационной инфраструктуры	139
Пашков П.М.	
Определение информационных потребностей субъектов инновационной экосистемы ВУЗа на основе сценарного подхода	147
Галицкая Л.В., Пашков П.М., Соловьев В.И.	
Применение проектного подхода к исследованиям в области информационных систем	157
Михеев А.В.	
Возможности анализа текстовой информации научно-технической направленности для обоснования инновационного развития энергетики	166
Правила приема статей в журнал	177
	Content

EDITOR'S FOREWORD	5
Artificial Intelligence	
Arshinskiy L.V. Vector formalisms in logic and logical-mathematical modelling	9
Gal'perova E.V., Gal'perov V. I. Modelling the active consumer behavior based on the agent approach	28
Aslamova E.A., Arshinskiy L.V. Program implementation of calculation of individual professional risks	39
Computing technologies	
Oparin G.A., Bogdanova V.G., Pashinin A.A. Service-oriented tools for distributed solution of decomposable computational tasks	52
Bogdanova V.G., Gorsky S.A., Pashinin A.A. Web-service of linear feedback synthesis for binary dynamic systems	62
Avramenko Y.V., Shumilov A.S. Specifications for vector data processing parallelization within the MAPREDUCE programming model	71
Fedorov R.K., Shumilov A.S. Calculation of time accessibility for geographic objects using the system of service-oriented distributed computations	80
Decision making support	
Spirina V.S. About the necessary by system of individual solutions adoption support of economic subjects for the task of property management	91
Kuzmenko N.V., Kulikov V.V. Model of decision support system on the basis of assessment of indexes of quality of the complex technical systems (petrochemical industry)	101
Khan P.V., Tairov E.A. Technology of multiple regression analysis of physical and mathematical modeling data based on gnuplot program	109
Trofimov I. L., Trofimov L.N. Modern issues of search and verification of data on power plants in China and other countries	120
Innovations and Information Technologies	
Bobrov L.K., Medyankina I.P. The terminology and some systemic problems of information support of innovations	129
Solovjev V.I. The network policy as a form of communication integration of innovative infrastructure	139
Pashkov P.M. Definition of information needs the innovation ecosystem based on the scenario approach	147
Galickaya L.V., Pashkov P.M., Solovjev V.I. Application of the design approach to research in the field of information systems	157
Mikheev A.V. Feasibility of Tech Mining for forecasting innovation pathways in energy sector	166
Call for papers	177

ПРЕДИСЛОВИЕ РЕДАКТОРА

Уважаемые читатели и участники традиционной Байкальской Всероссийской с международным участием конференции «Информационные и математические технологии в науке и управлении»!

Начиная с 2016 г., Труды конференции, которые последние десять лет издавались в 2-х – 3-х томах к началу конференции, издаются четыре раза в год как периодическое издание, которому присвоен международный индекс ISSN. В 2016 г. вышли четыре выпуска журнала (четвертый – в двух частях), в 2017 - три. Все статьи представлены в E-library и проиндексированы в РИНЦ. Вашему вниманию предлагается четвертый выпуск 2017 г. журнала «Информационные и математические технологии в науке и образовании», в котором публикуются избранные статьи одноименной конференции.

Информация для тех, кто присоединяется к нам в этом году. Наша конференция проводится с 1993 г., начиная с 1998 г. – ежегодно, с 2001 г. – при поддержке РФФИ. Характер конференции – междисциплинарный. В конференции традиционно принимают участие до 200 человек из разных городов нашей страны, от Владивостока до Санкт-Петербурга, и из других стран. Члены программного комитета конференции, как правило, являются членами редколлегии нашего издания, его тематика совпадает с тематикой конференции.

Четвертый выпуск журнала включает четыре раздела и открывается рубрикой «Искусственный интеллект» и статьей Аршинского Л.В. (Иркутск, ИГУПС) «Векторные формализмы в логике и логико-математическом моделировании». Автором выполнен аналитический обзор работ в области векторных формализмов, используемых в логике, рассмотрены три направления исследований. Первое связано с усложнением формального аппарата классической математической логики и векторизации категорий Истины и Лжи (векторная логика Е.Мизрахи и матричная логика А.Штерна); второе основано на векторизации логической семантики, когда истинность рассматривается как многокомпонентный вектор (логика К.И. Бахтиярова, нейтрософская логика Ф. Смарандаке, логики с векторной семантикой, в том числе вклад автора): третье направление посвящено векторизации силлогистики Аристотеля. Все три направления находят применение для решения задач в области вычислительной техники, искусственного интеллекта, в других областях знаний. В следующей статье, Гальперовой Е.В. и Гальперова В.И. (ИСЭМ СО РАН, Иркутск) «Моделирование поведения активного потребителя на основе агентного подхода», актуальность темы определяется важной ролью активных потребителей в концепции интеллектуальных электроэнергетических систем. Моделирование поведения такого рода потребителей необходимо для оценки их влияния на структуру и режимы работы электроэнергетической системы, а также при исследовании конъюнктуры (спроса и цен) на региональных энергетических рынках. Для имитации поведения потребителя предлагается использовать агентный подход, который позволяет моделировать сложные нелинейные прямые и обратные связи потребителя и энергосистемы, возможные сценарии взаимодействия потребителя и централизованной энергосистемы описываются в виде событийных моделей с использованием аппарата Joiner-сетей. Раздел завершается статьей Асламовой Е.А. и Аршинского Л.В. (Иркутск, ИГУПС) «Методика агрегированной оценки защищенности работников от профессионального поражения на основе знаниевых технологий», в которой представлена классификация методов моделирования рисков чрезвычайных происшествий и обсуждаются особенности разработки базы знаний экспертной системы агрегированной оценки состояния системы безопасности производства, основанной на использовании логико-аксиологического подхода. В основу положено представление, что снижение качества функционирования такой системы, обусловленное наличием «НЕ-факторов»: недоработками, неполной/некачественной реализацией

соответствующих мероприятий, отсутствием подходящих условий труда и т.п., приводит к профессиональному поражению (профессиональные заболевания, производственный травматизм) работников. Согласно используемому методу, их влияние формализуется продукциями вида $-A \rightarrow -B$.

Следующий раздел, «Вычислительные технологии», включает статьи авторов из ИДСТУ СО РАН (г. Иркутск) В первой статье Опарина Г.А., Богдановой В.Г., Пашина А.А. «Сервис-ориентированные средства распределенного решения декомпозируемых вычислительных задач», отмечается, что актуальность применения параллельных технологий в высокопроизводительных вычислениях обуславливает необходимость разработки инструментальных средств автоматизации создания и поддержки функционирования научных сервис-ориентированных приложений, предназначенных для параллельного решения ресурсоемких вычислительных задач, декомпозируемых на слабосвязанные подзадачи, в распределенной вычислительной среде. Рассматривается пример применения разработанных авторами средств (мультиагентной системы) для решения задачи параметрического синтеза стабилизирующей обратной связи для линейного объекта. Следующая статья, Богдановой В.Г., Горского С.А. и Пашина А.А. «Web сервис синтеза линейной обратной связи для двоичных динамических систем», посвящена описанию разработанного на основе платформы HPCSOMAS Framework композитного сервиса для решения задачи синтеза линейного статического регулятора по состоянию, обеспечивающего устойчивость нулевого решения замкнутой линейной двоичной динамической системы. Сервис реализует новый логический метод, на основе которого задача синтеза сводится к проверке истинности квантифицированной булевой формулы (задача TQBF). Приводится архитектура композитного сервиса и аспекты его создания, связанные с технологией интеграции распределенных ресурсов, рассматривается разработанный авторами параллельный решатель задачи TQBF, приводятся результаты вычислительных экспериментов. В статье Авраменко Ю.В., Шумилова А.С. «Спецификация распараллеливания обработки векторных данных в модели MAPREDUCE» рассматривается применение одной из моделей обработки данных больших объемов - программной модели MapReduce. Описывается реализованное в рамках Геопортала ИДСТУ СО РАН программное средство, позволяющее осуществлять распределенную обработку векторных геоинформационных данных с использованием модели MapReduce. Разработанное программное средство выполняет обработку больших объемов растровых и векторных геоинформационных данных в распределенной среде на основе спецификаций, уменьшает время выполнения распределенных сервисов вследствие их автоматического распараллеливания и позволяет избавить пользователя от программирования map и reduce обработчиков. Раздел завершается статьей Федорова Р.К. и Шумилова А.С. «Расчет временной доступности для географических объектов с помощью системы распределенных сервис-ориентированных вычислений», в которой рассмотрены разработанные авторами специальные вычислительные сервисы, выполняющие непосредственный расчет временной доступности для объектов образования, здравоохранения, и т. д., и обрабатывающие необходимые для расчета входные данные. Пользовательский интерфейс и совместная работа сервисов организуются с помощью системы распределенных сервис-ориентированных вычислений в гетерогенной среде Геопортала ИДСТУ СО РАН. Разработанные сервисы, а также их композиция в виде сценария на языке JavaScript, могут использоваться для расчета временной доступности для произвольной области независимо от специфики самих объектов городской инфраструктуры.

Следующий раздел, «Поддержка принятия решений», открывается статьей Спириной В.С. (Пермский национальный исследовательский политехнический университет) «Система поддержки принятия индивидуальных решений экономических субъектов при управлении коммерческой недвижимостью». В статье обосновывается необходимость учета

дополнительных факторов, влияющих на потребительскую привлекательность объектов коммерческой недвижимости. На примере торгово-развлекательных комплексов (ТРК) приводятся результаты вычислительного эксперимента, показывающие зависимость оптимальной стратегии экономических субъектов по развитию и продвижению ТРК от изменения уровня потребления. Демонстрируется экранная форма системы поддержки принятия индивидуальных решений управляющего ТРК. В статье Кузьменко Н.В., Куликова В.В. (Ангарский государственный технический университет) «Модель системы поддержки принятия решений на основании оценки показателей качества сложной технической системы (нефтехимическая промышленность)» рассматривается система поддержки принятия решений на основании показателей качества сложной технической системы. Предложены возможные варианты показателей качества сложной технической системы, обоснована необходимость разработки системы поддержки принятия решений на основе показателей качества, разработана формализованная модель химико-технологической установки, разработан вариант блок-схемы системы поддержки принятия решений. В следующей статье, Хан П.В. и Таирова Э.А. (ИСЭМ СО РАН) «Технология многофакторного регрессионного анализа данных физического и математического моделирования на основе программы GNUPLOT», представлено описание процесса обработки данных эксперимента по критическому истечению пароводяной смеси через неподвижную засыпку твёрдых частиц. Выполнен обзор программных средств регрессионного анализа. На основе существующих математических моделей и экспериментальных данных составлено описание зависимостей коэффициента скольжения фаз и показателя политропы от давления и массового паросодержания на входе в засыпку, и предложены функции, обладающие необходимыми свойствами. Параметры этих функций определены при помощи итерационного алгоритма, в основу которого положен многофакторный регрессионный анализ, доступный в программе gnuplot. Рассмотрены особенности интеграции скрипта gnuplot в скрипт командного интерпретатора bash, составлена предсказательная модель на основе полученных замыкающих соотношений. Разработанная технология может быть применена для реализации гибкой и эффективной системы обработки любых экспериментальных данных, включающей предварительную подготовку, регрессионный анализ и построение графиков. Раздел завершается статьей Трофимова И.Л. и Трофимова Л.Н. (ИСЭМ СО РАН) «Современные проблемы поиска и верификации данных об электростанциях Китая и других стран», посвященной проблемам поиска и обработки технико-экономической информации по электростанциям различных стран на примере Китая, являющегося мировым экономическим лидером по производству и потреблению электроэнергии. Описывается разработанная авторами технология сбора информации, представленной в виде онтологий на ресурсе DBpedia. Выполнен анализ полученной информации. рассмотрены проблемы, возникающие при верификации данных, и предложены способы их решения. Полученные результаты позволят повысить качество расчетов, выполняемых на модели оптимального развития и режимов электроэнергетических систем ОРИЭС.

Следующий раздел, «Инновации и информационные технологии», открывается статьей Боброва Л.К., Медянкиной И.П. (Новосибирский университет экономики и управления (НИНХ)) «О терминологии и некоторых системных проблемах информационного обеспечения инноваций», в которой рассматривается трактовка понятий «инновационная экономика», «инновационная деятельность» и «инновации». Выдвигается гипотеза, что совокупная инновационная продуктивность региона находится в непосредственной зависимости от качества информационной поддержки инноваций на каждом из этапов их жизненного цикла. Рассматриваются обстоятельства, затрудняющие решение методологических вопросов создания региональных систем информационной поддержки инноваций. В следующей статье, Соловьева В.И. из той же организации (НИНХ), «Сетевая политика как форма коммуникативной интеграции объектов инновационной

инфраструктуры», представлена авторская позиция места и роли сетевой политики, как формы интеграции объектов инновационной инфраструктуры для продвижения на рынок высокотехнологичных продуктов (технологий, инженерно-технических объектов, услуг и др.) посредством обеспечения коммуникативного взаимодействия. Обосновывается необходимость высокоразвитой инновационной инфраструктуры, где в качестве ключевых системообразующих компонентов выступают информационно-коммуникационные технологии (ИКТ), одним из современных представителей которых выступают сети трансфера технологий. Функции ядра данного ИКТ инструментария выполняют шаблоны, именуемые технологическими профилями, которые, в свою очередь, в зависимости от предпочтений субъекта-владельца новшества, называются «технологическое предложение» или «технологический запрос». Наряду с сетями трансфера технологий значимым инфраструктурным элементом системы продвижения инноваций на региональном уровне являются центры трансфера технологий (ЦТТ), выполняющие своего рода функции аккумуляторов и интерфейсов инноваций. В статье Пашкова П.М. (НИНХ) «Определение информационных потребностей субъектов инновационной экосистемы ВУЗа на основе сценарного подхода» рассматриваются пути развития инновационной экосистемы вуза на основе построения поддерживающего ее информационного пространства. Ключевым фактором в процессе проектирования информационного пространства является выявление информационных потребностей участников экосистемы. Для формулирования бизнес-требований предлагается использовать метод описания бизнес-сценариев. В следующей статье этого коллектива, Галицкой Л.В., Пашкова П.М. и Соловьева В.И. (НИНХ) «Применение проектного подхода к исследованиям в области информационных систем», описаны концептуальные основы методологии Design science research. Рассмотрены базовая модель и её актуализированный вариант для моделирования процесса генерации новых знаний в проектных научных исследованиях, показана возможность использования Design science research и её основных положений в решении задач исследований информационных систем, а также перспектива распространения проектного метода исследований в части реализации образовательного процесса по программам магистратуры и аспирантуры. Завершается раздел и выпуск в целом статьей Михеева А.В. (ИСЭМ СО РАН) «Возможности анализа текстовой информации научно-технической направленности для обоснования инновационного развития энергетики», в которой приведен краткий обзор современного состояния методов анализа текстовой информации в доступных электронных ресурсах в сфере науки и технологий. Рассмотрены основные преимущества при комбинации методов анализа текстовых источников с методами системного анализа, применяемыми при разработке отраслевого прогноза научно-технологического развития в энергетике. Предложена концепция интеграции информационных данных, получаемых при такой комбинации, для формирования инновационных индикаторов развития энергетических технологий.

В заключение приводятся правила приема статей в журнал.

Этот выпуск журнала выходит в преддверии Нового, 2018 г. Даже если уходящий год был для Вас не слишком удачным, мы желаем Вам новых успехов и удач в наступающем году. Пусть Вас согревает солнце надежды, а ветер перемен не будет штормовым!

До новой встречи на следующем, XXIII заседании нашей конференции, посвященном 25-летию нашей работы!

Л.В. Массель

ВЕКТОРНЫЕ ФОРМАЛИЗМЫ В ЛОГИКЕ И ЛОГИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОМ МОДЕЛИРОВАНИИ

Аршинский Леонид Вадимович

Д.т.н., доцент, зав. кафедрой «Информационные системы и защита информации»,
Иркутский государственный университет путей сообщения,
664074 г. Иркутск, ул. Чернышевского 15, e-mail: larsh@mail.ru

Аннотация. Работа посвящена описанию векторных формализмов, используемых в логике. Рассматриваются три направления исследований в этой области. Первое связано с усложнением формального аппарата классической математической логики и векторизации категорий Истины и Лжи. Здесь представлены векторная логика Е. Мизрахи и матричная логика А. Штерна. Второе основано на векторизации логической семантики, когда истинность рассматривается как многокомпонентный вектор. Это логика К.И. Бахтиярова, нейтрософская логика Ф. Смарандаке, логики с векторной семантикой. Третье направление посвящено векторизации силлогистики Аристотеля. Все три направления находят применение для решения задач в области вычислительной техники, искусственного интеллекта, в других областях знаний.

Ключевые слова: неклассическая логика, векторная логика, нейтрософская логика, логики с векторной семантикой, силлогизм.

Введение. Одним из сравнительно новых направлений в логических исследованиях и прикладной логике стало использование векторов для представления истинности. В работе [8] автором сделан обзор этих направлений. Они включают векторную логику Е. Мизрахи, матричную логику А. Штерна, логику К.И. Бахтиярова, нейтрософскую логику Ф. Смарандаке, логики с векторной семантикой и векторизацию силлогистики Аристотеля. Первые две логики связаны с усложнением формального аппарата при сохранении двух (классических) категорий истинности: Истины и Лжи (в традиционной логике и ряде неклассических логик под Истиной и Ложью понимают значения истинности, однако более общий взгляд на логическую семантику приводит к пониманию того, что это не значения, а именно категории: предельно общие фундаментальные понятия, отражающие наиболее существенные, закономерные связи и отношения реальной действительности и познания [16]; надо только добавить, что это логические категории).

В [8] отмечается, что толчком к формированию векторного представления истинности во многом стало введение в логику пары чисел $\{0,1\}$, которые трактовались как значения истинности: «ложь» и «истина» [20, 25, 26] (значения истинности пишем в кавычках). Появление многозначных логик мало что поменяло в этом представлении, разве что ко «лжи» и «истине» добавились «неопределенность», «противоречие» и другие значения [17]. Это представление просуществовало практически до конца XX века, пока в работах Е. Мизрахи и А. Штерна число не было заменено на вектор. Это превратило «истину» в Истину, а «ложь» стала Ложью; числа 0 и 1 были заменены на более общие конструкции – вектора.

Следующим, и независимом от первого, этапом стала векторизация уже самой истинности, а не ее значений. Если логики Мизрахи и Штерна по-прежнему имеют дело со своего рода «двузначной» логикой (только ее значениями выступают уже не числа или их лингвистические представления, а вектора), то векторизация *истинности* сделала Истину и Ложь именами компонентов вектора истинности, где каждый из компонентов может принимать определенное значение или набор значений из соответствующего множества (например, при интервальном представлении). Это логики Бахтиярова, Смарандаке, логики с векторной семантикой.

Наконец третьим из представленных здесь направлений векторизации стало «иллюстрирование» силлогизмов Аристотеля геометрическими векторами. Слово «иллюстрирование» взято в кавычки потому, что речь идет, конечно, не об иллюстрировании, а о довольно развитом силлогистическом формализме, опирающемся на наглядные геометрические представления. Это направление представлено работой В.И. Межуева.

Рассмотрим все эти направления подробнее.

1. Векторная логика Мизрахи и матричная логика Штерна. Обзор логических формализмов, использующих понятие вектора, начнем с векторной логики Мизрахи (*Mizraji E.*). В ней с помощью векторов формализуются значения «истина» и «ложь». Появление этой логики связано с исследованиями в области моделирования контекстно-зависимой памяти в нейронных сетях [30, 31]. В основе формализма лежит представление «истины» и «лжи» двумя q -мерными вектор-столбцами ($q \geq 2$) единичной длины: $\mathbf{s}$ и $\mathbf{n}$. Первый ассоциируется с понятием Истина, второй с Ложью. Истинность в целом представлена парой $\{\mathbf{s}, \mathbf{n}\}$, где вектор-столбцы $\mathbf{s}$ и $\mathbf{n}$ ортонормальны:

$$\mathbf{s}^T \mathbf{n} = \mathbf{n}^T \mathbf{s} = 0; \quad \mathbf{s}^T \mathbf{s} = \mathbf{n}^T \mathbf{n} = 1.$$

Для определения логических связей применяются «монадные операторы»:

$$\mathbf{I} = \mathbf{s}\mathbf{s}^T + \mathbf{n}\mathbf{n}^T;$$

$$\mathbf{N} = \mathbf{n}\mathbf{s}^T + \mathbf{s}\mathbf{n}^T;$$

$$\mathbf{K} = \mathbf{s}\mathbf{s}^T - \mathbf{s}\mathbf{n}^T;$$

$$\mathbf{M} = \mathbf{n}\mathbf{s}^T - \mathbf{n}\mathbf{n}^T.$$

Матрица $\mathbf{I}$ – оператор тождества; для него выполняется свойство: $\mathbf{I}\mathbf{p} = \mathbf{p}$, где $\mathbf{p}$ – произвольный вектор. Матрица $\mathbf{N}$ соответствует отрицанию: $\mathbf{N}\mathbf{s} = \mathbf{n}$ и $\mathbf{N}\mathbf{n} = \mathbf{s}$.

Конъюнкция и дизъюнкция представляются операторами $\mathbf{C}$ и $\mathbf{D}$ соответственно:

$$\mathbf{C} = \mathbf{I} \otimes \mathbf{s}^T + \mathbf{M} \otimes \mathbf{n}^T;$$

$$\mathbf{D} = \mathbf{K} \otimes \mathbf{s}^T + \mathbf{I} \otimes \mathbf{n}^T.$$

или, что то же самое:

$$\mathbf{C} = \mathbf{s}(\mathbf{s} \otimes \mathbf{s})^T + \mathbf{n}(\mathbf{s} \otimes \mathbf{n})^T + \mathbf{n}(\mathbf{n} \otimes \mathbf{s})^T + \mathbf{n}(\mathbf{n} \otimes \mathbf{n})^T;$$

$$\mathbf{D} = \mathbf{s}(\mathbf{s} \otimes \mathbf{s})^T + \mathbf{s}(\mathbf{s} \otimes \mathbf{n})^T + \mathbf{s}(\mathbf{n} \otimes \mathbf{s})^T + \mathbf{n}(\mathbf{n} \otimes \mathbf{n})^T.$$

Здесь $\otimes$ – произведение Кронекера: если $\mathbf{A} = [a_{ij}]$ и $\mathbf{B} = [b_{ij}]$ – пара матриц размерностью $m \times n$ и $p \times q$, то $\mathbf{A} \otimes \mathbf{B} = [a_{ij} \mathbf{B}]$.

Понятие нечеткости автор вводит конструкцией: $\mathbf{p} = \gamma \mathbf{s} + (1 - \gamma) \mathbf{n}$, где $\gamma \in [0, 1]$ [32]. В частном случае векторов $\mathbf{s} = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix}$ и $\mathbf{n} = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix}$ это представление фактически совпадает с традиционным.

Несмотря на определенное обобщение классической и нечеткой логик, в логике Мизрахи используются только известные логические связки: конъюнкции, дизъюнкции, отрицания и т.д. Принципиально новым тут является переход от логических констант {«истина», «ложь»} к векторам Истины и Лжи. Далее автор развивает это направление, формализуя в нем модальности необходимого и возможного, а также проводя аналогии с вероятностной логикой [32, 33]. Среди российских работ в этой области можно указать [15]. В ней с позиций векторно-матричного представления развита логика нечетких предикатов и дан пример решения экономической задачи. Данная работа опирается на идеи Мизрахи, хотя в ней авторы рассматривают логику Мизрахи с более общих позиций, называя ее тензорной.

Близкой по духу к логике Мизрахи является появившаяся примерно в то же время матричная логика Штерна (Stern A.) [37]. Ее любопытной особенностью является настойчиво проводимая параллель с квантовой механикой, вплоть до использования специфической терминологии. Например, истинность в ней описывается «бра»- и «кет»-векторами – это термины, пришедшие в квантовую механику из работ П. Дирака. Одно из прикладных направлений этой логики – моделирование квантовых процессов.

В логике Штерна в терминах бра- и кет-векторов, а также матричных операторов, подобных операторам квантовой механики, описываются все известные в классической математической логике логические связки: конъюнкции, дизъюнкции, исключаящего или, отрицания, эквивалентности, импликации, стрелки Пирса и пр., исследуются и обобщаются базовые логические законы вроде законов противоречия, исключенного третьего, Де Моргана. С позиций матричной логики обсуждаются логики Лукасевича, Поста, Рейхенбаха, рассматривается формализация истинности комплексными числами. В частности, известная в нечеткой логике взаимосвязь:

$$a^+ + a^- = 1,$$

где $a^+ = \|a\| \in [0, 1]$ – истинность утверждения a , а $a^- = \|\neg a\| \in [0, 1]$ – истинность его отрицания, формирующая, если можно так выразиться, линейную функцию перехода от вектора Истина $\begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix}$ к вектору Ложь $\begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix}$, заменяется функцией перехода «по дуге» единичного радиуса – см. рис. 1. В связи с этим в [37] говорится о фазовом пространстве значений истинности. Подобную же трактовку истинности допускает и логика Мизрахи. В целом обе эти логики рассматриваются как алгебраические модели элементарной логики, основанные на матричной алгебре. Пионерной работой по приложению линейной алгебры к формальной логике в [31] называется [27].

В заключение следует отметить, что в [37] в качестве базисных векторов берутся только $\begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix}$ и $\begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix}$. Е. Мизрахи в этом смысле идет дальше, допуская произвольное количество и произвольные значения компонентов для $\mathbf{s}$ и $\mathbf{n}$ при соблюдении требования их ортономальности. И в том и в другом случае привязка к категориям Истины и Лжи и ортонормальность базисных векторов выглядит как скрытая реализация принципов

противоречия и исключенного третьего, что позволяет рассматривать эти логики как развитие классических представлений.

Обращает на себя внимание и достаточно тяжелый в содержательном плане математический аппарат обеих логик.

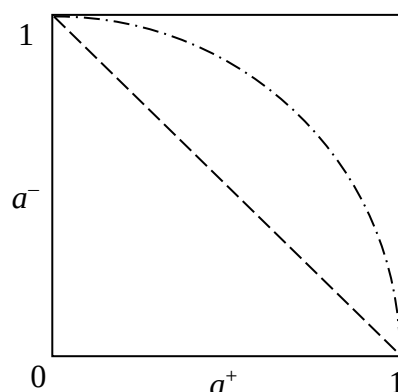


Рис. 1. Переход от вектора Истина к вектору Ложь при нечетком и матричном представлении истинности.

2. Логика Бахтиярова. Примером, где понятие вектора истинности связано с развитием неклассических взглядов, являются исследования К.И. Бахтиярова [10-13]. В их основу положена идея о том, что суждение может оцениваться с разных сторон (позиций, аспектов). Причем истинность каждого аспекта принимает одно из трех значений: +1 (Истина), -1 (Ложь), 0 (Неопределенность). Истинность суждения в целом представляет собой вектор, компоненты которого суть аспекты оценивания, значения которых принадлежат множеству $\{-1, 0, +1\}$. Истинность сложных суждений рассчитывается на основе покомпонентной обработки векторов. При этом для дизъюнкции результирующее значение аспектов вычисляется по формуле:

$$\|a_1 \vee a_2\|_i = \text{sign}(\|a_1\|_i + \|a_2\|_i + 1);$$

для конъюнкции – по формуле

$$\|a_1 \& a_2\|_i = \text{sign}(\|a_1\|_i + \|a_2\|_i - 1).$$

Для импликации используется

$$\|a_1 \rightarrow a_2\|_i = \text{sign}(\|a_2\|_i - \|a_1\|_i + 1);$$

для отрицания – формула

$$\| \neg a \|_i = -\|a\|_i.$$

Здесь $\|a\|_i$ – i -й аспект истинности суждения a ; $\text{sign}(x) = \begin{cases} 1, & \text{если } x > 0; \\ 0, & \text{если } x \leq 0. \end{cases}$

Таким образом, семантика Бахтиярова основана на многоаспектности и векторном описании истинности. Сами аспекты принимают три возможных значения: -1, 0, и 1.

3. Нейтрософская логика Смарандаке. Интересным логическим формализмом, использующим векторное представление истинности, является нейтрософская логика Смарандаке (*Smarandache F.*). Она опирается на идею, что истинность любого суждения есть вектор из трех компонентов $\langle T; I; F \rangle$, где T есть степень Истины, I – Нейтральность, F – Ложь. Ложь в данной логике связана с понятием контрарных, а Нейтральность – контрдикторных предложений за вычетом контрарных, если следовать классической

терминологии. Однако при этом не исключается совместная реализация трех аспектов сразу [23].

Каждый из компонентов вектора истинности в логике Смарандаке принимает значение из нестандартного интервала $]^{-}0, 1^{+}[$, где $^{-}0 = 0 - \varepsilon$, $1^{+} = 1 + \varepsilon$ при $\varepsilon \rightarrow 0$. Никакой функциональной связи между T ; I ; F нет, так, что $^{-}0 \leq T + I + F \leq 3^{+}$. В прикладных задачах нестандартный интервал можно заменять обычным: $[0, 1]$. Тогда $T, I, F \in [0, 1]$ и $0 \leq T + I + F \leq 3$ [34, 35].

Значения компонентов могут быть представлены как числами (назовем их «точечными»), так и интервалами, а также представлять собой упорядоченное подмножество из $]^{-}0, 1^{+}[$ (или $[0, 1]$ в прикладных задачах).

Логические связки конъюнкции, дизъюнкции, отрицания представляются в ней конструкциями [34]

$$\|a_1 \& a_2\| = \langle T_1 \cdot T_2; I_1 \cdot I_2; F_1 \cdot F_2 \rangle,$$

$$\|a_1 \vee a_2\| = \langle T_1 + T_2 - T_1 \cdot T_2; I_1 + I_2 - I_1 \cdot I_2; F_1 + F_2 - F_1 \cdot F_2 \rangle,$$

$$\| \neg a \| = \langle 1^{+} - T; 1^{+} - I; 1^{+} - F \rangle$$

соответственно. Здесь « $\cdot$ », « $+$ », « $-$ » – операции умножения, сложения и вычитания, обобщенные на нестандартные подмножества интервала $]^{-}0, 1^{+}[$; T_i , I_i , F_i – значения компонентов векторов истинности: $\|a_1\| = \langle T_1; I_1; F_1 \rangle$ и $\|a_2\| = \langle T_2; I_2; F_2 \rangle$. При переходе к стандартному интервалу $[0, 1]$ и точечным значениям истинности это обычные умножение, сложение и вычитание.

Интересно отметить, что в более поздней работе [35] логические связки формализуются иначе:

$$\|a_1 \& a_2\| = \langle \min(T_1, T_2); \max(I_1, I_2); \max(F_1, F_2) \rangle,$$

$$\|a_1 \vee a_2\| = \langle \max(T_1, T_2); \min(I_1, I_2); \min(F_1, F_2) \rangle,$$

$$\| \neg a \| = \langle F; 1^{+} - I; T \rangle.$$

Здесь, как и в первом случае, $\min()$ и $\max()$ – обобщения функций минимума и максимума на подмножества нестандартного интервала $]^{-}0, 1^{+}[$. Нужно заметить, что это принципиально разные определения связок. Автор вводит разные типы конъюнкции, дизъюнкции и отрицания, не комментируя этого.

В прикладных задачах между суждениями важно задавать порядок, позволяющий предпочесть одни другим. В логике Смарандаке для этого пользуются правилом [35]:

$a_1 \leq a_2$ (a_1 менее предпочтительно, чем a_2), если и только если $T_1 \leq T_2$, $I_1 \geq I_2$, $F_1 \geq F_2$, для точечных компонентов, и

$$\begin{aligned} & a_1 \leq a_2, \text{ если и только если} \\ & \inf T_1 \leq \inf T_2, \sup T_1 \leq \sup T_2, \\ & \inf I_1 \geq \inf I_2, \sup I_1 \geq \sup I_2, \\ & \inf F_1 \geq \inf F_2, \sup F_1 \geq \sup F_2 \end{aligned}$$

для компонентов-подмножеств.

В [23], а также [35, 36] с позиций нейтрософской логики проведен анализ известных логических представлений, а также теории множеств (нейтрософские множества), теории

вероятности (нейтрософская вероятность), статистики, геометрии и т.д. В частности, рассматривая нейтрософию как направление философии, автор затрагивает квантовомеханическую и релятивистскую картины мира. На русском языке основы этой концепции представлены в [21] и [23].

Нейтрософская логика является следующим шагом после нечеткой. В то же время, ее особенностью служит ограничение на число компонентов вектора истинности при их жесткой содержательной интерпретации: Истина, Ложь, Нейтральность. Также используется классический набор логических связок и единственный критерий частичного порядка между суждениями. Достаточно интересным выглядит переход от привычного интервала значений истинности $[0, 1]$ к нестандартному $]0, 1^+[$, хотя прикладная ценность такого перехода все же сомнительна.

В [14] дан пример решения практической задачи с использованием описанного формализма.

4. Логика с векторной семантикой. Логика с векторной семантикой – класс логик, в которых истинность суждения a формализуется вектором с произвольным (в общем случае) числом компонентов: $\|a\| = \langle a^1; a^2; \dots; a^n \rangle$, $a^i \in [0, 1]$. Значения каждого из компонентов определяются своим комплексом свидетельств. Позиции компонентов в векторе называются аспектами истинности, а их значения – значениями этих аспектов [1].

Содержательная сторона аспектов вторична. Важно, что истинность отражает представление о соответствии суждения реальности. Важен также характер влияния отдельного компонента на это соответствие. В этом смысле, каковы бы не были аспекты истинности, все они делятся на два класса. В первом случае истинность, выраженная вектором $\langle a^1; a^2; \dots; a^i; \dots; a^n \rangle$, говорит о большем соответствии, чем $\langle a^1; a^2; \dots; a^{i'}; \dots; a^n \rangle$, если $a^i \geq a^{i'}$. Во втором – если $a^i \leq a^{i'}$ [7]. Иначе говоря, рост (убывание) аспектов первого и второго типа влияют на истинность взаимно противоположным образом. Аспекты первого типа названы *позитивными*, а второго – *негативными*. Чтобы их различать, используются верхние индексы «+» и «–». Например, $\langle a^+; a^- \rangle$, $\langle 0.5^+; 0.2^+; 0.9^- \rangle$, и так далее. Если порядок следования аспектов в векторе таков, что сначала указываются позитивные компоненты, такая запись называется *нормальной формой вектора истинности*:

$$\langle a^{1+}; a^{2+}; \dots, a^{i+}; a^{(i+1)-}; \dots; a^{n-} \rangle.$$

Количество позитивных и негативных компонентов в общем случае может быть любым. При этом если содержательный смысл аспектов истинности не важен и их число не оговаривается, говорится о *многоаспектных векторных логиках* (V^n -логиках), иначе, о *двухаспектных*, *трехаспектных* и т.д. Если существенна содержательная сторона аспектов, это может быть отражено в наименовании. Например V^{TF} -логика – это двухаспектная векторная логика с аспектами $\langle \text{Истина}; \text{Ложь} \rangle$.

4.1. Сложные суждения. Для построения сложных суждений в логиках с векторной семантикой рассматриваются следующие типы логических связок: 1-я и 2-я форма конъюнкции, 1-я и 2-я форма дизъюнкции и две формы отрицания [1].

Определение 1. Первой формой конъюнкции двух суждений a и b называется суждение $c = a \& b$, значения аспектов истинности которого определяются по правилу:

$$\begin{aligned} c^i &= a^i \bullet b^i, \text{ если аспект позитивный;} \\ c^i &= a^i \oplus b^i, \text{ если аспект негативный.} \end{aligned}$$

Определение 2. Второй формой конъюнкции a и b называется суждение $c = a \&_2 b$, значения аспектов истинности которого определяются по правилу:

$$c^i = a^i \bullet b^i.$$

Определение 3. Первой формой дизъюнкции двух суждений a и b называется суждение $c = a \vee b$, значения аспектов истинности которого определяются по правилу:

$$c^i = a^i \oplus b^i, \text{ если аспект позитивный;}$$

$$c^i = a^i \bullet b^i, \text{ если аспект негативный.}$$

Определение 4. Второй формой дизъюнкции двух суждений a и b называется суждение $c = a \vee_2 b$, значения аспектов истинности которого определяются по правилу:

$$c^i = a^i \oplus b^i.$$

Первые формы – это обобщения классических конъюнкции и дизъюнкции на векторный случай. Вторые возможны только в векторной семантике.

Здесь $x \bullet y$ – t -норма, $x \oplus y$ – t -конорма (s -норма) в инфиксной записи при том, что между ними существует взаимосвязь:

$$(1 - x) \bullet (1 - y) = 1 - x \oplus y; \quad (1 - x) \oplus (1 - y) = 1 - x \bullet y.$$

Примерами здесь служат пары функций $x \bullet y = \min(x, y)$, и $x \oplus y = \max(x, y)$; $x \bullet y = \max(0, x + y - 1)$, и $x \oplus y = \min(1, x + y)$; $x \bullet y = xy$, и $x \oplus y = x + y - xy$.

Определение 5. Первой формой отрицания (*отрицанием в форме перестановки*) называется суждение $\neg a$, истинность которого получается из $\|a\|$ путем перестановки местами значений позитивных и негативных компонентов (позитивные компоненты объявляются негативными, а негативные позитивными). Например, для V^{TF} -логик это выглядит как

$$\|\neg a\| = \langle a^-; a^+ \rangle.$$

Эта форма отрицания привязана к содержательному смыслу аспектов истинности и потому применима не для всех векторов истинности.

Определение 6. Второй формой отрицания является *отрицание в форме дополнения*:

$$\|\sim a\| = \langle 1 - a^1; 1 - a^2; \dots; 1 - a^n \rangle.$$

Для этой формы отрицания выполняются законы де Моргана в виде:

$$\|\sim(a \vee b)\| = \|\sim a \& \sim b\|; \quad \|\sim(a \& b)\| = \|\sim a \vee \sim b\|;$$

$$\|\sim(a \vee_2 b)\| = \|\sim a \&_2 \sim b\|; \quad \|\sim(a \&_2 b)\| = \|\sim a \vee_2 \sim b\|, -$$

и эта форма отрицания применима в любой логике с векторной семантикой.

4.2. Кванторы всеобщности и существования. Кванторы всеобщности и существования также приобретают две формы. Их первая форма определяется первой формой связок конъюнкции/дизъюнкции по всем значениям предметной переменной, вторая форма – второй формой связок [2].

4.3. Отношения между суждениями. Между суждениями в логиках с векторной семантикой можно устанавливать отношения, аналогичные отношениям импликации и эквивалентности в классической логике [1].

Определение 7. Суждение a сильнее суждения b (a доминирует над b , записывается $a \gg b$),

$$\text{если } a^i \geq b^i \text{ для всех } i;$$

т.е., если значения всех аспектов вектора $\|a\|$ не меньше значений соответствующих аспектов вектора $\|b\|$.

Соответственно, суждение a слабее суждения b (b доминирует над a , записывается $a << b$),

$$\text{если } a^i \leq b^i \text{ для всех } i;$$

т.е., если значения всех аспектов вектора $\|a\|$ не больше значений соответствующих аспектов вектора $\|b\|$.

Определение 8. Суждение a правдоподобнее суждения b (записывается $a > b$), если

$$a^i \geq b^i \text{ для всех позитивных аспектов,}$$

$$a^i \leq b^i \text{ для всех негативных аспектов,}$$

т.е., если все аспекты вектора $\|a\|$ «не хуже» соответствующих аспектов вектора $\|b\|$ в «логическом» смысле.

В свою очередь, суждение a менее правдоподобно, чем суждения b (записывается $a < b$), если

$$a^i \leq b^i \text{ для всех позитивных аспектов,}$$

$$a^i \geq b^i \text{ для всех негативных аспектов,}$$

т.е., если все аспекты вектора $\|a\|$ «не лучше» соответствующих аспектов вектора $\|b\|$ в «логическом» смысле.

Данные отношения называются *отношениями доминирования и правдоподобия*.

Определение 9. Суждение a логически эквивалентно суждению b ($a = b$), если $a < b$ и $a > b$ (а также $a << b$ и $a >> b$). В любом из этих случаев

$$a^i = b^i \text{ для всех } i.$$

4.4. Логический вывод. Аналогия между отношениями правдоподобия и доминирования и классической импликацией позволяет ввести аналоги правила *modus ponens* [1, 7]:

$$a, a << b \vdash b: \|b\| = \|a\| \div \langle 1; \dots; 1 \rangle;$$

$$a, a < b \vdash b: \|b\| = \|a\| \div \langle 1^+; \dots; 1^+; 0^-, \dots, 0^- \rangle.$$

Запись после двоеточия оговаривает область возможных значений вектора истинности заключения b :

$$\|b\| \in [a^1, 1] \times [a^2, 1] \times \dots \times [a^n, 1]$$

в первом случае и

$$\|b\| \in [a^{1+}, 1] \times [a^{2+}, 1] \times \dots \times [a^{i+}, 1] \times [0, a^{(i+1)-}] \times [0, a^{(i+2)-}] \times \dots \times [0, a^{n-}]$$

во втором (здесь учитывается наличие позитивных и негативных аспектов).

Еще один вид логического вывода, который отчасти может быть обобщен на вектор произвольной размерности, рассматривается в связи с V^{TF} -логиками.

4.5. V^{TF} -логики. Наиболее изученным классом логик с векторной семантикой являются двухаспектные векторные логики с аспектами $\langle \text{Истина}; \text{Ложь} \rangle$ [1, 7]. Они наиболее близки к таким практически востребованным формализмам, как классическая и нечеткая логики (являются их обобщением), а также обобщают некоторые паранепротиворечивые (например, логику Данна [29]) и иные виды логик [3, 19]. Для этого класса логик $\|a\| = \langle a^+; a^- \rangle$, где a^+ – мера того, что суждение a есть Истина, a^- – мера того, что оно есть Ложь. Меры Истины и Лжи в общем случае устанавливаются независимо друг от друга, каждая по своему комплексу свидетельств. Истинность суждения в этом случае может быть проиллюстрирована рисунком 2.

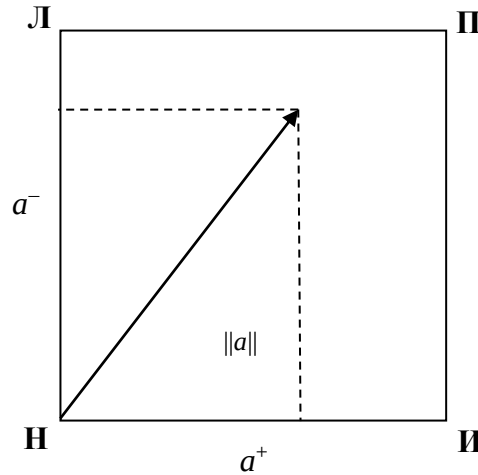


Рис. 2. Графическое представление вектора $\|a\| = \langle a^+; a^- \rangle$

Здесь **Н** представляет значение истинности неопределенного суждения с вектором $\langle 0; 0 \rangle$; **Л** – строго ложного суждения $\langle 0; 1 \rangle$; **П** – полностью противоречивого суждения $\langle 1; 1 \rangle$; **И** – строго истинного суждения $\langle 1; 0 \rangle$.

Если a и b – два атомарных суждения, то для V^{TF} -логик *первая и вторая форма дизъюнкции, конъюнкции и отрицания* определяются как:

$$\begin{aligned} \|a \vee b\| &= \langle a^+ \oplus b^+; a^- \bullet b^- \rangle; \\ \|a \vee_2 b\| &= \langle a^+ \oplus b^+; a^- \oplus b^- \rangle; \\ \|a \& b\| &= \langle a^+ \bullet b^+; a^- \oplus b^- \rangle; \\ \|a \&_2 b\| &= \langle a^+ \bullet b^+; a^- \bullet b^- \rangle; \\ \|\neg a\| &= \langle a^-; a^+ \rangle; \\ \|\sim a\| &= \langle 1 - a^+; 1 - a^- \rangle. \end{aligned}$$

Первые формы конъюнкции и дизъюнкции здесь – это обобщения классических конъюнкции и дизъюнкции на векторный случай. Вторые существуют только в векторной семантике. Первая и вторая формы отрицания при переходе к классической и нечеткой семантике дают одну и ту же форму отрицания: классическую или нечеткую. В V^{TF} -семантике эти отрицания, как легко видеть, различаются. Первое – это отрицание в смысле перестановки свидетельств (положительные меняются с негативными), второе – отрицание в силу недостатка информации.

Справедливы свойства:

$$\neg(a \vee b) = \neg a \& \neg b; \quad \neg(a \& b) = \neg a \vee \neg b,$$

а также вышеприведенные законы де Моргана для второй формы отрицания.

Отношения правдоподобия и доминирования иллюстрируются рисунком 3. Выполняются соотношения:

$$\begin{aligned} a &< a \vee b; & a \& b &< a; \\ a &<< a \vee_2 b; & a \&_2 b &<< a. \end{aligned}$$

Логический вывод в V^{TF} -логиках, помимо упомянутого выше, может выполняться с использованием следующих двух правил, аналогов классических *modus ponens* (MP) и *modus tollens* (MT):

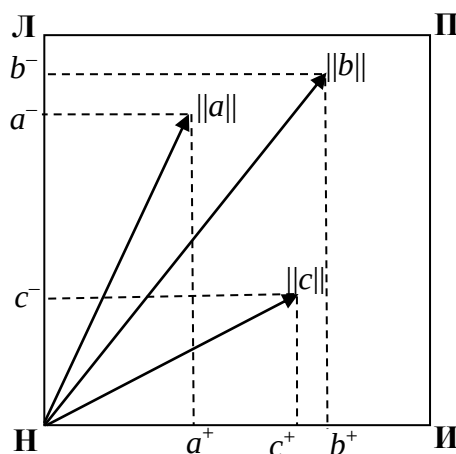


Рис. 3. Иллюстрация отношений правдоподобия и доминирования для V^{TF} -логик:
 $a \ll b, c \ll b, a < c$

$$a, a \rightarrow b \vdash b: \|b\| = \|a \& i\| = \langle a^+ \bullet i^+; a^- \oplus i^- \rangle \div \langle 1; 0 \rangle;$$

$$\neg b, a \rightarrow b \vdash \neg a: \|\neg a\| = \|\neg a \& i\| = \langle a^- \bullet i^+; a^+ \oplus i^- \rangle \div \langle 1; 0 \rangle.$$

Здесь $a \rightarrow b$ – импликация «Если a , то b » – характерная единица знаний многих экспертных систем. В них она обычно рассматривается как неделимое целое. Её истинность задается экспертом, что естественно для таких задач: $\|a \rightarrow b\| = \|i\| = \langle i^+; i^- \rangle$.

Указанные правила вывода обобщаются на интервальное представление истинности (рисунок 4) [5].

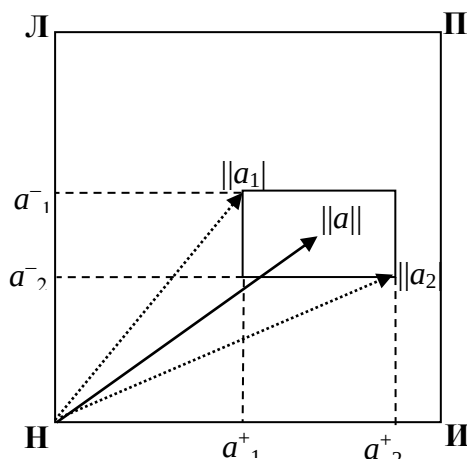


Рис. 4. Интервальное представление вектора
 $\|a\| = \|a\|_1 \div \|a\|_2 = \langle [a_1^+, a_2^+]; [a_2^-, a_1^-] \rangle$

Обобщение MP выглядит следующим образом. Если истинность малой посылки есть

$$\|a\| = \|a\|_1 \div \|a\|_2 = \langle [a_1^+, a_2^+]; [a_2^-, a_1^-] \rangle,$$

а истинность большой –

$$\|i\| = \|i\|_1 \div \|i\|_2 = \langle [i_1^+, i_2^+], [i_2^-, i_1^-] \rangle,$$

то истинность заключения $\|b\|$ равна

$$\begin{aligned} \|b\| &= \langle a^+_1 \bullet i^+_1; a^-_1 \oplus i^-_1 \rangle \div \langle a^-_1 \oplus i^+_2; a^+_1 \bullet i^-_2 \rangle = \\ &= \langle [a^+_1 \bullet i^+_1, a^-_1 \oplus i^+_2]; [a^+_1 \bullet i^-_2, a^-_1 \oplus i^-_1] \rangle, \end{aligned}$$

или

$$\begin{aligned} a, a \rightarrow b \vdash b: \|b\| &= \|a \& i\| = \\ &= \langle a^+_1 \bullet i^+_1; a^-_1 \oplus i^-_1 \rangle \div \langle a^-_1 \oplus i^+_2; a^+_1 \bullet i^-_2 \rangle. \end{aligned}$$

Иначе говоря,

$$\|b\| \in [a^+_1 \bullet i^+_1, a^-_1 \oplus i^+_2] \times [a^+_1 \bullet i^-_2, a^-_1 \oplus i^-_1].$$

В свою очередь *МТ* для первой формы отрицания обобщается на интервалы как:

$$\neg b, a \rightarrow b \vdash \neg a: \|\neg a\| = \|\neg b \& i\| = \langle b^-_1 \bullet i^+_1; b^+_1 \oplus i^-_1 \rangle \div \langle b^+_1 \oplus i^+_2; b^-_1 \bullet i^-_2 \rangle,$$

или, что то же самое

$$\|a\| = \langle b^-_1 \bullet i^-_2; b^+_1 \oplus i^+_2 \rangle \div \langle b^+_1 \oplus i^-_1; b^-_1 \bullet i^+_1 \rangle.$$

Для второй формы отрицания (отрицания в форме дополнения) правило *МТ* в интервальном случае приобретает вид [5]

$$\sim b, a \rightarrow b \vdash \sim a: \|\sim a\| = \langle (1 - b^+_2) \bullet i^+_1; (1 - b^-_2) \oplus i^-_1 \rangle \div \langle (1 - b^+_2) \oplus i^+_2; (1 - b^-_2) \bullet i^-_2 \rangle.$$

Суждения в V^{TF} -логиках характеризуются рядом скалярных мер:

- мера определённости (*определённость*) $\mu_o(a) = a^+ \oplus a^-$;
- мера противоречия (*противоречивость*) $\mu_n(a) = a^+ \bullet a^-$;
- показатель достоверности (*достоверность*) $\mu_d(a) = a^+ - a^-$;
- мера строгости (*строгость*) $\mu_c(a) = \mu_o(a) - \mu_n(a) = a^+ \oplus a^- - a^+ \bullet a^-$ или $\mu_c(a) = |\mu_d(a)|$;
- показатель избыточности (*избыточность*) $\mu_{изб}(a) = a^+ + a^- - 1$.

В интервальном случае в качестве a^+ и a^- можно брать середины интервалов или определенную точку внутри них. Кроме того, в интервальном случае может быть также введена мера точности вектора истинности, которая должна быть максимальной, когда $a^+_1 = a^+_2$ и $a^-_1 = a^-_2$ и минимальной при $\|a\| = \langle [0, 1]; [0, 1] \rangle$. Такую роль может исполнять, например, показатель

$$\mu_{мчн} = 1 - \sqrt{\frac{(a^+_2 - a^+_1)^2 + (a^-_2 - a^-_1)^2}{2}}.$$

Механизм интервального вывода для V^{TF} -логик описан в [30]. Особенности работы машины вывода, использующей его для моделирования правдоподобных рассуждений, обсуждаются в [9].

4.6. Проблемы и следствия. Представление истинности вектором ставит ряд вопросов. *Первый – содержательная интерпретация аспектов истинности.* Здесь возможны как минимум два взгляда.

1) Аспекты истинности – это обычные нечеткие значения истинности, характеризующие объект с разных позиций. Например, истинность суждения «Автомобиль комфортен» можно характеризовать с позиций качества отделки салона, мощности двигателя, шумоизоляции салона и т.п. Соответственно, истинность $\langle 0.3; 0.5; 0.8; \dots \rangle$ означает, что качество отделки салона невысоко, мощность двигателя средняя, шумоизоляция хорошая, и т.д. Вектор здесь – обычный нечеткий вектор, компоненты которого принимают значения из отрезка $[0, 1]$. Этот взгляд достаточно очевиден (на нем основано понятие нечеткого вектора).

2) Аспекты – *категории истинности*, вроде Истины и Лжи. Значения компонентов здесь – степени выраженности соответствующей категории, определяемые поступившими свидетельствами или по иным соображениям (например, экспертно).

Этот взгляд рассматриваем как основной. При таком взгляде автоматически возникает вопрос *о числе и характере аспектов истинности, исчерпывающим образом описывающих реальность*. Если становиться на позиции, близкие к классической логике, их всего два: Истина и Ложь. В нейтрософской логике Ф. Смарандаке три: Истина, Ложь и Нейтральность. Однако принципиальной особенностью данного сорта логик является допущение сколь угодно количества аспектов истинности, или, что то же самое, сколь угодно большого количества компонентов вектора $\langle a^1; \dots; a^n \rangle$. Работая, например, в рамках V^{TF} -логики, не запрещается предполагать наличия еще каких-либо «не учтенных» аспектов истинности (об их существовании можно даже не подозревать). Все неучтенные аспекты проецируются в точку $\langle 0; 0 \rangle$, не разрушая исходного формализма. В этом смысле логики с векторной семантикой действительно свободны от принципов противоречия и исключенного третьего.

Любой набор аспектов истинности можно свести к полному, введением «замыкания» – фиктивного компонента a^{n+1} со значением [7]:

$$a^{n+1} = 1 - a^1 \oplus \dots \oplus a^n.$$

В этом случае

$$a^1 \oplus \dots \oplus a^n \oplus a^{n+1} > 0,$$

что можно рассматривать как полноту вектора истинности. Однако, вопрос о том, *сколько и каких аспектов истинности исчерпывающим образом описывают реальность*, остается, хотя и переходит больше в философскую плоскость. Если их выделить, все возможные логические семантики могут быть построены на их основе. Обратной стороной этой проблемы является построение логик и связанных с ними частных семантик на основе известных аспектов истинности. Так, нечеткая семантика получается введением двух ограничений: рассматриваются только аспекты Истина и Ложь и $a^+ + a^- = 1$, классическая – ограничениями $a^+, a^- \in \{0, 1\}$ и $a^+ + a^- = 1$. В [1] упоминаются одноаспектные логики, например, с аспектом только Истина или только Ложь. Для завершенности можно ввести и 0-аспектную логику V^0 , суждения которой вообще лишены какого-либо смысла, и так далее. Проблема полноты – вторая проблема данного типа векторных логик.

Наконец, *третьей проблемой* логик с векторной семантикой является *проблема коммуникации*. Если допустить наличие субъектов, мыслящих в «ортогональных логических координатах», не породит ли это проблему взаимопонимания? Так, суждения, осмысленные для нас (обычно мы мыслим в категориях Истины и Лжи) окажутся лишенными смысла для разума, мыслящего в иных категориях истинности: он спроецирует их в точку $\langle 0; \dots; 0 \rangle$. И наоборот. Данная проблема, кажется, лежит вне логики, однако тесно связана с ней.

Двумя очевидными следствиями логик с векторной семантикой является расширенный взгляд на теорию множеств и теорию вероятностей.

Если истинность утверждения о принадлежности объекта x множеству X считать вектором: $\|x \in X\| = \langle x^1; \dots; x^n \rangle$, – это в общем случае приводит к обобщению понятий множества, нечеткого множества, нейтрософского множества.

В теории вероятности все, так или иначе, основано на представлении о возможности благоприятных и неблагоприятных исходов некоторого опыта. Если истинность соответствующего предиката считать векторной, это расширяет понятие вероятности. Аксиоматический взгляд на вероятность ничего не меняет, т.к. векторным становится истинность утверждения о принадлежности элементарного случайного события $e \in \Omega$ случайному событию $A \subseteq \Omega$: $\|e \in A\| = \langle e^1; \dots; e^n \rangle$.

Вообще, учитывая место теории множеств в современной математике, можно быть уверенным, что этими примерами все не исчерпывается. Соответствующие обобщения для V^{TF} -логик представлены в [4, 6].

Достаточно подробное изложение рассмотренного формализма дано в [7]. Его приложение к онтологическому анализу данных и формальным онтологиям представлено в работах С.В. Смирнова и его коллег (см. напр. [22, 24]).

5. Векторизация силлогизмов Аристотеля. Ещё одним направлением использования векторов в логике стала формализация силлогизмов. Это позволило не только автоматизировать их построение, но и визуализировать данный процесс [28, 38]. Хорошим примером визуализации логических конструкций служат круги Эйлера и диаграммы Эйлера-Венна (из последних работ здесь можно указать [28]). Здесь с этой целью применяют векторы, а специалисты, использующие соответствующий формализм, также говорят о нем как о векторной логике.

В основу формализма легло представление силлогистических рассуждений цепочками векторов в n -мерном пространстве. Каждая посылка стандартной формы представляется как вектор, а заключение силлогизма является суммой векторов, представляющих посылки, по правилу треугольника. Вектора размещаются в т.н. логическом пространстве. Размерность пространства соответствует числу терминов, участвующих в рассуждении. Например, для категорического силлогизма (модус Barbara) это выглядит так, как показано на рисунке 5.

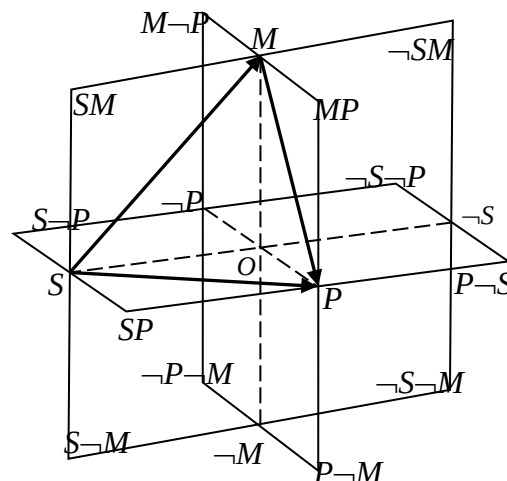


Рис. 5. Логическое пространство и векторы модуса Barbara

Здесь S – субъект, M – средний термин, P – предикат. Например:

Все пингины – птицы

Все птицы имеют крылья

Все пингины имеют крылья

На рисунке 5 S – быть пингвином, M – быть птицей, P – иметь крылья. Вектор SM , равный $(-1, 1, 0)$ – посылка «Все пингвины – птицы», вектор $MP = (0, -1, 1)$ – посылка «Все птицы имеют крылья», вектор $SP = (-1, 0, 1)$ – заключение «Все пингвины имеют крылья». Заключение является суммой векторов SM и MP .

Векторы, соединяющие между собой точки $S, M, P, \neg S, \neg M, \neg P$, а также весь набор точек типа $SM, \neg SM, S\neg M, \neg S\neg M, SP, S\neg P$ и им подобным с точкой O , как концом вектора, соответствуют общеутвердительным и общеотрицательным посылкам. Векторы, соединяющие точку O (начало вектора) с этими же точками – частноутвердительным и частноотрицательным. Например, вектор, соединяющий точку O с точкой SP , соответствует посылке «Некоторые S есть P ». Векторы общеутвердительных посылок могут переноситься в пределах своей плоскости и называются свободными. Векторы, начинающиеся в точке O , такой возможностью не обладают и называются связанными. Свободные векторы перемещаются с целью формирования цепочек подобных только что рассмотренной. Связанные векторы зафиксированы. Если можно решить задачу (осуществить заключение) посредством свободного переноса векторов и их суммирования, то результат визуализируется в виде вектора, которому может быть дана соответствующая текстовая интерпретация. Если цепочку сформировать не удастся, силлогизм является неверным.

Несмотря на известную условность, с помощью данного подхода решаются задачи моделирования некоторых предметных областей [18].

Заключение. Одним из выводов из представленного здесь обзора служит понимание того, что логика, несмотря на свою более чем двухтысячелетнюю историю, не является догматической наукой. Собственно, это стало понятно уже в первой половине XX века, когда появились первые многозначные логики. Однако оказалось, что представление о многозначности – не предел ее развития. Расширение и усложнение предметных областей, стремление описать с ее помощью всё новые стороны действительности приводят к развитию и совершенствованию ее формального аппарата, привнесению в него конструкций, прежде считавшихся далекими от логики. Она превращается из «науки о правильном мышлении», «науки о доказательствах» в особый и, пожалуй, наиболее общий на сегодня способ моделирования действительности. Фактически – в такое же средство моделирования, каковым является «традиционная» математика. При этом, как показывает опыт ее использования, например, в экспертных системах, она способна моделировать не только объективную, но и субъективную реальность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аршинский Л.В. Методы обработки нестрогих высказываний. Иркутск: Изд-во Восточно-Сибирского института МВД России. 1998. 40 с.
2. Аршинский Л.В. Нестрогая квантификация // Управление в системах: Вестник Иркутского государственного технического университета. Сер. Кибернетика. 1999. Вып. 2. С. 3–9.
3. Аршинский Л.В. О семантиках классической логики // Logical Studies [Электронный ресурс]. 2000. №5. Режим доступа к журн.: <http://www.logic.ru/Russian/LogStud/05/LS5.html>

4. Аршинский Л.В. Приложение логик с векторной семантикой к описанию случайных событий (депонир. рук.). Деп. в ВИНТИ 06.08.04. № 1376-B2004. 35 с.
5. Аршинский Л.В. Интервальное оценивание истинности в системах автоматизированных рассуждений на основе V^{TF} -логик // Труды IV международной конференции «Идентификация систем и задачи управления». SICPRO'05. Москва 25-28 января 2005 [Электронный ресурс]. М.: ИПУ РАН. 2005. С. 1061–1074.
6. Аршинский Л.В. Моделирование множеств с противоречиями на основе векторного представления истинности // Труды VI международной конференции «Идентификация систем и задачи управления». SICPRO'07. Москва 29 января-1 февраля 2007 [Электронный ресурс]. М: ИПУ РАН им. В.А. Трапезникова., 2007. 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). С. 716–724.
7. Аршинский Л.В. Векторные логики: основания, концепции, модели. Иркутск: Иркут. гос. ун-т. 2007. 228 с.
8. Аршинский Л.В. Применение векторного формализма в логике и логико-математическом моделировании // Онтология проектирования, 2016. Т. 6. № 4 (22). С. 436–451.
9. Аршинский Л.В. Особенности работы машины вывода системы моделирования правдоподобных рассуждений «Гераклит» // Информационные и математические технологии в науке и управлении. 2016. №2. С. 18–29.
10. Бахтияров К.И. Об одном подходе к формализации парадоксальных ситуаций // Философские науки. 1976. №1. С. 52–62.
11. Бахтияров К.И. Многоаспектный подход в логике: дисс. д.ф.н. 09.00.07 «Логика». М.: МГУ. 1989.
12. Бахтияров К.И. Компьютеризация логики // Философские науки. 1990. №9. С. 117–122.
13. Бахтияров К.И. Логика с точки зрения информатики: бестселлер в духе Льюиса Кэрролла (12 этюдов). М.: Едиториал УРСС. 2002. 128 с.
14. Бартенев В.В., Яцун С.Ф. Повышение качества функционирования комбинированного нечеткого регулятора системы управления движением на базе применения интервальной нейтрософской логики // Интегрированные модели и мягкие вычисления в искусственном интеллекте. Сборник научных трудов V-й Международной научно-технической конференции (28-30 мая 2009 г., Коломна, Россия). Т. 2. М.: Физматлит. 2009. С. 799–807.
15. Богданов К.В., Марценюк М.А. Матричное представление нечеткой логики // Нечеткие системы и мягкие вычисления. 2007. Том 2. № 3. С. 7–36.
16. Ивин А.А., Никифоров А.Л. Словарь по логике. М.: Туманит, изд. центр ВЛАДОС. 1997. 384 с.
17. Карпенко А.С. Многозначные логики. М.: Наука. 1997. 223 с.
18. Межуев В.И. Использование векторной алгебры для построения инструментов предметно-ориентированного моделирования // Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил. 2010. № 2(24). С. 79–84.
19. Моросанова Н.А. Методы вычисления оценок уверенности формально построенных выводов: автореф. дис.: канд. физ.-мат. наук: 05.13.11. М. 2013. 14 с.
20. Пирс Ч.С. Начала прагматизма. Т.2. Логические основания теории знаков. М.: Алетея. 2000. 352 с.

21. Рабунский Д., Смариандаке Ф., Борисова Л. Нейтрософские методы в общей теории относительности. Пер. с англ. Феникс, Аризона: HEXIS Publishers. 2005. 107 с.
22. Самойлов Д.Е., Семенова В.А., Смирнов С.В. Анализ неполных данных в задачах построения формальных онтологий // Онтология проектирования. 2016. Т. 6. №3(21). С. 317–339. DOI: 10.18287/2223-9537-2016-6-3-317-339
23. Смариандаке Ф. Сущность нейтрософии. Пер. с англ. Hexis Publishers, Феникс, Аризона. 2006. 33 с.
24. Смирнов С.В. Формальный подход к представлению смысла проблемной ситуации в процессах коллективного принятия решений // XII всероссийское совещание по проблемам управления ВСПУ-2014. Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН. М.: ИПУ РАН им. В.А. Трапезникова. 2014. С. 6261–6270.
25. Фреге Г. Логика и логическая семантика. М.: Аспект Пресс. 2000. 512 с.
26. Шрамко Я.В. Истина и ложь: что такое истинностные значения и для чего они нужны // Логос. 2009. № 2(70). С. 96–121.
27. Copilowish I.M. Matrix development of the calculus of relations // The Journal of Symbolic Logic. 1948. V. 13. Pp. 193–203.
28. Cullinane S.H. The Geometry of Logic: Finite Geometry and the 16 Boolean Connectives [Электронный ресурс] 2007. <http://finitegeometry.org/sc/16/logic.html>.
29. Dunn J.M. Algebra of Intensional Logics. Doctoral Dissertation University of Pittsburg. Ann Arbor. 1966.
30. Mizraji E. Context-dependent associations in linear distributed memories // Bulletin of Mathematical Biology. 1989. V. 51. Pp. 195–205.
31. Mizraji E. Vector logics: The matrix-vector representation of logical calculus // Fuzzy Sets and Systems. 1992. V. 50. Pp. 179–185.
32. Mizraji E. Modalities in Vector Logic // Notre Dame Journal of Formal Logic. 1994. V. 35. No 2. Pp. 272–283.
33. Mizraji E. Vector logic: A natural algebraic representation of the fundamental logical gates // Journal of Logic and Computation. 2008. V. 18. Pp. 97–121.
34. Smarandache F. Neutrosophy: Neutrosophic Probability, Set and Logic. American Research Press, Rehoboth. 1998. 105 p.
35. Smarandache F. An Introduction to Neutrosophy, Neutrosophic Logic, Neutrosophic Set, and Neutrosophic Probability and Statistics // Proc. of the First International Conference on Neutrosophy, Neutrosophic Logic, Neutrosophic Set, Neutrosophic Probability and Statistics. University of New Mexico-Gallup, 1-3 December 2001. Phoenix: Xiquan. 2001. Pp. 5–21.
36. Smarandache F. A Unifying Field in Logics: Neutrosophic Logic. Neutrosophy, Neutrosophic Set, Neutrosophic Probability and Statistics. InfoLearnQuest. 2006. 155 p.
37. Stern A. Matrix Logic. Elsevier Science Publishers B.V.. 1988. 215 p.
38. Westphal J., Hardy J. Logic as a Vector System // Journal of Logic and Computation. 2005. V. 15. Pp. 751–765.

FEATURES OF THE INFERENCE ENGINE OF THE PLAUSIBLE REASONING MODELING SYSTEM, "HERACLITUS"

Leonid V. Arshinskiy

Dr., Head. Department "Information Systems and Information Security"

Irkutsk State Transport University

15, Chernyshevskiy Str., 664074, Irkutsk, Russia, e-mail: arsh@irgups.ru

Abstract. The work is devoted to the description of the vector formalisms used in the logic. Discusses three areas of research in this theme. The first has to do with the complexity of the formal apparatus of classical mathematical logic and vectorization of the categories of Truth and Falsehood. Here are the vector logic E. Mizrahi and matrix logic of A. Stern. The second is based on the vectorization of logical semantics, when the verity is seen as multicomponent vector. This is the logic of K.I. Bakhtiyarova, neutrosophic logic of F. Smarandache and logics with vector semantics. The third direction is devoted to vectorization syllogistics of Aristotle. All three areas are used for solving problems in computer science, artificial intelligence, other areas of knowledge.

Keywords: non-classic logics, vector logics, neutrosophic logics, logic with vector semantics, syllogism.

References

1. Arshinskiy L.V. Metody obrabotki nestrogih vyskazyvaniy [Methods of processing of nonstrict propositions]. Irkutsk: East-Siberian Institute of MIA of Russia. 1998. 40 p. (In Russian).
2. Arshinskiy L.V. Nestrogaja kvantifikacija [The nonstrict quantification] // Upravlenie v sistemah: Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Ser. Kibernetika. 1999. Vyp.2. Pp. 3–9. (In Russian)
3. Arshinskij L.V. O semantikah klassicheskoj logiki [On the semantics of classical logic] // Logical Studies. 2000. №5. – <http://www.logic.ru/Russian/LogStud/05/LS5.html>. (In Russian).
4. Arshinskiy, L.V. Prilozhenie logik s vektornoj semantikoj k opisaniju sluchajnyh sobytij (deponir. ruk.) [The application of logic with vector semantics to the description of random events]. Dep. v VINITI 06.08.04. No 1376-V2004. – 35 ps. (In Russian)
5. Arshinskiy L.V. Interval'noe ocenivanie istinnosti v sistemah avtomatizirovannyh rassuzhdenij na osnove V^{TF} -logik [Interval estimation of the truth in the systems of automated reasoning based on the V^{TF} -logics] // Trudy IV mezhdunarodnoj konferencii «Identifikacija sistem i zadachi upravlenija». SICPRO'05. Moskva 25-28 janvarja 2005. Moscow: IPU RAN im. V.A. Trapeznikova. 2005. Pp. 1061–1074. (In Russian)
6. Arshinskiy L.V. Modelirovanie mnozhestv s protivorechijami na osnove vektornogo predstavlenija istinnosti [Modeling of sets with contradictions based on the vector representations of the truth] // Trudy VI mezhdunarodnoj konferencii «Identifikacija sistem i zadachi upravlenija. SICPRO'07. Moscow 29 janvarja – 1 fevralja 2007». – IPU RAN im. V.A. Trapeznikova, 2007. Pp. 716–724. (In Russian)
7. Arshinskiy L.V. Vektornye logiki: osnovanija, koncepcii, modeli [Vector logic: foundations, concepts, models]. Irkutsk: Irkutsk state university. 2007. 228 p. (In Russian)

8. Arshinskiy L.V. Primenenie vektornogo formalizma v logike i logiko-matematicheskom modelirovanii [The application of vector formalism in logic and logical-mathematical modelling] // *Ontologija proektirovanija*. 2016. V. 6. No 4 (22). Pp. 436–451. (In Russian)
9. Arshinskiy L.V. Osobennosti raboty mashiny vyvoda sistemy modelirovanija pravdopodobnykh rassuzhdenij «Geraklit» [Features of working of the reasoning system of the system of modeling plausible reasoning "Heraclitus"] // *Informacionnye i matematicheskie tekhnologii v nauke i upravlenii*. 2016. No 2. Pp.18–29. (In Russian)
10. Bakhtiyarov K.I. Ob odnom podhode k formalizacii paradoksal'nykh situacij [About one approach to formalization of the paradoxical situations] // *Filosofskie nauki*. No 1. 1976. Pp. 52–62. (In Russian)
11. Bakhtiyarov K.I. Mnogoaspektnyj podhod v logike: diss. d.f.n. 09.00.07 «Logika» [A multidimensional approach in logic: Doctoral Dissertation Moscow State University]. Moscow: Moscow State University. 1989. (In Russian)
12. Bakhtiyarov K.I. Komp'juterizaciya logiki [Computerization of logic] // *Filosofskie nauki*. № 9. 1990. Pp. 117–122. (In Russian)
13. Bakhtiyarov K.I. Logika s točki zrenija informatiki: bestseller v duhe L'juisa Kjerrolla (12 etjudov) [The logic from the point of view of computer science: a bestseller in the spirit of Lewis Carroll (12 etudes)]. Moscow: Editorial URSS. 2002. 128 p. (In Russian)
14. Bartenev V.V., Jacun S.F. Povyszenie kachestva funkcionirovanija kombinirovannogo nechetkogo reguljatora sistemy upravlenija dvizheniem na baze primeneniya interval'noj nejtrosofskoj logiki [Improving the quality of functioning of the combined fuzzy controller of a motion control system using interval neutrosophy logic] // *Integrirovannye modeli i mjagkie vychisleniya v iskustvennom intellekte. Sbornik nauchnyh trudov V-j Mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii (Kolomna, 28-30 Maja 2009 g.). V 2-h tomah. T.2.* M.: Fizmatlit. 2009. Pp. 799–807. (In Russian)
15. Bogdanov R.V., Marcenjuk M.A. Matrichnoye predstavleniye nechetkoy logiki [Matrix representation of fuzzy logic] // *Nechetkie sistemy i myagkie vychisleniya*. 2007. Vol. 2. No 3. Pp. 7–36. (In Russian)
16. Ivin A.A., Nikiforov A.L. Slovar' po logike [Dictionary of logic]. M.: Tumanit. izd. centr VLADOS. 1997. 384 p. (In Russian)
17. Karpenko A.S. Mnogoznachnye logiki [Many-valued logic]. Moscow: Nauka. 1997. 223 p. (In Russian)
18. Mezhuiev V.I. Ispol'zovanie vektornoj algebry dlja postroeniya instrumentov predmetno-orientirovannogo modelirovanija [The use of vector algebra to build of tools of object-oriented modeling] // *Zbirnik naukovih prac' Har'kivs'kogo nacional'nogo universitetu Povitranij Sil*. 2010. No 2(24). Pp. 79–84. (In Russian)
19. Morosanova N.A. Metody vychisleniya ocenok uverenosti formal'no postroennyh vyvodov: avtoref. dis.: kand. fiz.-mat. nauk: 05.13.11 [Methods of calculation of confidence formally derived conclusions: thesis abstract]. Moscow. 2013. 14 p. (In Russian)
20. Pirs Ch.S. Nachala pragmatizma. T. 2. Logicheskiye osnovaniya teorii znakov [The beginning of pragmatism. Vol. 2. Logical foundations of the theory of signs]. Moscow: Aleteya. 2000. 352 p. (In Russian)
21. Rabunskiy D., Smarandake F., Borisova L. Nejtrosofskiye metody v obshey teorii otnositel'nosti [Neutrosophic methods in General relativity] Per. s angl. Fenix, Arizona, HEXIS Publishers. 2005. 107 p. (In Russian).

22. Samojlov D.E., Semenova V.A., Smirnov S.V. Analiz nepolnykh dannykh v zadachah postroeniya formal'nykh ontologij [Analysis of incomplete data in the task of formal ontologies constructing] // *Ontologiya proektirovaniya*. 2016. V.6. No 3(21). Pp. 317–339. DOI: 10.18287/2223-9537-2016-6-3-317-339 (In Russian)
23. Smarandake F. Sushnost nejtrosofii: Per. s angl. [The Essence of Neutrosophy: transl. from Engl.]. Hexis Publishers, Phoenix, Arizona. 2006. 33 p. (In Russian).
24. Smirnov S.V. Formal'nyj podhod k predstavleniju smysla problemnoj situacii v processah kollektivnogo prinjatija reshenij [A formal approach to the representation of the sense of problem situations in the processes of collective decision-making] // XII vserossijskoe soveshhanie po problemam upravleniya VSPU-2014. Institut problem upravleniya im. V.A. Trapeznikova RAN. M.: IPU RAN im. V.A. Trapeznikova. 2014. Pp. 6261–6270. (In Russian)
25. Frege G. Logika i logicheskaya semantica [Logic and Logical semantics]. Moskow: Aspect Press. 2000. 512 p. (In Russian)
26. Shramko Ya.V. Istina I lozh: chto takoe istinnostnye znacheniya I dlya chego oni nuzhny [Truth and lies: what the truth-values and what they need] // *Logos*. 2009. No 2(70). Pp. 96–121. (In Russian)
27. Copilowish I.M. Matrix development of the calculus of relations // *The Journal of Symbolic Logic*. 1948. V. 13. Pp. 193–203.
28. Cullinane S.H. The Geometry of Logic: Finite Geometry and the 16 Boolean Connectives . 2007. – <http://finitegeometry.org/sc/16/logic.html>.
29. Dunn J.M. Algebra of Intensional Logics. Doctoral Dissertation University of Pittsburg, Ann Arbor. 1966.
30. Mizraji E. Context-dependent associations in linear distributed memories // *Bulletin of Mathematical Biology*. 1989. V. 51. Pp. 195–205.
31. Mizraji E. Vector logics: The matrix-vector representationn of logical calculus / E. Mizraji // *Fuzzy Sets and Systems*. 1992. V. 50. Pp. 179–185.
32. Mizraji E. Modalities in Vector Logic // *Notre Dame Journal of Formal Logic*. 1994. V. 35. No 2. Pp. 272–283.
33. Mizraji E. Vector logic: A natural algebraic representation of the fundamental logical gates // *Journal of Logic and Computation*. 2008. V.18. Pp. 97–121.
34. Smarandache F. Neutrosophy: Neutrosophic Probability, Set and Logic. American Research Press, Rehoboth. 1998. 105 p.
35. Smarandache F. An Introduction to Neutrosophy, Neutrosophic Logic, Neutrosophic Set, and Neutrosophic Probability and Statistics // *Proceedings of the First International Conference on Neutrosophy, Neutrosophic Logic, Neutrosophic Set, Neutrosophic Probability and Statistics*. University of New Mexico-Gallup, 1-3 December 2001. Phoenix: Xiquan. 2001. Pp. 5–21.
36. Smarandache F. A Unifying Field in Logics: Neutrosophic Logic. Neutrosophy, Neutrosophic Set, Neutrosophic Probability and Statistics. InfoLearnQuest. 2006. 155 p.
37. Stern A. Matrix Logic. Elsevier Science Publishers B.V.. 1988. 215 p.
38. Westphal J., Hardy J. Logic as a Vector System // *Journal of Logic and Computation*. 2005. V.15. Pp. 751–765.

УДК 004.89:338

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОВЕДЕНИЯ АКТИВНОГО ПОТРЕБИТЕЛЯ НА ОСНОВЕ АГЕНТНОГО ПОДХОДА¹

Гальперова Елена Васильевна

К.т.н., доцент, ведущий научный сотрудник отдела «Взаимосвязей энергетики и экономики»,

e-mail: galper@isem.irk.ru

Гальперов Василий Ильич

К.т.н., м.н.с. отдела «Энергетической безопасности», e-mail: galperov@gmail.com

Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН,

664033 г. Иркутск, ул. Лермонтова 130

Аннотация. Актуальность темы определяется важной ролью активных потребителей в концепции интеллектуальных электроэнергетических систем. Моделирование поведения такого рода потребителей необходимо для оценки их влияния на структуру и режимы работы электроэнергетической системы, а также при исследовании конъюнктуры (спроса и цен) на региональных энергетических рынках. Для имитации поведения потребителя используется агентный подход, который позволяет моделировать сложные нелинейные прямые и обратные связи потребителя и энергосистемы. Возможные сценарии взаимодействия потребителя и централизованной энергосистемы описываются в виде событийных моделей с использованием аппарата Joiner-сетей.

Ключевые слова: интеллектуальные сети, активный потребитель, моделирование, агентный подход, Joiner-сеть, спрос на электроэнергию, цена.

Введение. Во всем мире в последние десятилетия получила широкое распространение парадигма интеллектуализации всех сторон жизни. В электроэнергетике ключевой тенденцией развития является переход к инновационному преобразованию отрасли на основе новой концепции, получившей название SmartGrid. SmartGrid рассматривается как концепция полностью интегрированной, саморегулирующейся и самовосстанавливающейся электроэнергетической системы, включающей в себя все генерирующие источники, магистральные и распределительные сети и все виды потребителей электрической энергии, управляемые единой сетью информационно-управляющих устройств и систем в режиме реального времени [14]. В России принят ряд документов [5, 12], направленных на создание интеллектуальной энергетики, как составной части программы модернизации страны, которая должна обеспечить новую, «умную» энергетическую инфраструктуру для «умной» экономики [1]. Активные потребители – важная часть интеллектуальной энергосистемы. Поведение потребителя как равноправного участника рынка электроэнергии будет способствовать снижению пиковых нагрузок и резервных мощностей, оптимизации режимов работы электростанций и электроэнергетической сети, сокращению расходов и потерь топлива [1], а также формированию спроса и цен в энергосистеме. Моделирование

¹Результаты получены при частичной финансовой поддержке РФФИ (проекты №16-06-00230-А, №17-06-00102-А, №16-07-00474-А)

поведения активного потребителя является важной и актуальной задачей, решение которой необходимо для исследования его влияния на структуру энергосистемы и конъюнктуру (спрос и цены) на региональных электроэнергетических рынках.

1. **Характеристика активного потребителя.** Активным может быть любой потребитель (промышленные предприятия, транспорт, предприятия коммерческого сектора, домохозяйства) способный самостоятельно управлять объемом централизованно получаемой электроэнергии на основе информации о ценах, надежности, качестве и других параметрах энергосистемы, а также влиять на них посредством продажи излишек производимой собственной генерацией электроэнергии [4, 10].

Активный потребитель вправе самостоятельно выбирать [2, 3]:

- режим своего электропотребления в соответствии с необходимостью выполнения своих производственных планов по выпуску продукции или обеспечению энергией домохозяйства, оптимизируя свои затраты на покупку электроэнергии с внешних рынков;
- условия загрузки собственной мощности (при ее наличии), для формирования заявки на участие в покупке/продаже электроэнергии на оптовом и розничном рынках;
- степень своего участия в управлении активными и реактивными нагрузками в системе.

Для того, чтобы потребитель стал активным, нужны определенные условия. Как показывает опыт ведущих зарубежных стран, основными механизмами, «включающими» активного потребителя в функционирование электроэнергетической системы, являются управление спросом и методы экономического стимулирования [8].

Управление спросом – это комплексный подход к взаимодействию с потребителем, основанный на его активном участии в формировании и регулировании нагрузки с применением мер поощрений, на базе управления нагрузкой и динамического ценообразования [13].

Система управления спросом в электроэнергетике включает в себя технологические и экономические (маркетинговые) аспекты, такие, как:

- система учета;
- контроль перетоков;
- система модификации тарифов и цен.

В [5] предусматривается обеспечение возможности для потребителей самостоятельного изменения объема и функциональных свойств получаемой электроэнергии на основании баланса своих потребностей и возможностей энергосистемы. Активные потребители, имеющие собственные источники генерации, создают новые условия конкуренции (в том числе и для традиционных поставщиков) и формирования спроса и цен на энергетическом рынке.

Вопросы создания технических и экономических условий, необходимых для реализации возможности потребителя взаимодействовать с энергосистемой, являются самостоятельной задачей и в данной статье не обсуждаются. Ниже рассматривается лишь принципиальная возможность моделирования поведения абстрактного (условного) потребителя по оптимизации собственного энергопотребления и имитации взаимодействия с централизованной энергосистемой. Для этого используется агентный подход. Выбор подхода

был обоснован гибкостью и универсальностью этой технологии, которая дает возможность моделировать самые сложные нелинейные прямые и обратные связи, использовать любой необходимый уровень детализации и абстракции [9].

2. Моделирование поведения активного потребителя.

А. Описание условного активного потребителя

Предполагается, что условный активный потребитель может управлять своим энергопотреблением, имеет связи с централизованной энергетической системой и обладает собственными генерирующими мощностями. Потребитель имеет комплект из n электропотребляющих устройств (кондиционеры, обогреватели, водонагреватели, печи, и т.д.) i -тых процессов потребления (освещение, отопление, охлаждение, силовые и т.д.), с возможностью снижения либо варьирования их нагрузки во времени. Каждое устройство характеризуется потребляемой мощностью e_i и числом часов использования h_i так, что объем потребности в электроэнергии V кВт.ч определяется как

$$V = \sum_{i=1}^n e_i h_i$$

Кроме того, в распоряжении потребителя имеется набор генерирующих установок со своими технико-экономическими показателями, как на основе традиционных источников энергии, так и на новых (ВИЭ, топливные элементы и т.д.), а также накопители энергии. Суммарная мощность N всех собственных источников генерации j определяется как

$$N = \sum N_j$$

при этом

$$Nh_{cp} \geq V$$

где h_{cp} - среднее число часов использования собственных энергопотребляющих устройств.

Задача формулируется следующим образом. В каждый момент времени необходимо найти такое сочетание объемов покупной и/или собственной произведенной энергии для удовлетворения текущей потребности, стоимость которой не превысит заданной величины затрат.

Б. Многоагентная модель активного потребителя.

Одной из важных составляющих концепции SmartGrid является применение многоагентных технологий для моделирования и управления энергосистемой. В одном из наиболее авторитетных современных трудов по искусственному интеллекту [7] под агентом понимается «любая сущность, которая находится в некоторой среде, воспринимает ее посредством сенсоров, получая данные, которые отражают события, происходящие в среде, интерпретирует эти данные и действует на среду посредством эффекторов». Таким образом, можно представить в виде агента любое устройство генерации и/или потребления электроэнергии, а так же саму региональную электроэнергетическую систему. Каждый из агентов обладает своими собственными характеристиками, параметрами и свойствами.

Для моделирования поведения активного потребителя разрабатывается многоагентная модель, состоящая из набора агентов, каждый из которых описывает возможности функционирования отдельного энергопотребляющего или генерирующего устройства (рис. 1). Контроль за работой каждого устройства-агента и согласование процессов их поведения осуществляет агент-менеджер. В этого агента закладываются описания всех

возможных сценариев взаимосогласованного поведения собственных энергопотребляющих процессов потребителя и возможных его взаимосвязей с централизованной энергосистемой. Агент-менеджер непрерывно осуществляет мониторинг работоспособности всех систем активного потребителя и ситуации в централизованной энергосистеме. В зависимости от складывающейся в каждый момент времени ситуации в централизованной электроэнергетической системе агент-менеджер он посылает управляющие воздействия агентам потребления и генерации для реализации сценария, соответствующего интересам потребителя.

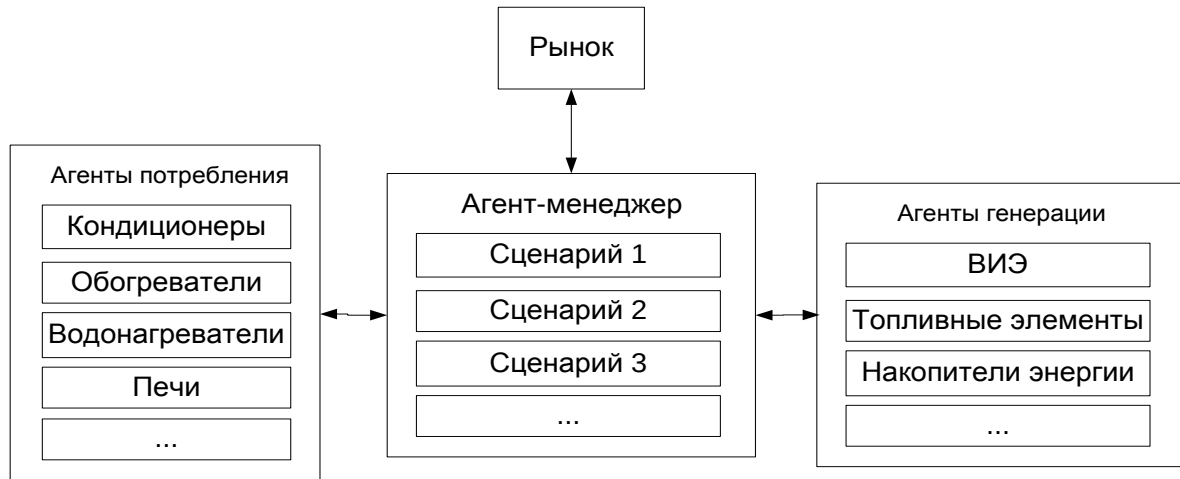


Рис. 1. Многоагентная модель активного потребителя

В. Возможные сценарии поведения активного потребителя

Сценарии поведения активного потребителя могут меняться в зависимости от важности и приоритетности тех или иных целей и выбора соответствующего управляющего параметра. Ниже представлены лишь два из возможных сценариев.

1) *В качестве основного управляющего параметра используется информация о стоимости электроэнергии на региональном энергетическом рынке.* В этом случае агент-менеджер действует по следующей схеме. Первоначально он сравнивает цену на рынке с заранее определенной приемлемой для потребителя (задается в виде интервала значений²). Если цена ниже (1), чем заданная как приемлемая, то агент-менеджер осуществляет покупку всего необходимого объема электроэнергии из централизованной системы. Если цена на электроэнергию в системе выше (2), чем приемлемая цена для потребителя, то он, определяет величину этого превышения. Значительное превышение границы приводит к тому, что агент-менеджер дает сообщение в энергосистему о прекращении покупки энергии с рынка и запускает собственные источники генерации. Возможно, что при включении в работу собственных источников возникнет избыток электроэнергии, которую потребитель готов продать энергосистеме по цене даже ниже сложившейся в сети. В случае небольшого превышения стоимости электроэнергии анализируется возможность снижения собственного потребления, при наличии возможности – уменьшает количество покупной энергии. При отсутствии возможности снижения собственного потребления возможен вариант частичной покупки электроэнергии с регионального рынка и частичного производства собственной (3) (рис. 2). Большие ценовые различия между периодами с высоким и низкими ценами на

² Верхней границей интервала является стоимость собственного производства электроэнергии

региональном рынке могут автоматически вызвать большие изменения в потреблении электроэнергии.

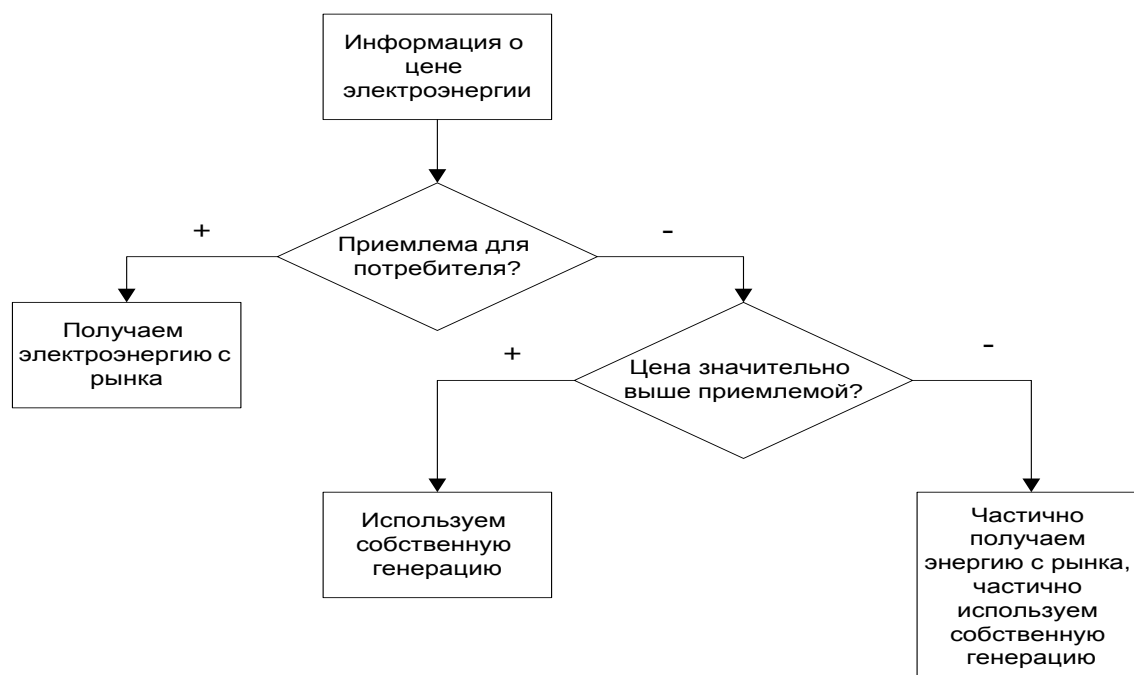


Рис. 2. Схема работы агента-менеджера, когда управляющим параметром является цена электроэнергии

2) В качестве основного управляющего параметра используется объем потребления электроэнергии активного потребителя. При необходимости повышения объемов расхода электроэнергии потребителем агент-менеджер анализирует возможности как использования собственных источников энергии, так и увеличения покупки ее на рынке. Возможны несколько вариантов развития ситуации: (1) возросший объем спроса на электроэнергию удовлетворяется из сети, (2) спрос удовлетворяется за счет собственных источников, (3) спрос удовлетворяется частично из сети, частично за счет собственной генерации. В последнем случае может возникнуть избыток собственно производимой электроэнергии, агент-менеджер либо перенаправляет ее в накопительные элементы (аккумуляторы), либо в региональную сеть. В ситуации, когда (4) для удовлетворения энергопотребления не хватает ни собственной генерации, ни централизованной, агент-менеджер анализирует возможность снижения или полного отключения некритических потребителей (уровень важности потребителей задается) и передает управляющее воздействие агентам-потребления (рис. 3). Подобное поведение потребителя может повлиять на величину и спроса и стоимости электроэнергии в сети.

Использование многоагентного подхода для моделирования поведения активного потребителя позволяет составлять сколь угодно большое количество разных сценариев. При разных условиях действия активного потребителя будут различны.

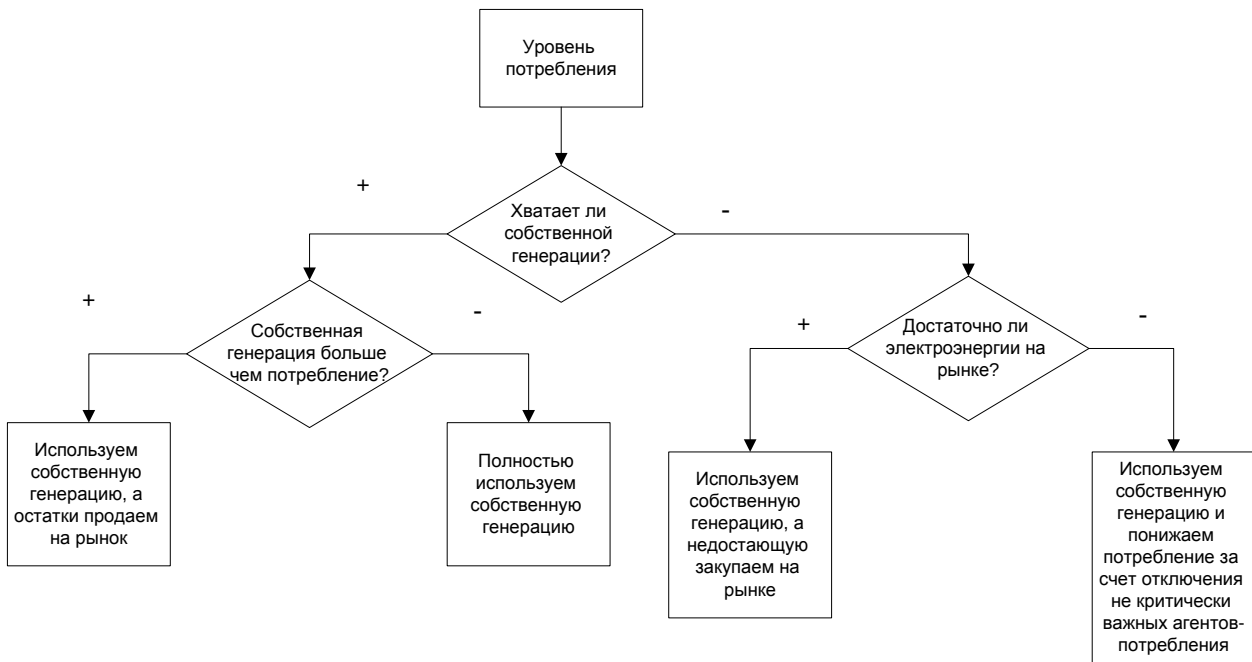


Рис. 3. Схема работы агента-менеджера, когда управляющим параметром является объем потребления электроэнергии

3. **Подход к реализации.** В ИСЭМ СО РАН разработан методический подход к построению типовых многоагентных систем (МАС) в энергетике [6]. Данный методический подход включает:

- метод проектирования и реализации типовой МАС;
- метод управления взаимодействием агентов на основе алгебраических сетей;
- событийные модели сценариев взаимодействия агентов (агентных сценариев) и их графического представления с использованием элементов Joiner-сетей;
- алгоритмы взаимодействия и поведения агентов;
- базовые компоненты типовой МАС с гибкой архитектурой.

Разработанная типовая МАС состоит из 3-х основных составляющих: главный модуль, агент-клиент и вычислительные агенты (рис. 4). На основе типовой МАС возможно построение любой конкретной МАС. В типовой МАС реализованы базовые компоненты, предназначенные для разработки агентов-вычислителей и агента-менеджера. Эти базовые компоненты с незначительной доработкой можно использовать при формировании многоагентной системы моделирования активного потребителя.

При адаптации типовой МАС к решению задачи моделирования поведения активного потребителя в роли агента-клиента выступает рынок электроэнергии, основными характеристиками которого в каждый момент времени являются спрос и цена. Роль главного модуля берет на себя агент-менеджер, в котором хранятся все заданные сценарии реагирования потребителя на ту или иную ситуацию на рынке для достижения наилучших собственных результатов. Агенты-вычислители подразделяются на агенты-потребления и агенты-генерации. Первые из них характеризуются минимальным и максимальным уровнями энергопотребления, степенью надежности энергоснабжения и возможностью снижения нагрузки и/или ее полного отключения. Вторые – установленной мощностью, минимальной рабочей мощностью и возможностью определения стоимости производства собственной электроэнергии. В агентах-потребления вычисление требуемого уровня энергопотребления

для удовлетворения собственных планов выполняется в каждый момент времени, в то время как в агентах-генерации вычисления осуществляются только по указанию агента-менеджера.

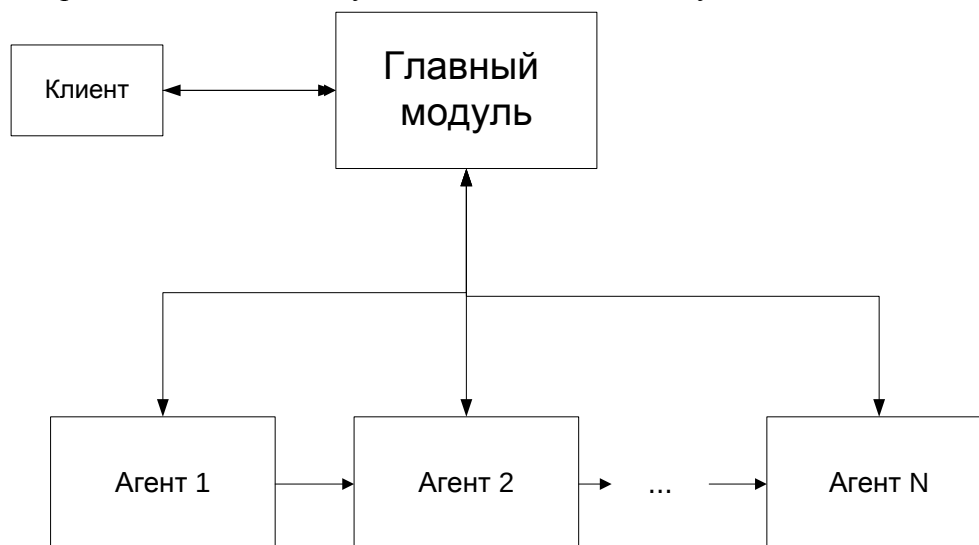


Рис. 4. Архитектура типовой МАС

Взаимодействие между агентами-потребления и агентами-генерации возможно лишь по команде от агента-менеджера при энергоснабжении от собственных источников. Использование типовой многоагентной системы позволяет построить МАС для моделирования активного потребителя с минимальными затратами (рис. 5).

Развитие событий по каждому определенному сценарию описывается в виде событийных моделей с использованием аппарата Joiner-сетей [11] и закладывается в агента-менеджера. На рисунке 6 в виде событийной модели представлен сценарий, когда в качестве основного управляющего параметра используется информация о стоимости электроэнергии на региональном энергетическом рынке.

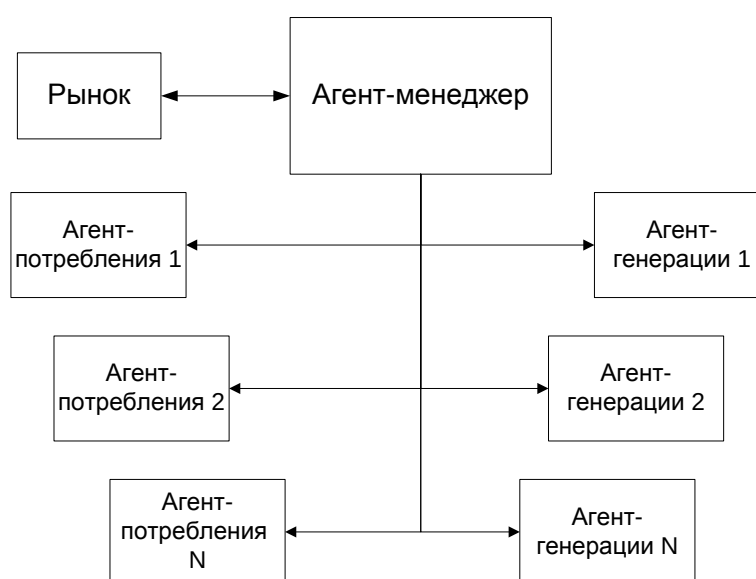


Рис. 5. Архитектура МАС для моделирования поведения активного потребителя

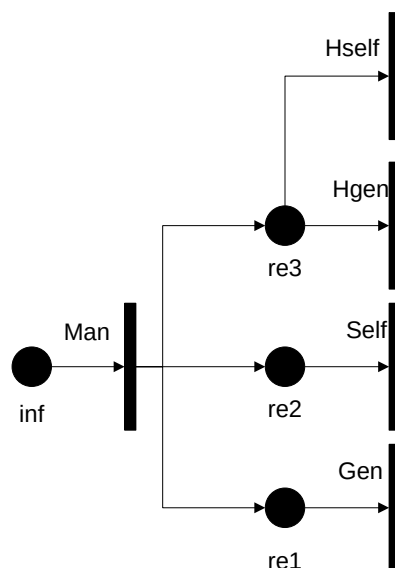


Рис. 6.Пример событийной модели сценария активного потребителя

На рисунке 6 приняты следующие обозначения: *inf*–информация о цене электроэнергии на рынке, *Man*– агент-менеджер, анализирующий цену электроэнергии, *re* – управляющие воздействия при разных условиях: *re1* –потребителя не устраивает цена на рынке, *re2* – цена на рынке приемлема, *re3* – цена на рынке незначительно выше приемлемой, *Gen* – процесс полного использования энергии с рынка, *Self* - процесс полного использования собственной генерации, *HSelf* - процесс частичного использования собственной генерации, *Hgen* - процесс частичного использования энергии с рынка.

Достоинством построения событийных моделей агентных сценариев с использованием аппарата Joiner-сетей является возможность самостоятельного внесения изменений в алгоритм работы системы пользователями без участия программистов.

При проектировании многоагентной системы моделирования поведения активного потребителя не требуется создание каких-либо процедур межплатформенного взаимодействия, поскольку в типовой MAC предусмотрены такие алгоритмы поведения и взаимодействия агентов, которые не зависят от того, на каких программных платформах они реализованы. В данной системе реализация агентов производится на платформе .Net с использованием языка C#, а работа с XML-файлами, используемыми для обмена информацией между агентами, осуществляется на языке Linq. Для более простого и быстрого внесения изменений в исходный код за основу структуры ПК берется шаблон проектирования «MVC» (Model-view-controller, «Модель-представление-контроллер»). Разделение модели и интерфейса осуществляется посредством шаблона «наблюдатель».

Заключение. Особенности активного потребителя, такие, как способность управлять использованием электроэнергии, включая возможность ее генерации и сохранения, являются важной частью концепции интеллектуальной энергетики. Предусматриваемые в концепции тарификация и регулирование энергопотребления в режиме реального времени, а также информационный обмен с централизованной системой, позволяют потребителю корректировать объемы получаемой электроэнергии для достижения удовлетворительных собственных результатов и влиять на уровень цены и объемы спроса в системе.

Разрабатываемая на основе типовой MAC многоагентная система моделирования активного потребителя имитирует его поведение в зависимости от разных ситуаций в

энергосистеме, что позволит оценить в первом приближении возможности и силу его влияния на структуру и условия функционирования региональной электроэнергетической системы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Веселов Ф.В., Федосова А.В. SmartGrid - умный ответ на вызовы "умной" экономики. // Энергорынок. 2011. № 5. С. 52–58.
2. Волкова И.О. Активный потребитель: реалии и прогнозы. НИУ ВШЭ, 2014. <https://www.hse.ru/data/2014/09/30/1100422480.pdf> (дата обращения 4.04.2017)
3. Волкова И.О., Шувалова Д.Г., Сальникова Е.А. Активный потребитель в интеллектуальной энергетической системе: возможности и перспективы. <https://www.hse.ru/pubs/share/direct/document/71899800> (дата обращения 4.04.2017)
4. Кобец Б.Б., Волкова И.О. Инновационное развитие электроэнергетики на базе концепции SMART GRID. М.: ИАЦ Энергия. 2010. 208 с.
5. Концепция интеллектуальной электроэнергетической системы России с активно-адаптивной сетью. / Под ред. Е.В. Фортова, А.А. Макарова. М.: ОАО «ФСК ЕЭС». 2012. 235 с.
6. Массель Л.В., Гальперов В.И. Разработка многоагентной системы оценивания состояния электроэнергетических систем с использованием событийных моделей // Наука и образование. №9. 2015. М.: МГТУ им. Баумана. Эл. №ФС77-4211. ISSN 1994-0448. DOI: 10.7463/0915.0811180.
7. Рассел С., Норвиг П. Искусственный интеллект: современный подход, 2-е изд.: Пер. с англ. М.: Издательский дом "Вильямс". 2006. 1408 с.
8. Сальникова Е.А. Стимулирование активного поведения потребителей в электроэнергетике // Вестник ТвГУ. Серия «Экономика и управление». 2013. Выпуск 18. С. 177–188.
9. Сидоренко В.Н. Красносельский А.В. Имитационное моделирование в науке и бизнесе: подходы, инструменты, применение // Бизнес-информатика. 2008. №2 (08). С. 52–57.
10. Стенников В.А. Интегрированные интеллектуальные энергетические системы. <http://isem.irk.ru/upload/iblock/cef/cef1938237b98ee723192b6676049d89.pdf> (дата обращения 4.04.2017)
11. Столяров Л.Н., Новик К.В. Joiner-сеть для моделирования взаимодействующих параллельных процессов // Моделирование процессов управления: Сб. научных трудов. Моск. физ.-тех. ин-т. М., 2004. С. 81–97.
12. Технологическая платформа «Интеллектуальная электроэнергетическая система России» http://rosenergo.gov.ru/regulations_and_methodologies/tehnologicheskaya_platforma_tp_ies (дата обращения: 5.03.2017)
13. Demand Response: Principles for Regulatory Guidance. Jupiter, Florida: Peak Load Management Alliance. 2002.
14. Smart Power Grids - Talking about a Revolution. IEEE Emerging Technology Portal <http://www.ieee.org/portal/site/emergingtech/index.jsp?techId=1220>, (дата обращения 12.12.2016).

UDK 004.89:338

MODELING THE ACTIVE CONSUMER BEHAVIOR BASED ON THE AGENT APPROACH

Elena V. Gal'perova

Ph.D., Associate Professor, Leading Researcher. Department of Energy-Economy Interactions

e-mail: galper@isem.irk.ru

Vasiliy I. Gal'perov

Ph.D., research engineer. Department of energy security, e-mail: galperov@gmail.com

Melentiev Energy Systems Institute

Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences

130, Lermontov Str., 664033, Irkutsk, Russia

Abstract. The relevance of the paper is determined by the important role which the active consumers plays in the Smart Grid concept. Modeling the consumer behavior is necessary to assess their impact on the structure and operating modes of the electricity system, including study of regional energy markets. The agent approach is used to simulate consumer behavior and allows to simulate complex nonlinear direct and feedback connections between the consumer and the power system. The algorithm for optimization of the consumer behavior is developed and described.

Keywords: Smart Grid, active consumer, modeling, agent approach, energy demand, price.

References

1. Veselov F.V., Fedosova A.V. Smart Grid – umnyj otvet na vyzovy "umnoj" jekonomiki [Smart Grid - smart answer to the challenges of the "smart" economy] // Jenergorynok = The energy market. 2011. No. 5. Pp. 52–58. (in Russian)
2. Volkova I.O. Aktivnyj potrebitel': realiii prognozy [The active consumer: realities and forecasts] // Moskva = Moscow. NIU VShE = HSE. 2014. Available at: <https://www.hse.ru/data/2014/09/30/1100422480.pdf> (accessed: 5.04.2017) (in Russian)
3. Volkova I.O., Shuvalova D.G., Sal'nikova E.A. Aktivnyj potrebitel' v intellektual'noj jenergeticheskoj sisteme: vozmozhnosti i perspektivy. [The active consumer in intellectual energy system: opportunities and prospects] Available at: <https://www.hse.ru/pubs/share/direct/document/71899800> (accessed: 4.04.2017) (in Russian)
4. Kobec B.B., Volkova I.O. Innovacionnoe razvitie jelektrojenergetiki na baze koncepcii SMART GRID [Innovative development of the electric power industry on the basis of the SMART GRID concept] // Moskva = Moscow. Izdatel'skij centr "Jenergija" = Publishing center «Energy». 2010. 208 p. (in Russian)
5. Koncepcija intellektual'noj jelektrojenergeticheskoj sistemy Rossii s aktivno-adaptivnoj set'ju. [The concept of an intelligent electric power system in Russia with an active-adaptive

- network] / Pod red. E.V. Fortova, A.A. Makarova // Moskva = Moscow. OAO «FSK EJeS» = JSC FGC UES. 2012. 235 p. (in Russian)
6. Massel' L.V., Gal'perov V.I. Razrabotka mnogoagentnoj sistemy ocenivaniya sostojanija jelektrojenergeticheskikh sistem s ispol'zovaniem sobytijnyh modelej [Development of a multi-agent system for assessing the state of electric power systems using event models] // Nauka i obrazovanie = Science and Education. №9. 2015. Moskva = Moscow. MGTU im. Bauman = MSTU them. Bauman. Jel. №FS77-4211. ISSN 1994-0448. DOI: 10.7463/0915.0811180 (in Russian)
 7. Rassel S., Norvig P. Iskusstvennyj intellekt: sovremennyy podhod [Artificial intelligence: a modern approach]. 2-e izd.: Per. s angl.=2nd ed.: Trans. from English. Moskva = Moscow. Izdatel'skij dom "Vil'jams" = Publishing house "Williams". 2006. 1408 p. (in Russian)
 8. Sal'nikova E.A. Stimulirovanie aktivnogo povedenija potrebitelej v jelektrojenergetike [Stimulation of active consumer behavior in the power industry] // Vestnik TvGU. Serija «Jekonomika i upravlenie» = Bulletin of the Tver State University. Series "Economics and Management". 2013. Issue 18. Pp. 177–188 (in Russian)
 9. Sidorenko V.N. Krasnosel'skij A.V. Imitacionnoe modelirovanie v nauke i biznese: podhody, instrumenty, primenenie [Simulation modeling in science and business: approaches, tools, application] // Biznes-informatika = Business Informatics. 2008. No 2(08). Pp. 52–57 (in Russian)
 10. Stennikov V.A. Integrirovannye intellektual'nye jenergeticheskie sistemy [Integrated Intelligent Power Systems] Available at: <http://isem.irk.ru/upload/iblock/cef/cef1938237b98ee723192b6676049d89.pdf> (accessed:4.04.2017) (in Russian)
 11. Stoljarov L.N., Novik K.V. Joiner-set' dlja modelirovanija vzaimodejstvujushhih parallel'nyh processov [Joiner-network for modeling interacting parallel processes] // Modelirovanie processov upravlenija: Sb. Nauchnyh trudov = Modeling of control processes: Sat. Scientific works. Moskva = Moscow. Mosk. fiz.-teh. in-t. = Fiz.-tech.in-t. 2004. Pp. 81–97 (in Russian)
 12. Tehnologicheskaja platforma «Intellektual'naja jelektrojenergeticheskaja sistema Rossii» [Technological platform "Intellectual Electric Power System of Russia"]. Available at: http://rosenergo.gov.ru/regulations_and_methodologies/tehnologicheskaya_platforma_tp_ie (accessed: 5.03.2017) (in Russian)
 13. Demand Response: Principles for Regulatory Guidance - Jupiter, Florida: Peak Load Management Alliance. 2002.
 14. Smart Power Grids - Talking about a Revolution. IEEE Emerging Technology Portal Available at: <http://www.ieee.org/portal/site/emergingtech/index.jsp?techId=1220>, (accessed:12.12.2016).

Acknowledgments. The results were obtained with the partial financial support of the Russian Foundation for Basic Research (№. 16-06-00230, №. 17-06-00102, № 16-07-00474).

УДК 665.6 + 621.515+ 331.461

МЕТОДИКА АГРЕГИРОВАННОЙ ОЦЕНКИ ЗАЩИЩЕННОСТИ РАБОТНИКОВ ОТ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ПОРАЖЕНИЯ НА ОСНОВЕ ЗНАНИЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Асламова Елизавета Александровна

Аспирантка, e-mail: liza.Ocean@mail.ru

Аршинский Леонид Вадимович

Доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Информационные системы
и защита информации», e-mail: larsh@mail.ru

Иркутский государственный университет путей сообщения,
664074 г. Иркутск, ул. Чернышевского 15

Аннотация. В работе представлена классификация методов моделирования рисков чрезвычайных происшествий и обсуждаются особенности разработки базы знаний экспертной системы агрегированной оценки состояния системы безопасности производства, основанной на использовании логико-аксиоматического подхода. В основу положено представление, что снижение качества функционирования такой системы, обусловленное наличием «НЕ-факторов»: недоработками, неполной/некачественной реализацией соответствующих мероприятий, отсутствием подходящих условий труда и т.п., приводит к профессиональному поражению (профессиональные заболевания, производственный травматизм) работников. Согласно используемому методу их влияние формализуется продукциями вида $\neg A \rightarrow \neg B$.

Ключевые слова: агрегированное оценивание, нечеткая логика, присоединенный вывод, экспертная система, производственная безопасность, чрезвычайное происшествие, профессиональное поражение.

Введение. Наука о риске, безусловно, является одной из ведущих наук в 21 веке. Хотя теория риска интенсивно развивается, многие ее основополагающие положения остаются дискуссионными: до сих пор нет единого определения самого понятия “риск”. Очень часто термин “риск” употребляется как тождественный термину “опасность” или как синоним вероятности [8]. По ГОСТ 3 51897-2002 риск – это сочетание вероятности события и его последствий. Риск интерпретируется как вероятностная мера возникновения техногенных и природных чрезвычайных ситуаций (ЧС), которые сопровождаются нанесением социального, экономического, экологического и других видов ущерба и вреда. Оценка риска должна быть связана с оценкой ущерба [8]. Чем больше ожидаемый ущерб, тем значительнее риск. Кроме того, риск будет тем больше, чем больше вероятность проявления соответствующей опасности. Для обеспечения безопасности и надежности технологических процессов необходимо разрабатывать и совершенствовать методики расчета рисков чрезвычайных происшествий (ЧП) и ЧС на предприятиях, так как обнаружение и последующее устранение рисков является приоритетным направлением в области управления развитием промышленных производств.

Классификация методов моделирования рисков ЧП. Подходы к моделированию рисков ЧП можно классифицировать по моделям, применяемым для их анализа:

- детерминированные, в которых рассматривается анализ этапов развития аварий, начиная от исходного события, через последовательность предполагаемых отказов до установившегося конечного состояния [2, 4, 17, 21];
- теоретико-вероятностные, используемые при отсутствии статистики для оценки рисков редких событий [6, 13];
- вероятностно-эвристические, основанные на использовании субъективных вероятностей, получаемых с помощью экспертного оценивания, предполагающие как оценку вероятности возникновения аварии, так и расчет относительных вероятностей того или иного пути развития процессов [15, 16];
- нечеткие, нейросетевые, предназначенные для описания неопределенностей источника риска, связанных с отсутствием или неполнотой информации о процессах возникновения и развития аварии, ошибками оператора, допущениями применяемых моделей для описания развития аварийного процесса [5, 6, 9, 11, 12, 18];
- комбинированные, включающие различные комбинации перечисленных выше методов (детерминированных и вероятностных; вероятностных и нечетких; детерминированных и статистических) [1, 10].

В работе [16] предложена методика расчета риска ЧП, основанная на вычислении условных вероятностей предшествующих событий. Рассматривается три фактора риска: человеческий, техногенный, природный. Предполагается, что ЧП может быть вызвано рядом следующих случайных событий, приводящих к отказу технической системы: ошибкой персонала, отказом технической системы и случайным событием в окружающей природной среде. Учитывая, что перечисленные события попарно несовместны, получена формула для оценки риска ЧП. При практическом использовании формулы возникают трудности, обусловленные отсутствием методик расчета условных вероятностей предшествующих событий.

Известно, что ЧП на производстве: аварии, травмы – результат совокупного действия множества предпосылок. С позиции классического подхода оценка рисков события на предприятии предполагает оценку вероятностей возникновения той или иной причинной цепочки факторов, формирующих риск, с учетом наносимого событием ущерба. Следует отметить, что вероятность – достаточно строгое понятие, использование которого требует статистических обоснований, что не всегда возможно в условиях уникальных производств. Зачастую вместо статистической вероятности используется субъективная вероятность, однако оценки, которые получаются на этой основе, обладают еще большей долей условности. Это фактически уравнивает вероятностный подход с другими подходами, использующими методологию экспертного оценивания.

На современном этапе развития систем искусственного интеллекта наиболее распространены (до 90%) экспертные системы (ЭС) различных типов [6]. ЭС ориентированы на решение неформализуемых задач в диалоговом режиме с пользователями, от которых не требуется знания программирования. Специалист, который использует ЭС для решения своих задач, может даже превосходить по результатам возможности экспертов высшей квалификации за счет аккумуляции знаний в ЭС. Исследованиям систем нечеткого и лингвистического моделирования посвящены труды ученых А.Н. Аверкина, И.З. Батыршина,

Л.С. Бернштейна, А.Н. Борисова, В.И. Васильева, Д. Дюбуа, Л.А. Заде, А. Коффмана, Н.Г. Малышева, Д.А. Поспелова, А. Прада, А.П. Рыжова, Р.Р. Ягера, А.В. Язенина и многих других.

Теория нечетких множеств также достаточно широко применяется при управлении, диагностике неисправностей, распознавании образов, обработке изображений, анализе надежности, проектировании систем и т.д. [1, 5, 11, 12]. Основная трудность, которая мешает продуктивному использованию теории нечетких множеств при решении практических задач, состоит в том, что функция принадлежности должна быть задана вне самой теории и поэтому ее адекватность нельзя проверять, используя средства теории нечетких множеств. Качество принимаемых решений зависит от степени адекватности построенной функции принадлежности, т.е. от того, насколько полно она отражает знания экспертов. Но, как известно, все экспертные методы являются субъективными [14].

В работе [5] установлены следующие типы неопределенности, которые возникают при оценке и мониторинге техногенно-природных рисков (ТПР): в описании системы; в результате отсутствия учета различных факторов; нечеткого задания уровней риска; нечеткого описания критериев риска, т.е. правил, по которым оценивается его значимость; нечеткого описания набора обстоятельств, при которых происходит опасное явление; влияния рисков различных типов друг на друга. Разработан алгоритм оценки и мониторинга рисков на основе построения когнитивной нечетко-логической модели ТПС, включающий этапы построения локальных моделей агрегированного влияния предлагаемых мероприятий по предотвращению или снижению рисков. Формирование агрегированного влияния выполняется на основе свертки значений уровней частных рисков с учетом весовых коэффициентов.

В модели принятия решений в задачах нечеткого и лингвистического моделирования производительности скважин в нефтедобыче и при выделении контуров изображения представлены в виде нечетких продукционных правил, задающих модель Мамдани [1]. Формализация значений лингвистических переменных, определяющих значения входных переменных в правилах, осуществлялась методом Алексеева при прямом групповом экспертном опросе. Функции принадлежности значений лингвистических переменных имели треугольную или трапецеидальную форму.

При расчете ущерба принципиальных трудностей не возникает, но возникают проблемы при определении значений вероятностей исходных событий аварий, ЧП и ЧС. Подавляющее число логико-вероятностных методов при расчете безопасности и риска используют характеристики надежности оборудования в виде вероятности или интенсивности отказов, которые зачастую трудно получить из-за неоднородности и усеченности выборок, различия технологических схем и разнородности элементной базы, малого числа отказов и т.д. [4].

Методика логико-аксиологического оценивания функционирования сложной системы. Рассмотрим подход, который опирается на методику логико-аксиологического оценивания, предложенную в [3]. В его основе лежит представление, что полноценное функционирование любой достаточно сложной системы, в том числе системы охраны труда, системы безаварийной эксплуатации предприятия и им подобных требуют совместного действия всех входящих в нее подсистем и ущерб состояния той или иной подсистемы влечет за собой ущерб состояния системы в целом. Формально это описывается набором

нечетких причинно-следственных связей (продукций) вида: «Если Не- A , то Не- B », где B относится к оцениваемому компоненту (система или любая из ее подсистем), а A – к одному из непосредственно образующих его субкомпонентов (подсистем или функциональных элементов). Состояния каждого из компонентов выражаются числами из интервала $[0,1]$. При этом 1 означает полноценное функционирование компонента, а 0 – его утрату. Фактически, речь идет о нечеткой истинности суждений «Компонент A функционирует полноценно» и «Компонент B функционирует полноценно». Нечеткость формализует и степень влияния ущерба компонента A на содержащий его компонент B , которая выражается числом из интервала $[0,1]$, то есть речь идет об истинности причинно-следственной связи «Ущерб функционирования A влечет ущерб функционирования B ». Истинность этой связи названа *ценностью A для B* .

Система обеспечения безаварийности и охраны труда на предприятии описывается соответствующей системой продукций, пример которой будет представлен ниже. Само оценивание выглядит как нечеткий присоединенный вывод на базе знаний (БЗ), состоящей из этих продукций и реализуется на основе технологии экспертных систем (знаниевые технологии). Оценивание выглядит как нечеткий присоединенный вывод на базе знаний (БЗ), состоящей из продукций: $\neg A \rightarrow \neg B$. Вывод реализуется на основе технологии экспертных систем. Вывод прямой. Стартовыми фактами выступают оценки состояния исходных функциональных элементов системы производственной безопасности, а результатом – агрегированная оценка состояния системы в целом.

Построение БЗ. На рисунке 1 причинно-следственная связь профессионального повреждения (профессиональные заболевания и производственный травматизм) работников представлена в виде дерева классов факторов, обеспечивающих промышленную безопасность и охрану труда [7, 19, 20].



Рис. 1. Причинно-следственная связь профессионального повреждения работников

Сформируем всю цепь причин и сгруппируем ее по классам.

НЕ безопасность организационного класса определяется следующими НЕ факторами:

- отсутствие или некачественное проведение обучения и инструктажа;
- отсутствие проекта работ, инструктажей по охране труда;

- неудовлетворительная организация рабочих мест;
- нарушение организации технологического процесса;
- нарушение режима труда и отдыха и др.

Т. е. дефицит данных видов мероприятий приводит к не безопасности

организационного класса.

НЕ безопасность технического класса определяется следующими НЕ факторами:

- ненадежность и аварийность оборудования, приспособлений, коллективных и индивидуальных средств защиты;
- отсутствие механизации и автоматизации технологических процессов;
- неэргономичность рабочих мест;
- конструктивные недоработки и несовершенство оборудования;
- отсутствие или неисправность ограждающих, предохранительных, блокирующих, сигнализирующих и других устройств;
- несовершенство технологического процесса;
- несоблюдение сроков планово-предупредительных ремонтов ;
- отсутствие адекватных средств индивидуальной защиты и др.

НЕ безопасность опасных и вредных производственных факторов (ОПФ и ВПФ)

определяется следующими НЕ факторами:

- неблагоприятные параметры производственного микроклимата;
- некачественное освещение;
- повышенный шум и вибрация;
- монотонные условия труда;
- высокая концентрация вредных веществ;
- аэрозоли преимущественно фиброгенного действия в воздухе рабочей зоны;
- электрические и электростатические поля;
- тяжесть и напряженность трудового процесса;
- электромагнитные, радиоактивные излучения и т.д.

НЕ безопасность когнитивного класса определяется следующими НЕ факторами:

- незнание и непонимание своей роли в технологической цепи;
- незнание технического регламента производства;
- незнание нормативно-правовых актов по охране труда и промышленной

безопасности;

- незнание правил использования средств индивидуальной защиты;
- незнание правил поведения в нестандартных ситуациях;
- незнание и непонимание персоналом причин и последствий несчастных случаев и т.д.

НЕ безопасность психофизиологического класса определяется следующими НЕ

факторами:

- повышенная утомляемость;
- повышенная усталость;
- низкая концентрация внимательности;
- замедленная скорость реакции;
- не стрессоустойчивость;
- не дисциплинированность, безответственность;
- несоответствие психологических особенностей работника условиям выполняемой

работы и т.д.

НЕ безопасность кадрового класса определяется следующими НЕ факторами:

- недостаточная профессиональная подготовленность;

- малый стаж работы во вредных условиях труда;
- несоответствие работника занимаемой должности и т.д.

НЕ безопасность информационного класса определяется следующими НЕ факторами:

- отсутствие предупредительных плакатов
- отсутствие знаков безопасности ;
- отсутствие разметки;
- отсутствие ограждения опасных зон и т.д.

Еще одна система предпосылок к возникновению аварийной и травмоопасной обстановки представлена в табл. 1 [7].

Таблица 1. Факторы аварийности и травматизма на производстве

Группа	Факторы аварийности и травматизма	%	По группе
Технологии выполнения работ	Неудобство технологии подготовки и проведения работ	3,8	7,8
	Неудобство ремонта и технического обслуживания	2	
	Сложность алгоритма действий человека	1,2	
	Необходимость нахождения в потенциально опасной зоне	0,8	
Работающие (человек)	Слабые навыки действий персонала в сложной ситуации	12,7	50,1
	Неумение оценить информацию о состоянии процесса	12,3	
	Слабые знания сущности происходящих процессов	7,3	
	Технологическая недисциплинированность	8	
	Отсутствие самообладания в условиях стресса	5,6	
	Другие недостатки работающих	4,2	
Условия среды	Дискомфорт среды по физико-химическим параметрам	2,8	16,6
	Низкое качество информационной модели состояния среды	4,8	
	Возможность опасных воздействий на человека и машину	9	
Оборудование (техника)	Низкое качество конструкции рабочих мест	6	18,1
	Неучет особенностей работоспособности человека	1,5	
	Высокая энергоемкость источника энергии	0,7	
	Возможность возникновения опасных отказов	8	
	Другие факторы оборудования (техники)	1,9	
Проч ее	Прочие факторы	7,4	7,4
Итого		100	100

Легко видеть, что и в том и в другом случае возникновение и развитие неблагоприятной ситуации обусловлено «НЕ-факторами»: недоработками, неполной/некачественной реализацией соответствующих мероприятий, низкой

подготовленностью персонала, отсутствием подходящих условий труда и т.п., которые естественным образом формализуются в рамках предлагаемого подхода. При этом понятие ценности позволяет учесть значимость каждого фактора для соответствующей подсистемы, а сам подход – объявлять некоторые факторы ключевыми, способными обесценить всю систему в целом. Беря любое из этих представлений за основу, получаем следующую систему оцениваемых фактов и продукций (воспользуемся первым подходом на основе классов факторов).

База знаний (БЗ) представляет собой следующую систему оцениваемых факторов и продукций. Причины повреждения здоровья работников – это недоработки в каких-либо мероприятиях по обеспечению безопасности труда.

Перечисленные ниже мероприятия позволяют обеспечить безопасность труда.

Организационный класс факторов:

- требования по охране труда и промышленной безопасности выполняются;
- обучение и инструктаж персонала проводятся своевременно и качественно;
- имеется проект работ, инструктажей по охране труда;
- удовлетворительная организация рабочих мест;
- режим труда и отдыха соблюдается.

Технический класс факторов:

- оборудование и приспособления исправны;
- отсутствуют конструктивные недоработки и несовершенство оборудования;
- имеются средства механизации, автоматизации;
- имеются и исправны ограждающие, предохранительные, блокирующие и другие устройства;

- технологический процесс с необходимой степенью совершенен;
- соблюдаются сроки планово-предупредительных ремонтов и др.;
- эргономика рабочих мест удовлетворительна;
- технологический процесс соблюдается;
- имеются и правильно используются средства индивидуальной защиты;
- техническое состояние оборудования удовлетворительное.

Класс ОПФ и ВПФ:

- благоприятные параметры производственного микроклимата;
- освещение качественное, соответствует нормам;
- шум и вибрация в норме;
- отсутствие монотонных условий труда;
- концентрация вредных веществ в норме;
- напряженность и тяжесть трудового процесса в норме;
- напряженность электрических и электромагнитных полей в норме;
- вредные излучения отсутствуют.

Психофизиологический класс факторов:

- утомляемость работников в норме;
- внимательность в норме;
- психологические особенности работников соответствуют условиям выполняемой работы;
- скорость реакции в норме;
- стрессоустойчивость в норме;
- дисциплинированное и ответственное отношение к выполняемым обязанностям.

Кадровый класс факторов:

- дисциплина труда высокая;

- работники профессионально подготовлены;
- необходимый стаж работы во вредных условиях труда;
- соответствие работника занимаемой должности и др.

Когнитивный класс факторов:

- знание и понимание своей роли в технологической цепи;
- знание технического регламента производства;
- знание нормативно-правовых актов по охране труда и промышленной безопасности;
- знание правил использования средств индивидуальной защиты;
- знание правил поведения в нештатных ситуациях;
- знание и понимание персоналом причин и последствий несчастных случаев и т.д.

Информационный класс факторов:

- наличие предупредительных плакатов
- наличие знаков безопасности ;
- наличие разметки
- наличие ограждение опасных зон и т.д.

Утверждения о состоянии классов факторов, определяющих безопасность труда (промежуточные агрегирующие факты):

- организационные мероприятия обеспечены;
- технические условия в норме;
- ОПФ и ВПФ в норме;
- психофизиологическое состояние работников в норме;
- профессиональная подготовленность работников в норме;
- работники владеют необходимыми знаниями по охране труда и промышленной безопасности;

- информационные обозначения опасностей имеются.

Итоговый агрегирующий вывод: промышленная безопасность и охрана труда на предприятии обеспечены и система защиты работников от опасных факторов и травм в норме.

Используя перечисленные факты, скомпонуем их в соответствующие продукции. Продукция – это конструкция вида: Если $A \rightarrow B$.

НЕ доработка базового фактора, влечет за собой НЕ доработку соответствующего класса факторов.

Приведем лишь несколько продукции по базовым факторам организационного класса:

- НЕ(верно, что)-«обучение и инструктаж персонала проводятся своевременно и качественно» $\rightarrow$ Не(верно, что)-«организационные мероприятия обеспечены»;
- НЕ-«имеется проект работ, инструктажей по охране труда» $\rightarrow$ Не-«организационные мероприятия обеспечены»;
- НЕ-«рабочие места организованы удовлетворительно» $\rightarrow$ Не-«организационные мероприятия обеспечены»;
- НЕ-«технологический процесс соблюдается» $\rightarrow$ Не-«организационные мероприятия обеспечены»;
- НЕ-«дисциплина труда высокая» $\rightarrow$ Не-«организационные мероприятия обеспечены»;
- НЕ-«режим труда и отдыха соблюдается» $\rightarrow$ Не-«организационные мероприятия обеспечены»;
- НЕ-«имеются и правильно используются средства индивидуальной защиты» $\rightarrow$ Не-«организационные мероприятия обеспечены».

По остальным группам факторов продукции строятся аналогично. Кроме того, необходимы агрегирующие продукции:

- НЕ-«организационные мероприятия обеспечены» → Не-«промышленная безопасность и охрана труда обеспечены»;
- НЕ-«технические условия в норме» → Не-«промышленная безопасность и охрана труда обеспечены»;
- НЕ-«ОПФ и ВПФ в норме» → Не-«промышленная безопасность и охрана труда обеспечены»;
- НЕ-«психофизиологическое состояние работников в норме» → Не-«промышленная безопасность и охрана труда обеспечены».
- НЕ-«профессиональная подготовленность работников в норме» → Не-«промышленная безопасность и охрана труда обеспечены»;
- НЕ-«работники владеют необходимыми знаниями по охране труда и промышленной безопасности» → Не-«промышленная безопасность и охрана труда обеспечены»;
- НЕ-«информационные обозначения опасностей имеются» → Не-«промышленная безопасность и охрана труда обеспечены»;

Логический вывод – расчет агрегата. Истинность исходных фактов оценивается по шкале $[0,1]$, или, что более удобно, по целочисленной шкале $0 \div 100$. Истинность промежуточных (здесь это агрегирующие факты) – по правилу *modus ponens* с учетом расчета истинности заключения на основе истинности посылок:

$$\neg A, \neg A \rightarrow \neg B \vdash \neg B: \|\neg B\| = \|\neg A\| \cdot \|\neg A \rightarrow \neg B\|.$$

Здесь символ $\vdash$ отделяет посылки от заключения; после двоеточия указан способ расчета истинности заключения; $\|\neg A\|$ – истинность отрицания факта А, $\|\neg A \rightarrow \neg B\|$ – истинность импликации «Если НЕ-..., то НЕ-...» (ценность А для В).

Агрегирование выполняется с помощью правила объединения свидетельств, которое, с учетом вероятностно характера событий, целесообразно брать в виде:

$$\|\neg B\| = \|\neg B\|1 + \|\neg B\|2 - \|\neg B\|1 \cdot \|\neg B\|2;$$

$\|\neg B\|1$ и $\|\neg B\|2$ – значения истинности отрицания В, полученные по разным цепочкам вывода.

$$\text{Искомое агрегированное значение: } \|B\| = 1 - \|\neg B\|.$$

Риск, только это будет уже не «вероятностный», а своего рода «нечеткий» риск, может быть рассчитан как произведение итоговой агрегированной оценки системы на ущерб от возникновения соответствующего события.

Рассмотрим построение логического вывода на примере. Пусть факт $A1$ = «организационные мероприятия обеспечены». Оценка аудитора степени влияния организационного класса факторов на безопасность и охрану труда – «хорошо» (0,8). $A2$ = «технические условия в норме», оценка аудитора степени влияния технического класса факторов на безопасность и охрану труда – «отлично» (0,9).

B = «промышленная безопасность и охрана труда обеспечены». По экспертным оценкам ценность $A1$ для B = 0,4; ценность $A2$ для B = 0,5.

$$\text{Шаг вывода 1: } \neg A1, \neg A1 \rightarrow \neg B \vdash \neg B: \|\neg B\| = 0,2 \cdot 0,4 = 0,08.$$

$$\text{Шаг вывода 2: } \neg A2, \neg A2 \rightarrow \neg B \vdash \neg B: \|\neg B\| = 0,1 \cdot 0,5 = 0,05.$$

Шаг вывода 3: Результирующая степень уверенности, что произойдет событие

$$\neg B: \|\neg B\| = 0,08 + 0,05 - 0,08 \cdot 0,05 = 0,09.$$

Дефицит обеспеченности всех мероприятий по промышленной безопасности 9 %.

Шаг вывода 4: «промышленная безопасность и охрана труда обеспечены, система защиты работников от профессионального повреждения» = $1 - 0,09 = 0,91$ «отлично».

Заключение. Методика логико-аксиологического оценивания позволяет строить агрегированные оценки состояния системы безопасности и предупреждения травматизма на предприятиях. Методика реализуется на основе технологии ЭС и опирается на НЕ-факторы, как причину возникновения рискованной ситуации, выражающейся в повреждении здоровья работников. В дальнейшем необходимо провести анкетирование специалистов-экспертов с целью определения необходимых ценностей факторов и провести аудиторскую оценку обеспеченности классов факторов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аджели Мохамед Али. Методы. Алгоритмы и модели базовых модулей статистического и нечеткого моделирования сложных систем: автореф. дис. ...канд. техн. наук. Казань. 2001. 20 с.
2. Арсланов Р.Н. Разработка экономического механизма стратегического управления профессиональными рисками химического предприятия: автореф. дис. ...канд. экон. наук. М. 2005. 19 с.
3. Аршинский Л.В. Логико-аксиологический подход к оценке состояния систем // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2013. № 3(39). С.140-146.
4. Асламова Е.А. Некоторые подходы к оценке риска // Транспортная инфраструктура Сибирского региона: материалы Шестой международной научно-практической конференции, посвященной 40-летию со дня образования Иркутского государственного университета путей сообщения, в 2 т., Т. 1. Иркутск: ИрГУПС. 2015. С. 111-115.
5. Балабаев М.А. Когнитивные нечетко-логические модели и комплекс программ оценки техногенно-природных рисков: автореф. дис. ...канд. техн. наук. М. 2007. 22 с.
6. Балдин К.В. Риск-менеджмент: учебное пособие. М.: Эксмо. 2006. 368 с.
7. Белов П. Г. Управление рисками, системный анализ и моделирование. В 2 т. Т 1: учебник и практикум для бакалавриата и магистратуры. М.: Изд-во Юрайт. 2014. 460 с.
8. Ваганов П.А., Им. Ман-Сунг. Экологические риски: учебное пособие. Изд-е 2-е. СПб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та. 2001. 152 с.
9. Григорьева С.В. Оценка риска стратегической устойчивости предприятия с использованием нечетких множеств // Вестник Казанского ГАУ. 2014. № 1(31). С. 11-15.
10. Ел-Марсафави Т.О.М.Д. Вероятностный подход к построению функции принадлежности нечеткого множества по результатам наблюдений в системах принятия решений: автореф. дис. ...канд. техн. наук. Владимир. 2005. 16 с.
11. Зайцева Ж.В. Методические основы нечетко-когнитивного управления коммерческими рисками предприятий пищевой промышленности в условиях неопределенности: автореф. дис. ...канд. экон. наук. М. 2008. 24 с.
12. Корчунов А.Г. Методология управления показателями качества продукции в технологиях метизного производства на основе моделей с нечеткой логикой: автореф. дис. ...докт. техн. наук. Магнитогорск. 2010. 37 с.
13. Кузнецова С.Н. Методы проектирования математического обеспечения систем прогнозирования природных, техногенных и экологических рисков: автореф. дис. ...канд. техн. наук. Санкт-Петербург, 2009. 20 с.
14. Мазеин С.А. Оценка профессиональных рисков (задачи, этапы, подходы, возможные решения). Режим доступа: <http://www.icgrp.ru/docs/list/article/?action=showproduct&id=89> (дата обращения 2.09.2015).
15. Методика анализа и оценки профессиональных рисков для работников ОАО "РЖД". Утверждена Распоряжением ОАО "РЖД" от 11.02.2016 № 252р.

16. Нестеров В.Л., Радченко В.И., Русакова Е.А. Определение рисков чрезвычайных происшествий на предприятиях железнодорожного транспорта // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. 2009. № 4. С. 22-30.
 17. Ригер Т.В., Сапрыкина Н.В., Демин В.И., Истошина Н.Ю. Разработка системы управления охраной труда на малых предприятиях пищевого профиля // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2016. № 1 (349). С. 113-117.
 18. Саяпин В.В. Логико-лингвистические модели, алгоритмы и комплексы программ прогнозирования выбросов крупнотоннажных химических производств : автореф. дис. ... канд. техн. наук. М., 2002. 16 с.
 19. Ульянов В.А. Повышение безопасности труда на железнодорожном транспорте на основе снижения негативных воздействий человеческого фактора: дис. ...канд. техн. наук. М. 2013. 143 с.
 20. Филиппов А.А, Пачурин Г.В., Щенников Н.И., Курагина Т.И. Производственный травматизм и направления его профилактики // Современные наукоемкие технологии. 2016. № 1. С. 45-50.
 21. Хрупачев А.Г. Концепция эколого-профессионального риска, генерируемого производственными объектами, и его количественная оценка: автореф. дис. ...докт. техн. наук. Тула, 2003. 43 с.
-

UDK 665.6 + 621.515+ 331.461

**METHODOLOGY OF AGGREGATED ASSESSMENT OF THE PROTECTION
OF EMPLOYEES FROM PROFESSIONAL DAMAGE BASED
ON KNOWLEDGE TECHNOLOGIES**

Elizaveta A. Aslamova

Postgraduate student, e-mail: liza.Ocean@mail.ru

Leonid V. Arshinsky

Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department "Information Systems and information protection», e-mail: larsh@mail.ru

Irkutsk State Transport University, 15 Chernyshevsky avenue, Irkutsk, 664074, Russia

Abstract. The paper presents a classification of methods for modeling the risks of emergencies and discusses the features of developing the knowledge base of the expert system of the aggregate assessment of the state of the production safety system based on the use of the logico-axiological approach. The idea is based on the idea that a decrease in the quality of the functioning of such a system, due to the presence of "NE-factors": shortcomings, incomplete / poor-quality implementation of appropriate measures, lack of suitable working conditions, etc., leads to occupational injury (occupational diseases, occupational traumatism) Workers. According to the method used, their influence is formalized by products of the type $\neg A \rightarrow \neg B$.

Keywords: Aggregated estimation, fuzzy logic, attached output, expert system, operational safety, emergency, professional defeat.

References

1. Adhli Mohamed Ali. Методы. Методы. Алгоритмы и модели базовых модулей статистического и нечеткого моделирования сложных систем. Автореферат дис. ... канд. техн. наук [Methods. Algorithms and models of basic modules of statistical and fuzzy modeling of complex systems. Abstract of the dis ... cand. tech. sciences]. Kazan, 2001. 20 p. (in Russian)
2. Arslanov R.N. Разработка экономического механизма стратегического управления профессиональными рисками химического предприятия. Автореферат дис. ...канд. экон. наук [Development of an economic mechanism for the strategic management of the professional risks of a chemical enterprise. Abstract of the dis ... econ. cand. sciences]. Moscow. 2005. 19 p. (in Russian)
3. Arshinsky L.V. Логико-аксиологический подход к оценке состояния систем [Logic-axiological approach to assessing the state of systems] // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. = Modern technologies. System analysis. Modeling. 2013. No. 3 (39). Pp.140-146. (in Russian)
4. Aslamova E.A. Некоторые подходы к оценке риска [Some approaches to risk assessment] // Транспортная инфраструктура Сибирского региона: материалы Шестой международной научно-практической конференции, посвященной 40-летию со дня образования Иркутского государственного университета путей сообщения, 30 сентября – 03 октября 2015 г. Иркутск: в 2 т., Т. 1. = Transport infrastructure of the Siberian region: materials of the Sixth International Scientific and Practical Conference dedicated to the 40th anniversary of the foundation of the Irkutsk State University of Railway Traffic, September 30 - October 03, 2015 Irkutsk: 2 tons. , Т. 1. Irkutsk: IrGUPS. 2015. Pp. 111-115. (in Russian)
5. Balabaev M.A. Когнитивные нечетко-логические модели и комплекс программ оценки техногенно-природных рисков. Автореферат дис. ...канд. техн. наук. [Cognitive fuzzy logic models and a complex of programs for assessing man-caused natural hazards. Abstract of the dis. ... cand. tech. science]. Moscow. 2007. 22 p. (in Russian)
6. Baldin K.V. Риск-менеджмент: Учебное пособие [Risk management: Textbook]. Moscow. Eksmo Publ. 2006. 368 p. (in Russian)
7. Belov P.G. Управление рисками, системный анализ и моделирование [Risk management, system analysis and modeling: a training manual]. Moscow: Publishing House Yurayt, 2014. 460 p. (in Russian)
8. Vaganov PA, Im. Man-Sung. Экологические риски: учебное пособие [Ecological risks. Textbook]. St. Petersburg: Publishing house S.-Petersburg University. 2001. 152 p. (in Russian)
9. Grigorieva S.V. Оценка риска стратегической устойчивости предприятия с использованием нечетких множеств [Assessment of the risk of strategic stability of an enterprise using fuzzy sets] // Вестник Казанского ГАУ. = Bulletin of the Kazan State Automobile Inspection. 2014. No. 1 (31). Pp. 11-15. (in Russian)
10. El-Marsafavi T.M.D. Вероятностный подход к построению функции принадлежности нечеткого множества по результатам наблюдений в системах принятия решений. Автореф. дис. ...канд. техн. наук [A probabilistic approach to constructing the membership function of a fuzzy set from the results of observations in decision-making systems. Abstract of the dis. ... cand. tech. science]. Vladimir. 2005. 16 p. (in Russian)
11. Zaitseva Zh.V. Методические основы нечетко-когнитивного управления коммерческими рисками предприятий пищевой промышленности в условиях неопределенности. Автореф. дис. ...канд. экон. наук [Methodical bases of fuzzy-cognitive management of

- commercial risks of food industry enterprises in conditions of uncertainty. The author's abstract. Dis. ... cand. Econ. Sciences]. Moscow. 2008. 24 p. (in Russian)
12. Korchunov A.G. Методология управления показателями качества продукции в технологиях метизного производства на основе моделей с нечеткой логикой. Автореферат дис. ... докт. техн. наук [The methodology of managing the quality indicators of products in the technology of hardware production on the basis of models with fuzzy logic. Abstract of the dis ... doct. tech. sciences]. Magnitogorsk. 2010. 37 p. (in Russian)
 13. Kuznetsova S.N. Методы проектирования математического обеспечения систем прогнозирования природных, техногенных и экологических рисков. Автореферат дис. ... канд. техн. наук [Methods of designing the mathematical support of systems for forecasting natural, technogenic and environmental risks. Abstract of the dis. ... cand. tech. science]. St. Petersburg, 2009. 20 p. (in Russian)
 14. Masein S.A. Оценка профессиональных рисков (задачи, этапы, подходы, возможные решения) [Assessment of professional risks (tasks, stages, approaches, possible solutions)]. Access mode: <http://www.icgrp.ru/docs/list/article/?action=showproduct&id=89> (circulation date 2.09.2015).
 15. Методика анализа и оценки профессиональных рисков для работников ОАО "РЖД". Утверждена Распоряжением ОАО "РЖД" от 11.02.2016 № 252р [Methodology for the analysis and assessment of occupational risks for employees of JSC Russian Railways. It is approved by the Order of JSC Russian Railways of 11.02.2016 No. 252r].
 16. Nesterov V.L., Radchenko V.I., Rusakova E.A. Определение рисков чрезвычайных происшествий на предприятиях железнодорожного транспорта [Identification of the risks of emergency incidents at railroad enterprises] // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций = Problems of safety and emergency situations. 2009. № 4. Pp. 22-30. (in Russian)
 17. Riger T.V., Saprykina N.V., Demin V.I., Istoshina N.Yu. Разработка системы управления охраной труда на малых предприятиях пищевого профиля [Development of a labor protection management system for small food enterprises] // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология = Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii. Food technology. 2016. No. 1 (349). Pp. 113-117. (in Russian)
 18. Sayarin V.V. Логико-лингвистические модели, алгоритмы и комплексы программ прогнозирования выбросов крупнотоннажных химических производств. Автореферат дис. ... канд. техн. наук [Logico-linguistic models, algorithms and complexes of programs for projecting emissions of large-tonnage chemical productions. Abstract of the dis. ... cand. tech. science]. Moscow. 2002. 16 p.
 19. Ulyanov V.A. Повышение безопасности труда на железнодорожном транспорте на основе снижения негативных воздействий человеческого фактора. Дис. ... канд. техн. наук [Increase of labor safety in rail transport on the basis of reducing the negative impacts of the human factor. Dis. ... cand. tech. science]. Moscow. 2013. 143 p. (in Russian)
 20. Filippov A.A., Pachurin G.V., Shchennikov N.I., Kuragina T.I. Производственный травматизм и направления его профилактики [Industrial injuries and the direction of its prevention] // Современные наукоемкие технологии = Modern science-intensive technologies. 2016. № 1. Pp. 45-50. (in Russian)
 21. Khrpachev A.G. Концепция эколого-профессионального риска, генерируемого производственными объектами, и его количественная оценка. Автореферат дис. ... докт. техн. наук [The concept of environmental and occupational risk generated by production facilities, and its quantitative assessment. Abstract of the dis. ... doct. tech. science]. Tula, 2003. 43 p. (in Russian)

СЕРВИС-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ СРЕДСТВА РАСПРЕДЕЛЕННОГО РЕШЕНИЯ ДЕКОМПОЗИРУЕМЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ ЗАДАЧ

Опарин Геннадий Анатольевич

Д.т.н., проф., зам. дир., e-mail: oparin@icc.ru

Богданова Вера Геннадьевна

К.т.н., доцент, с.н.с., e-mail: bvg@icc.ru

Пашинин Антон Алексеевич

М.н.с., e-mail: apcrol@gmail.com

Институт динамики систем и теории управления имени В.М. Матросова Сибирского
отделения Российской академии наук (ИДСТУ СО РАН), 664033
г. Иркутск ул. Лермонтова, 134

Аннотация. Актуальность применения параллельных технологий в высокопроизводительных вычислениях обуславливает цель исследования, состоящую в разработке инструментальных средств автоматизации создания и поддержки функционирования научных сервис-ориентированных приложений, предназначенных для параллельного решения ресурсоемких вычислительных задач, декомпозируемых на слабосвязанные подзадачи, в распределенной вычислительной среде. Рассматривается пример применения разработанных средств для решения задачи параметрического синтеза стабилизирующей обратной связи для линейного объекта.

Ключевые слова: мультиагентная система, сервис, обратная связь.

Введение. Сложность современных гетерогенных распределенных вычислительных систем (ГРВС) препятствует широкому использованию их возможностей специалистами предметных областей (ПО) и способствует развитию специализированных подходов к разработке распределенных приложений, освобождающих конечного пользователя от необходимости погружаться в детали технической реализации. Такая тенденция актуализирует развитие технологий сервис-ориентированного доступа к ресурсам среды и научным приложениям [14]. Многие из этих приложений реализованы как workflow (WF). По этой причине наблюдается тенденция развития систем управления потоком работ [9, 15, 16]. Несмотря на многообразие подобного инструментария, ряд вопросов по-прежнему остается актуальным. К этим вопросам относится интеграция знание-ориентированного подхода к созданию приложения, децентрализованного управления выполнением сервисов приложения (более предпочтительного в распределенных средах для обеспечения масштабируемости), возможности выбора способов доступа к компонентам приложения, средств описания логики вычислительных схем не программным, а декларативным путем, обработки WF, имеющих как статическую, так и динамическую структуру, в рамках единой инструментальной среды. В статье рассматриваются связанные с этими вопросами аспекты реализации в среде HPCSOMAS Framework [6] сервис-ориентированных приложений, предназначенных для решения задач, отвечающих следующим условиям: высокая

вычислительная сложность, необходимость использования высокопроизводительной техники для их решения, возможность декомпозиции на слабосвязанные в вычислительном отношении подзадачи. В качестве примера приводится описание разработанного с помощью HPCSOMAS Framework сервиса для решения декомпозируемой задачи параметрического синтеза стабилизирующего регулятора для линейного динамического объекта. Следует отметить, что в настоящее время происходит интенсивное развитие и усложнение управляемых динамических систем. Синтез закона управления для подобных объектов часто связан со значительными трудностями вычислительного характера [11]. Несмотря на большое количество существующих методов [13], задача анализа и синтеза различных классов таких систем остается актуальной, так как все еще остаются нерешенными вопросы, связанные с использованием высокопроизводительных ресурсов для решения трудоемких задач рассматриваемой области и организацией управления их параллельным решением в ГРВС.

1. Архитектура hpcsomas-приложения. Методологической основой автоматизации построения сервис-ориентированных приложений на основе пакетов прикладных программ является использование подхода, базирующегося на знаниях. Можно выделить три концептуально обособленных слоя знаний: вычислительных, представленных библиотеками подпрограмм, снабженных спецификациями и реализующих методы решения задач рассматриваемой предметной области; схемных, отражающих набор понятий, необходимых для описания структурных особенностей и характеристик блоков математических моделей и алгоритмов их исследования; продукционных знаний, позволяющих в зависимости от свойств модели осуществить выбор наиболее приемлемых алгоритмов исследования, а также численных значений управляющих параметров этих алгоритмов. над которыми формируются постановки задач [8]. Концептуальная модель предметной области содержит описание взаимодействия следующих объектов: параметров, модулей, операций и продуктов. В разрабатываемых приложениях группируются объекты предметной области, соответствующие семейству близких по параметрам и операциям методов исследования. Сервис-ориентированное приложение, разработанное на основе HPCSOMAS Framework, содержит следующие компоненты:

- агенты, управляющие выполнением запроса пользователя;
- пользовательский агент, принимающий запрос и поддерживающий взаимодействие пользователя с системой;
- проблемно-ориентированные вычислительные агенты, реализующие методы исследования математических моделей предметной области;
- расчетные схемы.

1.1. Системные компоненты приложения. Агенты системной части образуют ролевую иерархическую мультиагентную систему (МАС). На первом уровне находится пользовательский агент, предоставляющий средства для постановки задачи, на среднем уровне находится основной агент системы (hpcsomas-агент), устанавливаемый на вычислительный ресурс. Тот hpcsomas-агент, на который поступил запрос пользователя, выступает в роли агента-менеджера. Остальные hpcsomas-агенты выступают в роли локальных агентов, представляющих ресурс. Агент-менеджер совместно с локальными агентами осуществляет децентрализованное управление распределением потока заданий,

возникающих в результате декомпозиции задачи пользователя, на вычислительные ресурсы, представляемые этими агентами. Системные реактивные агенты третьего уровня контролируют права доступа пользователя к вычислительным ресурсам, к данным, организуют выполнение заданий на вычислительных ресурсах в соответствии с планом распределения. В случае обработки задания, полученного в результате декомпозиции, исполнительный агент выступает в роли вычислительного агента. Роль системного агента исполнительный агент получает при выполнении системных заданий. Агенты реализованы в виде web-сервисов.

1.2. Предметно-ориентированные компоненты приложения. Вычислительные агенты представляют вычислительные модули предметной области и реализуются в виде сервисов. Вычислительные сервисы имеют тип «атомарный» и «композиционный», состоящий из композиции атомарных и вложенных композиционных сервисов. Расчетная схема (по существу, WF), соответствующая композиционному сервису, описывает план проведения вычислительного эксперимента для решения конкретной задачи ПО, строится на основе вычислительной модели ПО и задает логику выполнения композиции подзадач, каждой из которых соответствуют вычислительный модуль или вложенная расчетная схема. В [4] приведены шаблоны расчетов, соответствующие типовым подзадачам, возникающим в процессе вычислительных экспериментов. На основе анализа разработки hpcsomas-приложений для решения задач параметрического синтеза стабилизирующей обратной связи для управляемых динамических систем [1, 2, 7, 12], качественного анализа двоичных динамических систем [3], решения нелинейных систем булевых уравнений [7] и имитационного моделирования систем массового обслуживания [5] основой описания расчетных схем были выбраны шаблоны типовых подзадач, которым соответствуют следующие базовые виды расчетов: последовательный, параллельный, альтернативный, статический многовариантный, динамический многовариантный, итеративный и составной, представляющие собой произвольный набор типовых расчетов, включая другие составные расчеты. В [4] отмечается, что такие шаблоны расчетных схем могут быть использованы в качестве элементов декомпозиции сложных вычислительных задач.

2. Декомпозиция вычислительных задач. Анализ разработки на основе представленного подхода сервис-ориентированных приложений для решения упомянутых выше задач позволил выделить ряд общих закономерностей декомпозиции задачи по данным. Назовем множество данных, которое нужно декомпозировать, декомпозируемым множеством. Пусть множество данных представлено диапазонами значений компонент n -мерного вектора $\mathbf{v} = \{v_1, v_2, \dots, v_N\}$, из области допустимых значений компонент $V = \{v_i : \underline{v}_i \leq v_i \leq \bar{v}_i, i = \overline{1, N}\}$ и $\underline{v}_i, \bar{v}_i \in R$ или $\underline{v}_i, \bar{v}_i \in B^2$. Тогда можно выделить режим формирования декомпозируемого множества (статический или динамический), способ декомпозиции и правила включения значений компонент вектора в декомпозируемое множество.

2.1. Способы декомпозиции. HPCSOMAS Framework автоматизирует следующие способы декомпозиции:

- *Декомпозиция числовой расчетной сетки*, построенной путем варьирования компонент вектора $\mathbf{v}$ в заданных диапазонах. Двумерная и трехмерная декомпозиция разбивает сетку вдоль координатных осей компонент вектора $\mathbf{v}$, n -мерная (сегментарная)

декомпозиция расчетной сетки делит сетку на n сегментов ($n = 2^N$, где N – количество компонент вектора v). Применяется так же выборочная сегментарная декомпозиция, когда в процесс расчетов для каждой подзадачи вовлекаются не все, а только обладающие заданным свойством точки многомерных сегментов сетки. В процессе декомпозиции в зависимости от количества доступных вычислительных ресурсов подзадачи могут укрупняться или детализироваться.

- *Декомпозиция с использованием маски.* В том случае, когда параметры, которые будут использоваться в расчетах, нельзя задать регулярным способом, применяется битовая маска, единичные разряды которой задают номера компонент вектора v , значения которых будут использованы для получения декомпозируемого множества. Правило построения этого множества из значений задается параметром сервиса создания вычислительного слоя. Например, можно задать декартово произведение значений компонент, заданных маской.

- *Декомпозиция с использованием списка.* Такой способ декомпозиции используется, когда данные для подзадач уже подготовлены заранее и представлены списком файлов, архивом или находятся в списочных структурах в оперативной памяти.

- *Декомпозиция с использованием набора.* Такой способ декомпозиции применяется для задания набора независимых программ, которые могут выполняться параллельно в одном вычислительном слое.

Первые три способа декомпозиции применяются для распараллеливания по данным, последний способ – для обеспечения функционального параллелизма.

2.2. Средства декомпозиции. Декомпозиция используется в шаблонах множественного выбора и многовариантных шаблонах расчетных схем. Для описания логики выполнения расчетной схемы конфигурируемый набор системных сервисов HPCSOMAS Framework дополнен сервисами логики выполнения, реализующими базовые шаблоны. Эти сервисы содержат так же модификаторы, расширяющие набор базовых шаблонов. Сервисы логики выполнения в процессе интерпретации расчетной схемы распределяют подзадачи на вычислительные слои. Слой может содержать параллельно выполняемые элементы. Слои нумеруются в соответствии с подзадачами. Двойная нумерация (<номер слоя>. <номер нового слоя>) позволяет динамически создать новый слой между двумя существующими слоями. Системные сервисы логики выполнения созданы на основе библиотеки классов HPCSOMAS Framework. Разработаны следующие модифицируемые сервисы:

- CREATE PLAYER XXX – создание вычислительного слоя;
- DELETE PLAYER – снятие вычислительного слоя;
- JOIN – объединение результатов решения элементов параллельного слоя;
- CONDITION XXX – условие выполнения элемента слоя;
- REPEAT – повтор слоя;
- BRANCH XXX – множественный выбор веток расчетной схемы.

Базовые классы разработаны для разных вариантов декомпозиции исходной задачи на подзадачи. Обозначение «XXX» для каждого способа декомпозиции заменяется значениями модификаторов. При создании вычислительного слоя первый модификатор связан с режимом декомпозиции, второй зависит от способа декомпозиции, третий показывает, все ли элементы вычислительного слоя должны быть выполнены. Сервис создания

вычислительного слоя используется совместно с сервисом условия выполнения элемента слоя. Для сервиса условия модификаторы имеют другой смысл: тип условия, вид операции отношения, синхронизация в случае выполнения всех элементов слоя. Для сервиса множественного выбора отличается в сравнении с сервисом условия только третий модификатор, задающий необходимость слияния результатов. Рассмотренные модификаторы приведены в табл. 1. На основе базовых классов модифицируемых сервисов можно создавать собственные сервисы логики выполнения. Каждый системный сервис логики выполнения имеет параметры. Композитный сервис состоит из последовательности атомарных, композитных и системных сервисов логики выполнения.

Таблица 1. Модификаторы сервисов логики выполнения.

Сервис	X	X	X
CREATE PLAYER	Static/Dynamic S D	Grid/Mask/List/Set G M L S	All elements/Part A P
CONDITION	Arithmetical/Logical A L	EQ/NE/GT/LT/True E N G L T	Delete Layer/Wait D W
BRANCH	Arithmetical/Logical A L	EQ/NE/GT/LT E N G L	Joining results/Not joining J N

3. Пример. В качестве примера рассматривается задача о статическом регуляторе во выходе для линейной непрерывной динамической системы.

3.1. Постановка задачи. Задача о статическом регуляторе по выходу [12]: для системы

$$\dot{x} = Ax + Bu, \quad y = Cx \quad (1)$$

выяснить, можно ли ее стабилизировать обратной связью вида

$$u = Ky, \quad (2)$$

где $x \in R^{n_x}$ – состояние объекта; $u \in R^{n_u}$ – управление; $y \in R^{n_y}$ – измеряемый выход; n_x , n_u и n_y – размерности векторов x , u и y . Предполагается, что на матрицу K наложены интервальные ограничения $\underline{K} \leq K \leq \overline{K}$ (неравенства понимаются как покомпонентные). NP-сложность данной проблемы в общем случае установлена в [11]. Математическая формулировка задачи (1, 2): существует ли матрица K такая, что при данных матрицах A , B , C матрица замкнутой системы $A_c = A + BKC$ устойчива? Сервис для решения этой задачи реализует разработанный авторами алгоритм [2, 12]. Введем обозначения:

- N – количество параметров регулятора.
- $p = (p_1, p_2, \dots, p_N)$ – вектор параметров регулятора (элементы матрицы K).
- $P = \{p_i : \underline{p}_i \leq p_i \leq \overline{p}_i, i = \overline{1, N}\}$ – область допустимых значений параметров регулятора,

где $G = p_1 \times p_2 \times \dots \times p_N$ – сетка, построенная из областей допустимых значений.

- h – шаг изменения значений параметров;
- $s = (s_1, s_2, \dots, s_{2^N})$ – множество многомерных сегментов, полученных при декомпозиции G .

- $c = (c_1, c_2, \dots, c_{2^N})$ – множество векторов с координатами центров сегментов.
- $\lambda_i^j = \alpha_i^j + j\omega_i^j, i = \overline{1, n_x}, j = \overline{1, 2^N}$ – собственные значения спектра матрицы A_c в точке c_j .

- $p_{rt} = \{p_{rt_j} | p_{rt_j} = \max(\alpha_i^j), i = \overline{1, n_x}, j = \overline{1, 2^N}\}$ – вектор приоритетов сегментов.

Согласно разработанному алгоритму сначала к сеточному пространству параметров P применяется сегментарная декомпозиция. Затем в центре каждого сегмента вычисляется спектр матрицы A_c и приоритет сегмента, равный максимальной действительной части собственных чисел спектра матрицы. Сегменты упорядочиваются по возрастанию приоритетов. Дальнейший поиск устойчивой точки осуществляется в каждом сегменте в соответствии с этим порядком. Если находится хотя бы одна устойчивая точка сетки в каком-либо сегменте, то решение задачи завершается с выдачей матрицы K и спектра матрицы A_c .

3.2. Расчетная схема сервиса для решения задачи. На рис. 1 показано применение рассмотренных выше средств декомпозиции задачи по данным для параллельного выполнения декомпозированной задачи о статическом регуляторе в ГРВС. В верхней части рисунка приведена схема вычисления устойчивости в точке z сеточного пространства параметров (**StubPoint**). В нижней части рисунка приведена схема алгоритма.

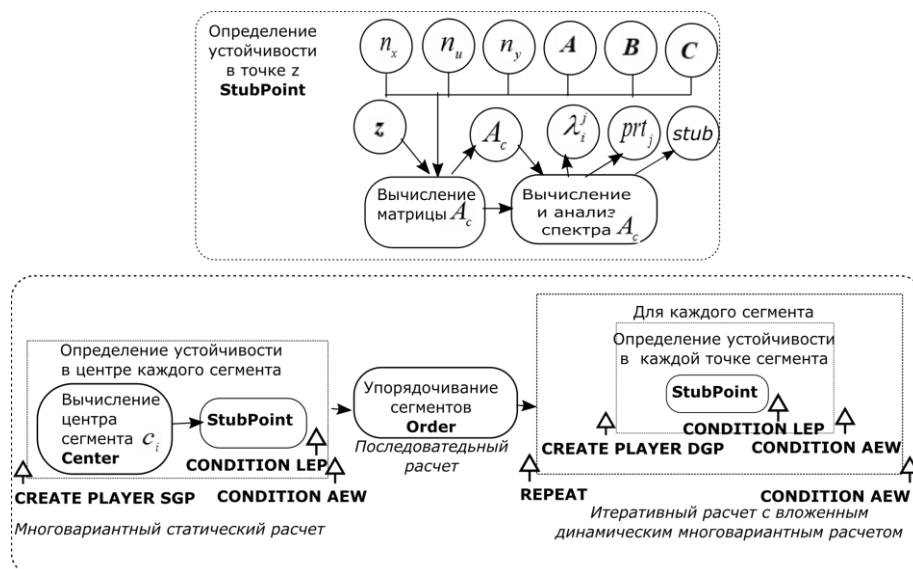


Рис. 1. Расчетная схема задачи о статическом регуляторе

В соответствии с алгоритмом схема **StubPoint** выполняется сначала для параллельного определения устойчивости в центрах сегментов. Вычислительный слой для параллельного выполнения схемы **StubPoint** организуется с помощью сервиса CREATE PLAYER SGP. В каждом элементе слоя после схемы **StubPoint** ставится сервис условия CONDITION LEP, проверяющий выходной параметр $stub$. Равенство $stub = TRUE$ означает, что матрица обратной связи найдена, в этом случае удаляются все оставшиеся подзадачи. В противном случае осуществляется переход к последовательному расчету **Oder**, а затем организуется итеративное выполнение (сервисами REPEAT и CONDITION AEW) вложенного динамического многовариантного расчета (границы сеточного пространства пересчитываются для каждой итерации) с вложенной расчетной схемой **StubPoint** и условием CONDITION LEP). Вычисления с помощью сервиса, реализующего описанную схему, выполнялись с использованием ресурсов Иркутского суперкомпьютерного центра [10]. Решение конкретных задач о статическом регуляторе по выходу приведены в [2, 12].

Заключение. Разработаны новые средства автоматизации параллельного решения декомпозируемых вычислительных задач в ГРВС, предоставляющие возможность декларативного и программного описания и управления WF, имеющих как статическую, так и динамическую структуру. Вычислительные эксперименты показали эффективность разработанного инструментария [2, 3, 7, 12].

Исследование выполнено при поддержке РФФИ, проект № 15-29-07955-офи_м, Программы 1.33П фундаментальных исследований Президиума РАН, проект "Разработка новых подходов к созданию и исследованию моделей сложных информационно-вычислительных и динамических систем с приложениями", и при частичной финансовой поддержке Совета по грантам Президента Российской Федерации для государственной поддержки ведущих научных школ Российской Федерации (НШ-8081.2016.9).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Богданова В.Г., Пашинин А.А. Инструментальные средства автоматизации разработки научных сервисов. Информационные и математические технологии в науке и управлении. 2016. № 4-1. С. 109-117.
2. Бычков И.В., Опарин Г.А., Феоктистов А.Г., Богданова В.Г., Сидоров И.А., Пашинин А.А. Мультиагентный подход к управлению сервис-ориентированными высокопроизводительными вычислениями // Вестник компьютерных и информационных технологий. 2016. № 9 (147). С. 35-41.
3. Опарин Г.А., Феоктистов А.Г., Богданова В.Г., Горский С.А., Пашинин А.А., Сидоров И.А. Параллельное решение задачи о статическом регуляторе для двоичных динамических систем // Параллельные вычислительные технологии – XI международная конференция, ПаВТ'2017, г. Казань, 3–7 апреля 2017 г. Короткие статьи и описания плакатов. Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2017. С.416-426.
4. Прохоров А. А., Назаренко А. М., Давыдов А. В. Шаблоны инженерных и научных расчетов. <http://ceur-ws.org/Vol-1787/403-409-paper-70.pdf>.
5. Феоктистов А.Г., Богданова В.Г., Пашинин А.А. Сервис для организации многовариантных расчетов при исследовании систем массового обслуживания // Информационные и математические технологии в науке и управлении: Тр. XX Байкальской Всерос. конф. Иркутск: Изд-во ИСЭМ СО РАН. – 2015. – Ч. II. – С. 37-44.
6. Bychkov I. V., Oparin G. A., Feoktistov A. G., Bogdanova V. G., Pashinin A. A. Service-Oriented Multiagent Control of Distributed Computations // Automation and Remote Control, vol. 76, no. 11, 2015, pp. 2000–2010.
7. Bychkov I., Oparin G., Feoktistov A., Bogdanova V., Sidorov I. The Service-Oriented Multiagent Approach to High-Performance Scientific Computing // Proceedings of the Sixth Conference on Numerical Analysis and Applications. June 15–22, 2016, Lozenetz, Bulgaria. LNCS, vol. 10187. P. 256-263.
8. Bychkov Igor, Oparin Gennady, Tchernykh Andrei, Feoktistov Alexander, Bogdanova Vera, Gorsky S. Conceptual Model of Problem-Oriented Heterogeneous Distributed Computing Environment with Multi-Agent Management // Procedia Computer Science. – 2017. - Vol. 103. - P. 162-167

9. Deelman E., Vahi K., Rynge M., Juve G., Mayani R., Ferreira da Silva R. // Pegasus in the Cloud: Science Automation through Workflow Technologies, IEEE Internet Computing, vol. 20, iss. 1, pp. 70-76, 2016.
10. Irkutsk Supercomputer Center of SB RAS. <http://hpc.icc.ru/> [online, accessed: 31-Jan-2017].
11. Nemirovskii A. A. Several NP-hard problems arising in robust stability analysis // Mathematics of Control, Signals, and Systems, vol. 6, 1993. pp. 99 – 105.
12. Oparin G., Feoktistov A., Bogdanova V., Sidorov I. Automation of multi-agent control for complex dynamic systems in heterogeneous computational network // AIP Conference Proceedings 1798, 020117 (2017); <http://doi.org/10.1063/1.4972709>
13. Somov Ye.I., Butyrin S., Oparin G.A., Bogdanova V.G. Methods and Software for Computer-Aided design of the Spacecraft Guidance, Navigation and Control Systems // MESA, vol. 7, no. 4, CSP - Cambridge, UK; I&S - Florida, USA, 2016, pp. 613-624.
14. Sukhoroslov O., Volkov S., Afanasiev A. A Web-Based Platform for Publication and Distributed Execution of Computing Applications // 14th International Symposium on Parallel and Distributed Computing (ISPD). IEEE, 2015, pp. 175-184.
15. Talia D. Workflow systems for science: concepts and tools. ISRN Software Engineering. Vol. 2013, Article ID 404525, 15 pages. <http://dx.doi.org/10.1155/2013/404525>
16. Wolstencroft K., Haines R., Fellows D., Williams A., Withers D., Owen S., Goble C. (2013). The Taverna workflow suite: designing and executing workflows of Web Services on the desktop, web or in the cloud. Nucleic Acids Research, 41(Web Server issue), W557–W561. <http://doi.org/10.1093/nar/gkt328>

UDK 004.421+004.4'2+004.771

SERVICE-ORIENTED TOOLS FOR DISTRIBUTED SOLUTION OF DECOMPOSABLE COMPUTATIONAL TASKS

Oparin G.A., Bogdanova V.G., Pashinin A.A.

(Matrosov Institute for System Dynamics and Control Theory of Siberian Branch of Russian Academy of Sciences)

Abstract. Currently, parallel technologies are actively used in high-performance computing. The purpose of the research is developing tools for automating the creation, and controlling scientific service-oriented applications intended for parallel solving resource-intensive computing tasks decomposed into loosely coupled subtasks in the heterogeneous distributed computational environment. An example of using developed tools for solving the problem of parametric synthesis of the stabilizing feedback for a linear object is considered.

Keywords: multi-agent system, composite service, feedback.

References

1. Bogdanova V. G., Pashinin A.A. Instrumentalnye sredstva avtomatizatsii razrabotki-nauchnykh servisov [Automation tools for scientific service developing] // Informacionnye i matematicheskie tekhnologii v nauke i upravlenii, 2016, No 4-1, pp. 109-117 (in Russian)
2. Bychkov I. V., Oparin G. A., Feoktistov A. G., Bogdanova V. G., Sidorov I.A., Pashinin A.A. Multiagentnyj podhod k upravleniyu servis orientirovannymi vysokoproizvoditelnymi vychisleniyami [Multyagent approach to service oriented high performance computing managing] // Vestnik Kompyuternyh i Informacionnyh Tekhnologij 2016, No 9 (147), pp. 35-41. (in Russian)
3. Oparin G. A., Feoktistov A. G., Bogdanova V. G., Gorsky S.A., Sidorov I.A., Pashinin A.A. Parallelnoe reshenie zadachi o staticheskom regulatore dlya dvoichnykh dinamicheskikh system parallelnye vychislitelnye tekhnologii [Parallel solution of static regulator problem for dynamical binary systems] // XI international conference, PAVT'2017 (Kazan, 3–7 April 2017) South Ural State University, Chelyabinsk, 2017, pp.416-426. (in Russian)
4. Prohorov A.A., Nazarenko A.M., Davidov A.V. Shablony inzhenernykh i nauchnykh-raschetov [Engineering and scientific calculation templates] url: <http://ceur-ws.org/Vol-1787/403-409-paper-70.pdf> (in Russian)
5. Feoktistov A. G., Bogdanova V. G Pashinin A.A. Servis dlya organizatsii mnogovariantnykh raschetov pri issledovanii system massovogo obsluzhivaniya [Service for organization of multivariate calculations for the investiagation of queuing systems] // Proceedings of XX conference Informacionnye i Matematicheskie Tekhnologii Vauke i Upravlenii, Irkutsk: ISEM SB RAS, 2015, p. II, pp. 37-44. (in Russian)
6. Bychkov I. V., Oparin G. A., Feoktistov A. G., Bogdanova V. G., Pashinin A. A. Service-Oriented Multiagent Control of Distributed Computations // Automation and Remote Control, vol. 76, no. 11, 2015, pp. 2000–2010.
7. Bychkov I., Oparin G., Feoktistov A., Bogdanova V., Sidorov I. The Service-Oriented Multiagent Approach to High-Performance Scientific Computing // Proceedings of the Sixth Conference on Numerical Analysis and Applications. June 15–22, 2016, Lozenetz, Bulgaria. LNCS, vol. 10187. P. 256-263.
8. Bychkov Igor, Oparin Gennady, Tchernykh Andrei, Feoktistov Alexander, Bogdanova Vera, Gorsky S. Conceptual Model of Problem-Oriented Heterogeneous Distributed Computing Environment with Multi-Agent Management // Procedia Computer Science. – 2017. - Vol. 103. - P. 162-167
9. Deelman E., Vahi K., Rynge M., Juve G., Mayani R., Ferreira da Silva R. // Pegasus in the Cloud: Science Automation through Workflow Technologies, IEEE Internet Computing, vol. 20, iss. 1, pp. 70-76, 2016.
10. Irkutsk Supercomputer Center of SB RAS. <http://hpc.icc.ru/> [online, accessed: 31-Jan-2017].
11. Nemirovskii A. A. Several NP-hard problems arising in robust stability analysis // Mathematics of Control, Signals, and Systems, vol. 6, 1993. pp. 99 – 105.
12. Oparin G., Feoktistov A., Bogdanova V., Sidorov I. Automation of multi-agent control for complex dynamic systems in heterogeneous computational network // AIP Conference Proceedings 1798, 020117 (2017);<http://doi.org/10.1063/1.4972709>

13. Somov Ye.I., Butyrin S., Oparin G.A., Bogdanova V.G. Methods and Software for Computer-Aided design of the Spacecraft Guidance, Navigation and Control Systems // MESA, vol. 7, no. 4, CSP - Cambridge, UK; I&S - Florida, USA, 2016, pp. 613-624.
14. Sukhoroslov O., Volkov S., Afanasiev A. A Web-Based Platform for Publication and Distributed Execution of Computing Applications // 14th International Symposium on Parallel and Distributed Computing (ISPD). IEEE, 2015, pp. 175-184.
15. Talia D. Workflow systems for science: concepts and tools. ISRN Software Engineering. Vol. 2013, Article ID 404525, 15 pages. <http://dx.doi.org/10.1155/2013/404525>
16. Wolstencroft K., Haines R., Fellows D., Williams A., Withers D., Owen S., Goble C. (2013). The Taverna workflow suite: designing and executing workflows of Web Services on the desktop, web or in the cloud. Nucleic Acids Research, 41(Web Server issue), W557–W561. <http://doi.org/10.1093/nar/gkt328>

WEB-СЕРВИС СИНТЕЗА ЛИНЕЙНОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ ДЛЯ ДВОИЧНЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Богданова Вера Геннадьевна

К.т.н., доцент, с.н.с., e-mail: bvg@icc.ru

Горский Сергей Алексеевич

К.т.н., н.с., e-mail: gorskysergey@mail.ru

Пашинин Антон Алексеевич

М.н.с., e-mail: apcrol@gmail.com

Институт динамики систем и теории управления имени В.М. Матросова Сибирского
отделения Российской академии наук (ИДСТУ СО РАН), 664033
г. Иркутск ул. Лермонтова, 134

Аннотация. В настоящее время активно развиваются исследования, связанные с разработкой распределенных сервис-ориентированных научных приложений. В статье представлен разработанный на основе платформы HPCSOMAS Framework композитный сервис для решения задачи синтеза линейного статического регулятора по состоянию, обеспечивающего устойчивость нулевого решения замкнутой линейной двоичной динамической системы. Сервис реализует новый логический метод, на основе которого задача синтеза сводится к проверке истинности квантифицированной булевой формулы (задача TQBF). Приводится архитектура композитного сервиса и аспекты его создания, связанные с технологией интеграции распределенных ресурсов. Рассматривается разработанный авторами параллельный решатель задачи TQBF. Приводятся результаты вычислительных экспериментов.

Ключевые слова: распределенное приложение, интеграция вычислительных ресурсов, сервис, обратная связь.

Введение. Возможности, предоставляемые современными высокопроизводительными системами для решения сложных вычислительных задач, способствуют тенденции разработки инструментальных средств, автоматизирующих использование таких ресурсов при проведении исследований в различных предметных областях, и технологий интеграции распределенных ресурсов [1]. Активно развиваются исследования, связанные с разработкой платформ для создания и исполнения сервис-ориентированных научных приложений [11, 15] в рамках парадигмы Cloud Computing [16], основанной на использовании сети удаленных серверов, размещенных в Интернете для хранения, управления и обработки данных. В последние годы появилась новая парадигма организации вычислений в облачной среде Dew Computing [14], при использовании которой локальный компьютер обеспечивает функциональность, не зависящую от облачных сервисов, а также совместную работу с облачными сервисами. Платформа HPCSOMAS Framework [7, 9] предоставляет возможности разработки сервис-ориентированных приложений как в рамках первой, так и в рамках второй парадигмы за счет гибких механизмов развертывания приложения на вычислительных ресурсах и использования независимых протоколов обмена сообщениями агентов созданной

на ее основе мультиагентной системы (МАС), являющейся управляющей компонентой приложения.

В статье представлена разработанная на основе платформы HPCSOMAS распределенная программная реализация нового логического метода [3] для решения задачи синтеза линейного статического регулятора по состоянию, обеспечивающего устойчивость нулевого решения замкнутой линейной двоичной динамической системы (ДДС). Полученное сервис-ориентированное композитное приложение (hpcsomas-приложение, или композитный сервис) для решения этой задачи включает атомарные сервисы построения булевой модели, конвертирования модели в требуемый формат и поиска решения задачи. Функции работы с булевой моделью поддерживаются ресурсами персонального компьютера, при поиске решения в случае большой размерности модели подключаются ресурсы распределенной вычислительной среды (РВС).

1. Задачи синтеза статического регулятора. Рассматривается линейная ДДС, векторно-матричное уравнение которой имеет вид

$$x^t = Ax^{t-1} \oplus Bu^{t-1}, \quad (1)$$

где x, u – соответственно вектор состояния и вектор управления ($x \in B^n, u \in B^m, B = \{0,1\}$), $t \in T = \{1, 2, \dots, k\}$ – дискретное время (номер такта), A – $(n \times n)$ двоичная матрица состояния, B – $(n \times m)$ двоичная матрица входа, операции сложения и умножения выполняются по mod 2.

Задача синтеза статического регулятора для (1) состоит в выборе закона управления из класса линейных обратных связей по состоянию вида

$$u^{t-1} = Px^{t-1}, \quad (2)$$

где P – двоичная матрица параметров регулятора соответствующего порядка, при котором состояние равновесия $x = 0$ замкнутой системы

$$x^t = A^c x^{t-1} = (A \oplus BP)x^{t-1} \quad (3)$$

является устойчивым. Положение равновесия $x = 0$ автономной системы (3) будем называть устойчивым, если для любого $x^0 \in B^n$ существует такой момент времени $t \in T$, что траектория $x(t, x^0)$ за t тактов достигает нулевого состояния: $x(t, x^0) = 0$. Очевидно, что $x(t, x^0) = 0$ для всех последующих моментов времени $t > k$.

Кратко этапы логического подхода [3] можно описать следующим образом. Спецификация требуемого динамического свойства замкнутой системы задается на языке формальной логики. Задача синтеза сводится к проверке истинности квантифицированной булевой формулы (задача TQBF) с последующим поиском матрицы обратной связи (задача SAT). Композитное приложение для решения рассматриваемой задачи было разработано в соответствии с обусловленными этими этапами функциональными требованиями.

2. Архитектура композитного приложения синтеза статического регулятора для ДДС. Композитное приложение состоит из следующих предметно-ориентированных сервисов:

- **Сервис построения булевой модели**, осуществляющий на основе заданных входных данных генерацию эквивалентной (3) системы уравнений

$$\phi(P, X) = \bigvee_{t=1}^k \bigvee_{i=1}^n \left(x_i^t \oplus \sum_{j=1}^n A_{ij}^c x_j^{t-1} \right) = 0, \quad (4)$$

где X – последовательность состояний $x^0, x^1, \dots, x^k$, а A_{ij}^c вычисляется по формуле:

$$A_{ij}^c = A_{ij} \oplus \sum_{r=1}^m B_{ir} P_{rj}.$$

Выражение в круглых скобках в (4) при фиксированных t, i представляет собой булеву функцию от переменных $x_i^t, x_1^{t-1}, x_2^{t-1}, \dots, x_n^{t-1}, p_{1j}, p_{2j}, \dots, p_{mj}$, представленную в алгебраической нормальной форме (АНФ).

- **Сервис конвертирования булевой модели** в TQBF вида

$$(\exists P)(\forall X)(\phi(P, X)) \vee \bigvee_{t=1}^k \bigwedge_{i=1}^n \overline{x_i^t}. \quad (5)$$

Если значение этой формулы равно 1 (т.е. «истина»), то существует хотя бы одно значение матрицы P , которое является решением задачи синтеза обратной связи. Для стандартных решателей задачи TQBF подкванторное выражение необходимо представить в конъюнктивной нормальной форме (КНФ). Для этого запишем отрицание формулы (5)

$$(\exists P)(\forall X)(\overline{\phi(P, X)}) \wedge \bigwedge_{t=1}^k \bigvee_{i=1}^n x_i^t. \quad (6)$$

В силу двойственности, если выражение (6) ложно, то выражение (5) истинно. Получение формулы $\overline{\phi(P, X)}$ для уравнения (4) осуществляется с помощью свободно распространяемых программных средств Sage Tutorial [13], использующихся в рассматриваемом сервисе для конвертирования уравнения АНФ=0 в уравнение КНФ=1.

- **Сервис поиска решения задачи TQBF** выполняет следующие функции:
 - последовательное решение задачи TQBF (для задач небольшой размерности) с помощью решателя DerQBF или параллельное решение задачи с помощью разработанного авторами специализированного параллельного решателя hpcqsat;
 - параллельное решение набора SAT-задач, полученных из задачи TQBF перебором всевозможных значений матрицы P , путем проведения многовариантных расчетов.

Сервисы композитного приложения являются повторно используемыми компонентами (могут быть включены в состав другого приложения), имеют программный интерфейс и web-интерфейс (могут работать автономно). В приложении сервисы скомпонованы с помощью программного интерфейса.

Композитное приложение синтеза обратной связи для системы, заданной уравнениями (1), (2), предоставляет пользователю web-интерфейс для формулирования постановки задачи, информирует пользователя о статусе задачи и возвращает результаты решения.

3. Способы развертывания hpcsomas-приложения. Развернуть приложение можно на стороне сервера, обеспечивая доступ к компонентам с помощью web-интерфейса, или на стороне клиента, обеспечивая локальный доступ к компонентам (рис. 1). Дополнительно обеспечивается связь между компонентами, установленными на вычислительных узлах с

внешним доступом, с узлами, к которым можно обратиться только по локальной сети. Для обеспечения безопасности взаимодействие компонент осуществляется путем использования ключей доступа, задаваемых в конфигурационных настройках. Планирование комплексного использования компонент приложения осуществляется на основе вычислительной модели предметной области, а выполнение спланированного потока работ осуществляется с помощью децентрализованного мультиагентного управления. Распределение этого потока на ресурсы РВС на уровне приложения пользователя производится совместно *hpcsomas*-агентами, установленными на вычислительные ресурсы.

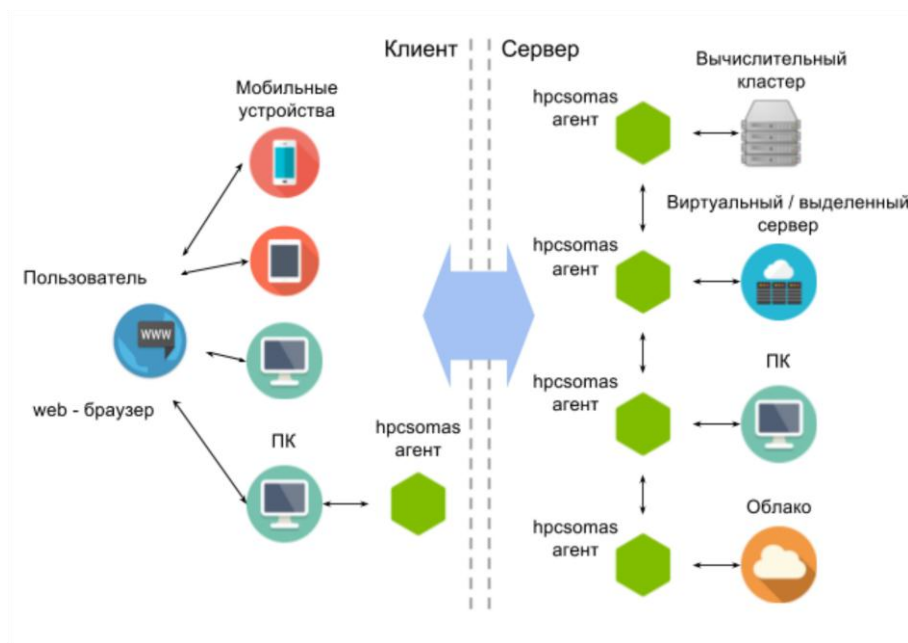


Рис. 1. Разворачивание *hpcsomas*-приложения.

Указание на выполнение действий по запуску заданий, распределенных на вычислительный ресурс, *hpcsomas*-агент отправляет своим исполнительным агентам. Стандартный сценарий работы исполнительного агента подразумевает запуск задания через консоль или постановку этого задания в очередь к СУПЗ вычислительного ресурса с последующим отслеживанием состояния выполнения. Реализация сервиса конвертирования булевой модели (далее сервиса SageMath) потребовала введения дополнительного сценария поведения исполнительного агента.

Для использования при конвертировании Sage Tutorial была выбрана версия этого продукта для виртуальных машин, не требующая установки значительного числа пакетов в существующую систему или непосредственной установки такой системы на компьютер пользователя. Поэтому потребовался исполнительный агент, связывающийся с виртуальной машиной под управлением Oracle VM Virtual Box [17], на которой запускается сервис SageMath с необходимыми параметрами и данными (рис. 2). Дополнительно был реализован сценарий поведения, при котором исполнительный агент связывается с SageMath на виртуальной машине при помощи протокола Secure Shell (SSH), что позволяет выполнять действия, аналогичные обычному взаимодействию исполнительных агентов с консолью на вычислительном ресурсе. Для передачи файлов при этом не потребовалось применять какие-либо протоколы, так как Virtual Box позволяет связать напрямую каталоги реальной машины с виртуальной.

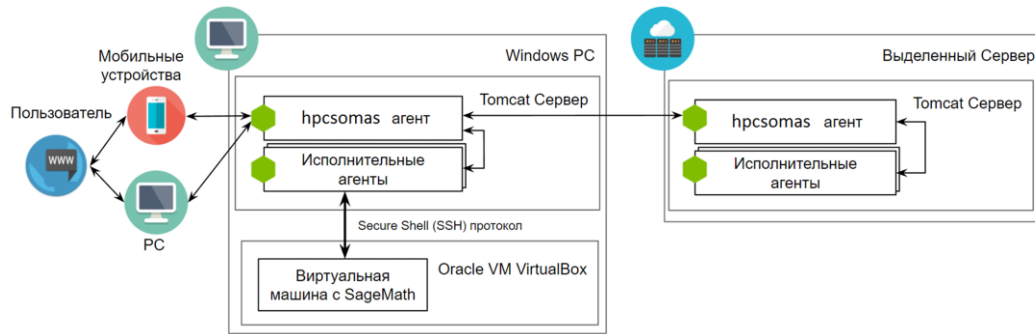


Рис. 2. Размещение hpcsomas-агентов для сервиса SageMath.

4. Параллельный решатель hpcqsat. Разработанный авторами параллельный решатель задачи TQBF позволяет, в отличие от известных решателей, найти матрицу обратной связи или выдать ответ, что обратной связи не существует, на этапе проверки истинности квантифицированной булевой формулы, позволяя исключить этап решения SAT-задачи. Решатель hpcqsat представляет собой MPI-приложение на языке C++ (рис. 3). Главный процесс приложения организует динамическую очередь подзадач, получаемых в результате расщепления модели исходной задачи по заданным булевым переменным. Для представления узла дерева и работы с ним разработан ряд методов, в том числе рекурсивных. Расщепление по каждой переменной образует две новые подзадачи (полученные введением унарного ограничения в задачу верхнего уровня и выводом переменной из-под знака квантора) в очереди на решение. В дочернем процессе могут запускаться препроцессор, упрощающий остаточную булеву функцию, полученную после расщепления, или последовательный решатель. Решатель, запускающийся на выполнение в дочернем процессе, будем называть базовым. В качестве базового решателя используется DepQBF [8].

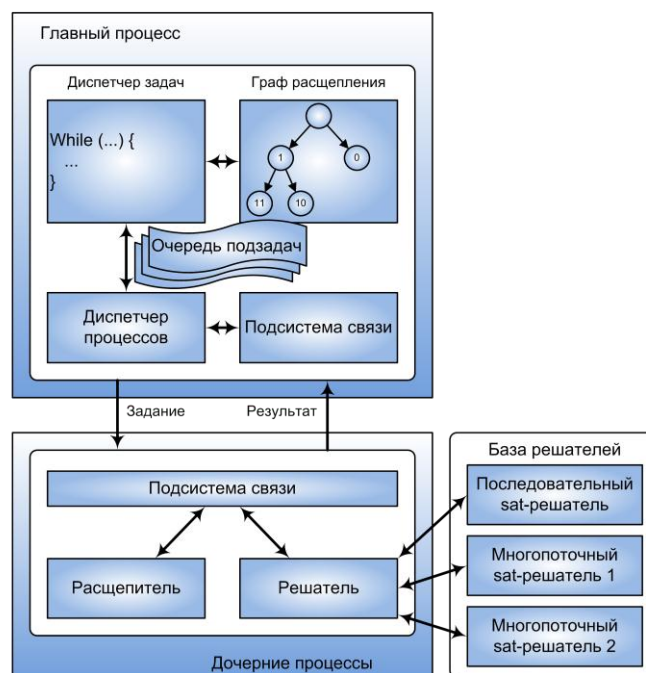


Рис. 3. Архитектура решателя hpcqsat.

В табл. 1 приведены статистические данные вычислительного эксперимента, проведенного с использованием ресурсов Иркутского суперкомпьютерного центра [2] для сравнения параллельного решателя hpcqsat с аналогичным параллельным решателем HordeQBF [5] и последовательным решателем DepQBF на ряде тестовых задач [12], подтверждающие работоспособность и эффективность разработанного решателя.

Таблица 1. Статистические данные решения тестовых задач.

Время решения (в секундах)	DepQBF	hpcqsat	HordeQBF
общее	1066,72	624,52	959,84
среднее	56,14	32,87	50,52
минимальное	0,01	0,08	1
максимальное	1014,02	565,18	921,57

Примеры использования сервиса синтеза обратной стабилизирующей связи для ДДС приведены в работах [3, 4, 10].

Заключение. Программная реализация логического метода для вычислительного кластера допускает естественное распараллеливание по данным и обеспечивает высокую масштабируемость при увеличении размерности задачи. Дальнейшее развитие исследований связывается с применением разработанного сервис-ориентированного приложения для решения задачи синтеза обратной связи для мономиальных ДДС, имеющих большое значение в исследовании генных регуляторных сетей [6], а также для других динамических свойств, которыми должна обладать замкнутая система управления.

Исследование выполнено при поддержке РФФИ, проект № 15-29-07955-офи_м, Программы 1.33П фундаментальных исследований Президиума РАН, проект "Разработка новых подходов к созданию и исследованию моделей сложных информационно-вычислительных и динамических систем с приложениями", и при частичной финансовой поддержке Совета по грантам Президента Российской Федерации для государственной поддержки ведущих научных школ Российской Федерации (НШ-8081.2016.9).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Жижимов О.Л., Федотов А.М., Шокин Ю.И. Технология интеграции разнородных информационных ресурсов // Пятая Международная Конференция «Системный анализ и информационные технологии» - САИТ-2013, Труды конференции. - Красноярск: ИВМ СО РАН, 2013. - Т.2. - С.129-136. - ISBN 978-5-9904056-3
2. Иркутский суперкомпьютерный центр. Режим доступа: <http://hpc.icc.ru/> (дата обращения 31.01.2016).
3. Опарин Г.А., Феоктистов А.Г., Богданова В.Г., Горский С.А., Пашинин А.А., Сидоров И.А. Параллельное решение задачи о статическом регуляторе для двоичных динамических систем // Параллельные вычислительные технологии – XI международная конференция, ПаВТ'2017, Короткие статьи и описания плакатов. Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2017. С. 416-426.
4. Опарин Г.А., Богданова В.Г., Горский С.А., Пашинин А.А. Методы и средства синтеза линейной обратной связи в двоичных динамических системах: логический подход //

- Аналитическая механика, устойчивость и управление: труды XI Международной Четаевской конференции. Т. 3. Секция 3. Управление. Ч. II. – Казань: КНИТУ-КАИ, 2017. С. 147-157.
5. Balyo T., Lonsing F. HordeQBF: A Modular and Massively Parallel QBF Solver / Proceedings of 19th International Conference, Bordeaux, France, LNCS. 2016. Vol. 9710. pp. 531-538. DOI 10.1007/978-3-319-40970-2_33.
6. Boolman D., Colon-Reyes O., Ocasio V.A., Orozco E. A control theory for Boolean Monomial dynamical systems // Discrete Event Dyn. Syst. 2010. Vol.20. pp. 19-35.
7. Bychkov, G. Oparin, A. Feoktistov, V. Bogdanova, A. Pashinin, "Service-Oriented Multiagent Control of Distributed Computations," Automation and Remote Control, vol. 76, no. 11. 2015. pp. 2000–2010.
8. Lonsing F., Biere A. DepQBF: A Dependency-Aware QBF Solver // Journal of Satisfiability, Boolean Modeling and Computation. 2010. Vol. 9. pp. 71-76.
9. Oparin G., Feoktistov A., Bogdanova V., Sidorov I. Automation of multi-agent control for complex dynamic systems in heterogeneous computational network // AIP Conference Proceedings 1798, 020117. 2017. <http://doi.org/10.1063/1.4972709>
10. Oparin G.A., Bogdanova V.G., Gorsky S.A., Pashinin A.A. Service-oriented application for parallel solving the parametric synthesis feedback problem of controlled dynamic systems // In Proceedings of MIPRO 2017. pp. 381-385. Режим доступа: <https://ru.scribd.com/document/349720120/Mipro-2017-Proceedings> (дата обращения 21.07.2017).
11. Östberg P., Hellander A., Drawert B., Elmroth E., Holmgren S., Petzold L. Reducing Complexity in Management of eScience Computations// Proceedings of CCGrid 2012 - The 12th IEEE/ACM International Symposium on Cluster, Cloud and Grid Computing, 2012. pp. 845-852.
12. QBF Gallery 2014 (Competition). Режим доступа: <http://qbf.satisfiability.org/gallery/applications.tgz> (дата обращения: 25.11.2016).
13. Sage Tutorial in Russian. Режим доступа: http://doc.sagemath.org/pdf/ru/tutorial/SageTutorial_ru.pdf (дата обращения: 20.11.2016).
14. K. Skala, D. Davidovic, E. Afgan, I. Sovic, and Z. Sojat, "Scalable Distributed Computing Hierarchy: Cloud, Fog and Dew Computing," Open Journal of Cloud Computing (OJCC), RonPub, vol. 2, no. 1, pp. 16–24, 2015. DOI: 10.19210/1002.2.1.16.
15. Sukhoroslov O., Volkov S., and Afanasiev A., "A Web-Based Platform for Publication and Distributed Execution of Computing Applications," 14th International Symposium on Parallel and Distributed Computing (ISPDC). IEEE, 2015, pp. 175-184.
16. Vecchiola C., Pandey S., Buyya R. High-Performance Cloud Computing: A View of Scientific Applications// 10th International Symposium on Pervasive Systems, Algorithms, and Networks, Kaohsiung, 2009, pp. 4-16. doi: 10.1109/I-SPAN.2009.150.
17. Virtual Box. Режим доступа: <https://www.virtualbox.org/> (дата обращения: 20.11.2016).

WEB-SERVICE OF LINEAR FEEDBACK SYNTHESIS FOR BINARY DYNAMIC SYSTEMS

Vera G. Bogdanova

Ph.D., associate professor, senior researcher, Matrosov Institute for System Dynamics and Control Theory of Siberian Branch of Russian Academy of Sciences (ISDCT SB RAS),
134, Lermontov Str., 664033, Irkutsk, Russia, e-mail: bvg@icc.ru

Sergey A. Gorsky

Ph.D., researcher, Matrosov Institute for System Dynamics and Control Theory of Siberian Branch of Russian Academy of Sciences (ISDCT SB RAS),
134, Lermontov Str., 664033, Irkutsk, Russia, e-mail: gorskysergey@mail.ru

Anton A. Pashinin

Junior researcher, Matrosov Institute for System Dynamics and Control Theory of Siberian Branch of Russian Academy of Sciences (ISDCT SB RAS),
134, Lermontov Str., 664033, Irkutsk, Russia, e-mail: apcrol@gmail.com

Abstract. Currently, the research of distributed service-oriented scientific applications creating is actively developed. The report presents a composite service developed on the basis of the HPCSOMAS platform for solving the problem of synthesizing a linear static state regulator that ensures the stability of the zero solution of a closed linear binary dynamical system. The service implements a new logical method, on the basis of which the synthesis problem is reduced to verifying the truth of the quantified Boolean formula (problem TQBF). The architecture of the composite service and the aspects of its creation associated with the technology of integration of distributed resources are presented. A parallel solver of the TQBF problem is developed. The results of computational experiments are presented.

Keywords: distributed application, integration of computational resources, service, feedback.

References

1. Zhizhimov O.L., Fedotov A.M., Shokin Yu.I. Tehnologiya integratsii raznorodnykh informatsionnykh resursov [The technology of integration of heterogeneous information resources] // Pyataya Mezhdunarodnaya Konferentsiya «Sistemnyi analiz i informatsionnye tehnologii» - SAIT-2013 (Krasnoyarsk, Rossiya, 19.09 - 25.09.2013): Trudy konferentsii. - Krasnoyarsk: IVM SO RAN, 2013. - T.2. - Pp. 129-136. - ISBN 978-5-9904056-3 (in Russian)
2. Irkutskij superkomp'yuternyj centr [Irkutsk Supercomputer Center of SB RAS] <http://hpc.icc.ru/> [online, accessed: 31-Jan-2016].
3. Oparin G., Feoktistov A., Bogdanova V., Gorsky S., Pashinin A., and Sidorov I.A. Parallel'noe reshenie zadachi o staticheskom regulyatore dlya dvoichnykh dinamicheskikh sistem [Parallel solution of static regulator problems for binary dynamic systems] // Parallel Computing Technologies - XI International Conference, PCT'2017, Moscow. Kazan, April 3-7, 2017 Short articles and descriptions of posters. Chelyabinsk: Publishing Center of SUSU, 2017. Pp. 416-426. (in Russian)

4. Oparin G.A., Bogdanova V.G., Gorskiy S.A., Pashinin A.A. *Metody i sredstva sinteza lineynoy obratnoy svyazi v dvoichnyih dinamicheskikh sistemah: logicheskiy podhod* [Methods and tools for synthesis of linear feedback binary in dynamical systems: a logical approach] // *Analiticheskaya mehanika, ustoychivost i upravlenie: trudy XI Mezhdunarodnoy Chetaevskoy konferentsii. T. 3. Sektsiya 3.Upravlenie. Ch. II. Kazan, 13 – 17 iyunya 2017 g. – Kazan: KNITU-KAI, 2017. C. 147-157. (in Russian)*
5. Balyo T., Lonsing F. HordeQBF: A Modular and Massively Parallel QBF Solver / *Proceedings of 19th International Conference, Bordeaux, France, July 5-8, LNCS. 2016. Vol. 9710. pp. 531-538. DOI 10.1007/978-3-319-40970-2_33.*
6. Boolman D., Colon-Reyes O., Ocasio V.A., Orozco E. A control theory for Boolean Monomial dynamical systems // *Discrete Event Dyn. Syst.* 2010. Vol.20. Pp. 19-35.
7. Bychkov, G. Oparin, A. Feoktistov, V. Bogdanova, and A. Pashinin, “Service-Oriented Multiagent Control of Distributed Computations,” *Automation and Remote Control*, vol. 76, no. 11, 2015, Pp. 2000–2010.
8. Lonsing F., Biere A. DepQBF: A Dependency-Aware QBF Solver // *Journal of Satisfiability, Boolean Modeling and Computation.* 2010. Vol. 9. Pp. 71-76.
9. Oparin G., Feoktistov A., Bogdanova V., Sidorov I. Automation of multi-agent control for complex dynamic systems in heterogeneous computational network// *AIP Conference Proceedings* 1798, 020117, 2017, <http://doi.org/10.1063/1.4972709>
10. Oparin G.A., Bogdanova V.G., Gorsky S.A., Pashinin A.A. Service-oriented application for parallel solving the parametric synthesis feedback problem of controlled dynamic systems // *In Proceedings of MIPRO 2017*, p.381-385. <https://ru.scribd.com/document/349720120/Mipro-2017-Proceedings>
11. Östberg P., Hellander A., Drawert B., Elmroth E., Holmgren S., Petzold L. Reducing Complexity in Management of eScience Computations// *Proceedings of CCGrid 2012 - The 12th IEEE/ACM International Symposium on Cluster, Cloud and Grid Computing*, 2012, pp. 845-852.
12. QBF Gallery 2014 (Competition).
URL:<http://qbf.satisfiability.org/gallery/applications.tgz> (online, accessed: 25.11.2016).
13. Sage Tutorial in Russian. URL:http://doc.sagemath.org/pdf/ru/tutorial/SageTutorial_ru.pdf (online, accessed: 20.11.2016).
14. K. Skala, D. Davidovic, E. Afgan, I. Sovic, and Z. Sojat, “Scalable Distributed Computing Hierarchy: Cloud, Fog and Dew Computing,” *Open Journal of Cloud Computing (OJCC)*, RonPub, vol. 2, no. 1, pp. 16–24, 2015. DOI: 10.19210/1002.2.1.16.
15. Sukhoroslov O., Volkov S., and Afanasiev A., “A Web-Based Platform for Publication and Distributed Execution of Computing Applications,” *14th International Symposium on Parallel and Distributed Computing (ISPD)*. IEEE, 2015, pp. 175-184.
16. Vecchiola C., Pandey S., Buyya R. High-Performance Cloud Computing: A View of Scientific Applications // *10th International Symposium on Pervasive Systems, Algorithms, and Networks*, Kaohsiung, 2009, pp. 4-16. doi: 10.1109/I-SPAN.2009.150.
17. Virtual Box. <https://www.virtualbox.org/>

СПЕЦИФИКАЦИЯ РАСПАРАЛЛЕЛИВАНИЯ ОБРАБОТКИ ВЕКТОРНЫХ ДАННЫХ В МОДЕЛИ MAPREDUCE

Авраменко Юрий Владимирович

Программист, e-mail: dstu@icc.ru

Шумилов Александр Сергеевич

Аспирант, e-mail: dstu@icc.ru

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт динамики систем и теории управления имени В.М. Матросова Сибирского отделения Российской Академии наук, 664033, Иркутск, ул. Лермонтова, 134

Аннотация. С развитием информационных технологий увеличиваются объемы производимых и обрабатываемых данных. Одной из распространенных моделей обработки данных больших объемов является программная модель MapReduce. Использование такого подхода осложняется тем, что для реализации операций map и reduce требуется программирование операций map и reduce, что затрудняет использование данной парадигмы, например, для специалистов-предметников. В рамках Геопортала ИДСТУ СО РАН было разработано и реализовано программное средство, позволяющее осуществлять распределенную обработку векторных геоинформационных данных в рамках модели MapReduce. Реализован набор обработчиков операций map и reduce для различных форматов данных. Разработанное программное средство, осуществляющее обработку больших объемов растровых и векторных геоинформационных данных в распределенной среде на основе спецификаций, уменьшающее время выполнения распределенных сервисов вследствие их автоматического распараллеливания и позволяющее избавить пользователя от программирования map и reduce обработчиков.

Ключевые слова: распределенные вычисления, MapReduce, пространственные данные, геопортал, сервис-ориентированная среда

Введение. В современном мире информационных технологий с каждым годом растет объем производимых, обрабатываемых и хранимых данных. Все чаще для обработки больших массивов данных используется сервис-ориентированный подход, предполагающий предоставление вычислительных алгоритмов в виде доступных через сеть Интернет сервисов [6]. Использование сервис-ориентированного подхода позволяет строить гибкие, тестируемые и масштабируемые информационные системы [7]. В то время, как сервис-ориентированный подход позволяет реализовывать вычислительные алгоритмы в виде атомарных сервисов, технологии виртуализации позволяют масштабировать сервисы. Масштабирование позволяет создавать копии вычислительных узлов, на которых развернуты сервисы, за короткое время с помощью специальных программных средств.

При работе с сервисами часто возникает ситуация, когда входные параметры сервиса занимают большой объем, что увеличивает время выполнения сервиса, так как помимо непосредственной обработки поступивших данных, сервис тратит время на загрузку входных параметров, затем пользователю, вызвавшему сервис, необходимо произвести загрузку результатов работы сервиса в собственное хранилище данных. Таким образом, учитывая возможность параллельного выполнения нескольких копий сервиса, возникает задача разбиения данных на фрагменты, передачи фрагментов копиям вычислительного сервиса с последующей сборкой фрагментов в результирующий массив данных. Данный подход (с

выделением операций разбиения и сборки) называется MapReduce [9] и часто используется при работе с большими данными [5, 8].

Проблема, которая решается в данной работе – автоматизация использования программной модели MapReduce при работе с пространственными данными, в частности, с растровыми и векторными форматами данных. Распараллеливание обработки входных и выходных данных сервисов позволяет ускорить время выполнения сервисов.

Далее приводится реализация операций map и reduce в рамках Геопортал ИДСТУ СО РАН [3] для пространственных данных на примере сервиса идентификации объектов на спутниковых снимках. Геопортал представляет собой веб-приложение, ориентированное на обработку и хранение геоинформационных данных. Для выполнения операций map и reduce над данными реализован набор обработчиков, работа которых определяется с помощью спецификаций, заданных в виде JSON-файлов. Спецификации содержат команды для обработчиков операций map и reduce. Любой сервис, зарегистрированный на Геопортале, может иметь определенную для него спецификацию, задающую способ разбиения входных (операция map) и склейки результирующих данных (операция reduce).

Цель работы. Целью данной работы является разработка механизма автоматического распараллеливания работы распределенных сервисов, работающих с пространственными данными. Разрабатываемый механизм призван решать проблему передачи и получения данных большого объема сервисами, тем самым ускоряя работу сервиса в случае, если сервис развернут больше, чем на одном вычислительном узле. В данной работе рассмотрено применение операций map и reduce как для растровых, так и векторных пространственных данных. Правила, по которым происходит выполнение операций map и reduce, задаются в виде спецификаций.

Для апробации разработанного механизма был выбран алгоритм идентификации объектов на спутниковых снимках, реализованный в виде веб-сервиса с интерфейсом стандарта WPS (Web Processing Service) [10] и зарегистрированный на Геопортале ИДСТУ СО РАН.

Веб-сервис производит поиск и идентифицирует объекты на изображении с использованием заданной пользователем совокупности характеристик. Веб-сервис принимает на вход три параметра: входное изображение; запрос пользователя; пороговое значение оценки объектов. На выходе формируется файл, в котором содержатся найденные объекты с значением оценки ниже порога. Значение оценки записывается в поле объекта **threshold**. Для формирования запроса (совокупности характеристик объекта) используется логический язык SOQL [1]. Пример описания объекта прямоугольной формы с заданной текстурой и спектральными характеристиками `def(A,B,C,D):- line(A,B), line(B,C), line(C,D), line(D,A), dist(A,B)=30, dist(B,C)=20, dist(C,D)=30, dist(D,A)=20, angle(A,B,C)=90, angle(B,C,D)=90, angle(C,D,A)=90, texture(A,B,C,D,sample)`. Соответствующий запрос выглядит следующим образом: `?-def(A,B,C,D)`.

Веб-сервис идентификации принимает на вход растровые файлы спутниковых снимков высокого разрешения и возвращает векторный файл с найденными полигональными объектами, для каждого из которых определено значение функции энергии. Время работы веб-сервиса на изображении размером 1000x1000 пикселей может составлять от нескольких до десятков минут, в зависимости от запроса пользователя. В целях уменьшения времени работы сервиса и равномерного использования доступных вычислительных ресурсов локальной облачной инфраструктуры ИДСТУ СО РАН выполнение разработанного веб-сервиса было распараллелено в рамках модели MapReduce. Входные данные, в частности, спутниковый снимок, делятся на некоторое количество частей, которые впоследствии

передаются в копии веб-сервиса, запущенные на разных вычислительных узлах. Однако, в силу специфики работы веб-сервиса, а именно векторного формата SHAPE его выходных параметров, возникает задача склейки результатов выполнения копий веб-сервиса в один файл. В данной работе реализован обработчик операции reduce, решающий задачу обработки векторных данных на этапе склейки в рамках программной модели MapReduce. Такой подход на этапе объединения результатов от различных узлов распределенной сети приведет к дублированию объектов [4], поэтому предлагается на основе разработанных спецификаций [2] реализовать возможность обработки векторных результатов выполнения распараллеленных сервисов.

Распараллеливание веб-сервиса идентификации. При распараллеливании выполнения веб-сервисов в рамках программной модели MapReduce сначала производится операция разделения входных данных. При разделении возможна ситуация, когда искомый объект может находиться на границе частей входного разделяемого файла. Для обработки такого рода граничных случаев в спецификации, соответствующей операции map, необходимо указать соответствующий параметр перекрытия частей разделяемого раstra для обеспечения нахождения всех объектов. Пример спецификации, приведенный ниже, определяет область перекрытия равной 500 метрам:

```
{
  map: {
    overlap: 500, // Ширина перекрытия
    units: «m» // Единицы измерения
  }
}
```

После выполнения операции разделения входного параметра происходит запуск распределенных копий веб-сервиса идентификации объектов, каждому из которых передается своя часть разделенного файла. Схема распараллеливания выполнения веб-сервиса идентификации объектов приведена на рис. 1. Модуль Геопортала принимает на вход параметры, передаваемые на вход веб-сервису. Далее параметры, для которых определена спецификация, разделяются в соответствии со спецификацией операции map. Затем происходит запуск копий веб-сервиса идентификации в соответствии со стандартом WPS. По мере завершения работы копий веб-сервисов данные собираются Геопорталом, вызывается соответствующий reduce обработчик, работающий в соответствии со спецификацией и полученный файл возвращается пользователю.

Распараллеливание выполнения веб-сервиса позволяет уменьшить общее время выполнения веб-сервиса, а также задействовать доступные аппаратные мощности для решения задачи.

Склейка результатов. При склейке результатов выполнения копий веб-сервисов возможно возникновение конфликтов. Для полигональных объектов существует определенный набор топологических правил, например, превышение кластерного доступа, недопустимость перекрытия объектов или пробелов внутри полигонов, необходимость совпадения границ и площадей объектов из разных классов, и т.д. Топологические правила используются в картографии для устранения ошибок. Нарушение одного из правил приводит к конфликту. Для рассматриваемой задачи характерно перекрытие объектов.

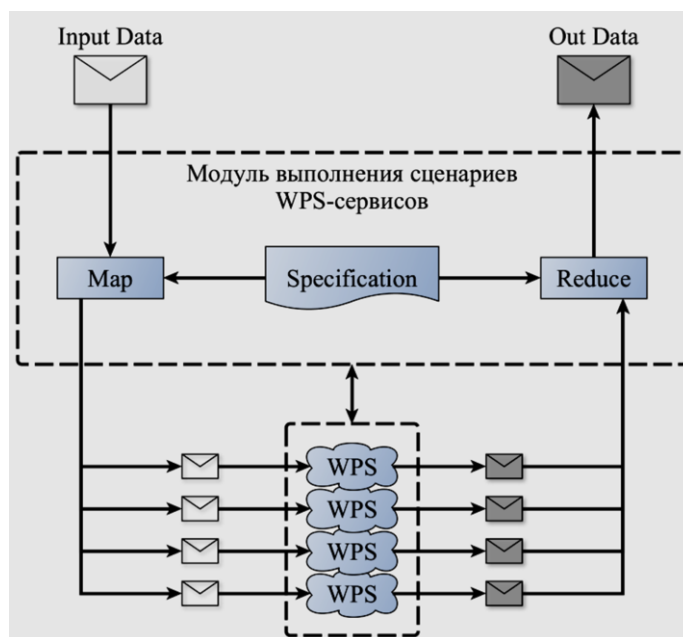


Рис. 1. Схема распараллеливания выполнения веб-сервиса

Склейка результатов выполнения копий распараллеленного веб-сервиса идентификации объектов осуществляется в соответствии со следующей спецификацией:

```
{
  reduce: {
    conflict: { // Секция спецификации обработки конфликтов
      type: "Intersection", // Тип конфликта
      keepAll: false, // Определяет, разрешать ли конфликты
      resolveFieldName: «threshold», // Сравниваемое поле
      filter: "MIN" // Условие
    }
  }
}
```

Псевдокод алгоритма склейки двух соседних файлов данных, содержащих список найденных объектов, представлен ниже. Массивы list1 и list2 содержат элементы рассматриваемых соседних SHAPE файлов. resolveFieldName, filter, keepAll – параметры алгоритма, получаемые из спецификации. mergedList – список элементов из соседних файлов, между которыми конфликты разрешены (в случае необходимости), то есть объекты готовы для записи в результирующий файл. Поле type указывает на топологическое правило, в случае нарушения которого производится исправление (в данном случае это правило недопустимости перекрытия объектов).

ВХОД: list_1, list_2, resolveFieldName, filter, keepAll.

ВЫХОД: mergedList.

Если keepAll=true тогда выполнить

Объекты из list_1 и list_2 добавить в mergedList

Иначе выполнить

Если type=Intersection тогда выполнить

Сформировать списки пересекающихся объектов,
соответствующие одному реальному lists

Цикл для каждого списка из lists выполнить

Взять объект, у которого значение поля resolveFieldName
удовлетворяет условию в поле filter
и добавить его в mergedList

Конец цикла

Добавить оставшиеся не пересекающиеся объекты в mergedList

Конец условия

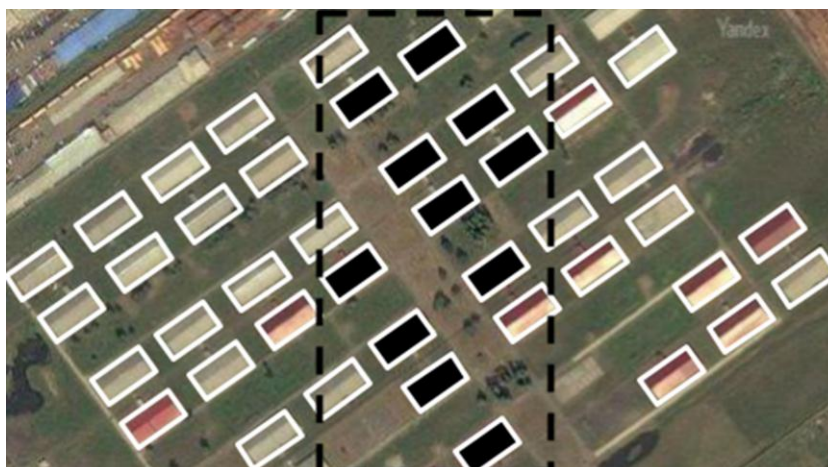
Конец условия

Вернуть список объектов mergedList

Веб-сервис может быть распараллелен на произвольное количество вычислительных узлов, таким образом, число результирующих векторных файлов может также варьироваться. Так как алгоритм склейки работает только с двумя файлами, имеющими общую область, процесс получения общего результата выполнения сервиса, содержащего в себе все полученные результирующие файлы, разбивается на несколько этапов. На каждом из этапов выбираются пары соседних файлов, которые затем склеиваются. На следующий этап переходят склеенные файлы и файлы, не получившие пару на текущем этапе. На последнем этапе происходит склейка двух последних файлов, и получившийся файл возвращается пользователю как результат выполнения веб-сервиса.

Апробация. Апробация работы алгоритма склейки SHAPE файлов показана на рис. 2. В данном примере необходимо было найти объекты прямоугольной формы техногенного происхождения. Исходное изображение было разделено на два, частично перекрывающих друг друга (перекрытие выделено пунктиром на рис. 2а). После выполнения копий веб-сервиса происходит этап склейки, в процессе которого исключаются пересекающиеся объекты (закрашенные прямоугольники). После формирования результирующего файла в него добавляются найденные объекты, находящиеся в общей области, прошедшие проверку и оставшаяся часть объектов, что изображено на рисунке 2б.

В целях определения эффективности метода рассматриваемый сервис идентификации был распараллелен и его копии были запущены на 12 вычислительных узлах, схожих по программным и аппаратным характеристикам. Время выполнения сервиса, с учетом времени разбиения, передачи и склейки данных, а также времени непосредственного выполнения копий сервиса, равно 110 секундам (взято среднее значение среди 20 запусков). Сервис идентификации объектов, запущенный без распараллеливания на одном вычислительном узле, выполняется 1240 секунд (взято среднее значение среди 20 запусков). Распараллеливание работы веб-сервиса позволило ускорить его выполнение в 11,2 раз. Сравнение времени выполнения сервиса в обоих случаях представлено на рис. 3.



а)



б)

Рис. 2. Апробация работы алгоритма объединения двух SHAPE файлов в один

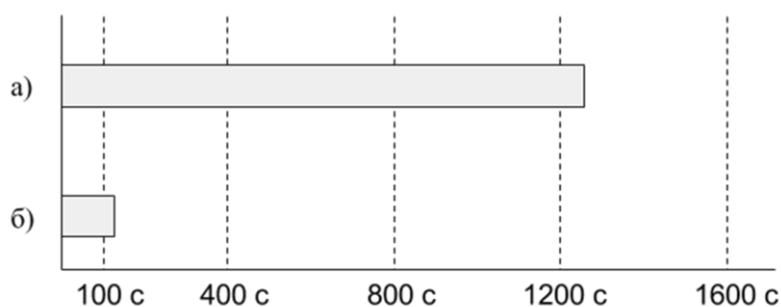


Рис. 3. Сравнение времени выполнения сервиса в обычном режиме и при распараллеливании

Таким образом, при распараллеливании выполнения веб-сервиса (при условии, что время выполнения сервиса линейно зависит от объема входных данных, а также при условии идентичности аппаратных и программных характеристик вычислительных узлов как при распараллеливании, так и без) в соответствии с программной моделью MapReduce ускорение его выполнения в среднем равно числу узлов, на которых происходит распараллеливание.

Заключение. В результате проделанной работы разработаны спецификации, определяющие параметры обработки векторных данных при процессе их склейки в рамках модели MapReduce. Реализованы соответствующие обработчики, осуществляющие склейку данных на основании спецификаций. Реализованный способ распараллеливания работы веб-сервисов был апробирован и показал свою работоспособность и эффективность. Применение управляемых спецификациями обработчиков позволяет упростить выполнение сервисов в рамках модели MapReduce.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, № гранта 16-37-00110 мол_а.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авраменко Ю.В., Фёдоров Р.К., Бычков И.В., Ружников Г.М. Интерпретатор языка SOQL для обработки растровых изображений // Вычислительные технологии. 2016. Т. 21. № 1. С. 49 – 59.
2. Авраменко Ю.В., Шумилов А.С. Метод обработки растровых изображений в рамках модели mapreduce // Информационные и математические технологии в науке и управлении. 2016. № 4-2. С.110 – 115.
3. Фёдоров Р. К., Бычков И. В., Шумилов А. С., Ружников Г. М. Система планирования и выполнения композиций веб-сервисов в гетерогенной динамической среде // Вычислительные технологии. 2016. Т. 21. № 6. С. 18 – 35.
4. Aji A., Wang F., Vo H., Lee R., Liu Q., Zhang X., Saltz J. Hadoop: GIS: A High Performance Spatial Data Warehousing System over MapReduce // The 39th International Conference on Very Large Data Bases. 2013. Vol. 6, №. 11. Pp. 1009 – 1020.
5. Althebyan Q., AlQudah O., Jararweh Y., Yaseen Q.. A scalable Map Reduce tasks scheduling a threading-based approach // International journal of computational science and engineering. 2016. Vol. 14. № 1. Pp. 44 – 54.
6. Hamzah M., Baharom F., Mohd H. A Comparative Study of Service-Oriented Architecture Maturity Model // Proceedings of knowledge management international conference (KMCIE) 2016.
7. Lojka T., Bundzel M., Zolotova I. Service-oriented Architecture and Cloud Manufacturing // Acta polytechnica hungarica. 2016. Vol. 13. № 6. Pp. 25 – 44.
8. Maitrey S., Jha C. Handling Big Data Efficiently by using Map Reduce Technique // 2015 IEEE international conference on computational intelligence and communication technology. 2015. Pp. 703 – 708.
9. The Definite Guide to the MapReduce paradigm [Электронный ресурс] URL: https://hadoop.apache.org/docs/r1.2.1/mapred_tutorial.html (дата обращения: 16.04.2017).
10. Web Processing Service [Электронный ресурс] URL: <http://www.opengeospatial.org/standards/wps> (дата обращения: 29.04.2017).

SPECIFICATIONS FOR VECTOR DATA PROCESSING PARALLELIZATION WITHIN THE MAPREDUCE PROGRAMMING MODEL

Yuriy V. Avramenko

Programmer, e-mail: dstu@icc.ru

Alexander S. Shumilov

Postgraduate, e-mail: dstu@icc.ru

Matrosov Institute for System Dynamics and Control Theory of Siberian Branch
of Russian Academy of Sciences, 664033, Irkutsk, Russia, Lermontov str., 134

Abstract. In nowadays world, the volume of generated and processed data constantly increases along with the development of the informational technologies. One of the most common approach for big data processing is the MapReduce programming model. The use of this model requires the programming of the map and reduce operations. As the part of the Geoportal of ISDCT SB RAS, the special application was developed, which provides the distributed processing of the vector spatial data within the MapReduce framework. The set of map and reduce operations processors was developed for various data formats. The developed application processes big volumes of raster and vector spatial data in the distributed environment using the specifications. The implemented approach lowers the execution time of spatial services because of the automatic execution parallelization and letting user to use it without any extra map and reduce processors programming.

Keywords: distributed computations, MapReduce, spatial data, geoportal, service-oriented environment

References

1. Avramenko Y.V., Fedorov R.K., Bychkov I.V., Rugnikov G.M. Interpretator yazyika SOQL dlya obrabotki rastrovyyh izobrazheniy [The SOQL language interpreter for the raster images processing] // Computational technologies. 2016. Vol. 21. №. 1. Pp. 49 – 59. (in Russian)
2. Avramenko Y.V., Shumilov A.S. Metod obrabotki rastrovyyh izobrazheniy v ramkah modeli MapReduce [Processing of raster images based on MapReduce model] // Information and mathematical technologies in science and management. 2016. №. 4-2. Pp. 110 – 115. (in Russian)
3. Fedorov R.K., Bychkov I.V., Shumilov A.S., Rugnikov G.M. Sistema planirovaniya i vyipolneniya kompozitsiy veb-servisov v geterogennoy dinamicheskoy srede [The system of service compositions execution in heterogeneous dynamic environment] // Computational technologies. 2016. V. 21. №. 6. Pp. 18 – 35. (in Russian)
4. Aji A., Wang F., Vo H., Lee R., Liu Q., Zhang X., Saltz J. Hadoop: GIS: A High Performance Spatial Data Warehousing System over MapReduce // The 39th International Conference on Very Large Data Bases. 2013. Vol. 6. №. 11. Pp. 1009 – 1020.
5. Althebyan Q., AlQudah O., Jararweh Y., Yaseen Q.. A scalable Map Reduce tasks scheduling a threading-based approach // International journal of computational science and engineering. 2016. Vol. 14. №. 1. Pp. 44 – 54.

6. Hamzah M., Baharom F., Mohd H. A Comparative Study of Service-Oriented Architecture Maturity Model // Proceedings of knowledge management international conference (KMCIE) 2016.
7. Lojka T., Bundzel M., Zolotova I. Service-oriented Architecture and Cloud Manufacturing // Acta polytechnica hungarica. 2016. Vol. 13. №. 6. Pp. 25 – 44.
8. Maitrey S., Jha C. Handling Big Data Efficiently by using Map Reduce Technique // 2015 IEEE international conference on computational intelligence and communication technology. 2015. Pp. 703 – 708.
9. The Definite Guide to the MapReduce paradigm [Digital resource] URL: https://hadoop.apache.org/docs/r1.2.1/mapred_tutorial.html (access date: 16.04.2017).
10. Web Processing Service [Digital resource] URL: <http://www.opengeospatial.org/standards/wps> (access date: 29.04.2017).

РАСЧЕТ ВРЕМЕННОЙ ДОСТУПНОСТИ ДЛЯ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ С ПОМОЩЬЮ СИСТЕМЫ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ СЕРВИС-ОРИЕНТИРОВАННЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ

Фёдоров Роман Константинович

К.т.н., в.н.с., e-mail: dstu@icc.ru

Шумилов Алексей Сергеевич

Аспирант, e-mail: dstu@icc.ru

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт динамики систем и теории управления имени В.М. Матросова Сибирского отделения Российской Академии наук, 664033, Иркутск, ул. Лермонтова, 134

Аннотация. В градостроительстве и при планировании городской инфраструктуры часто возникает задача расчета временной доступности для объектов образования, здравоохранения, и т. д. Существующие решения для расчета используют только данные дорожной сети, что негативно сказывается на точности расчета. Для решения рассматриваемой задачи в рамках данной работы разработаны специальные вычислительные сервисы, выполняющие непосредственный расчет и обрабатывающие необходимые для расчета входные данные. Пользовательский интерфейс и совместная работа сервисов организуется с помощью системы распределенных сервис-ориентированных вычислений в гетерогенной среде Геопортала ИДСТУ СО РАН. Разработанные сервисы, а также их композиция в виде сценария на языке JavaScript, могут использоваться для расчета временной доступности для произвольной области независимо от специфики самих объектов инфраструктуры.

Ключевые слова: распределенные вычисления, сервис-ориентированная среда, временная доступность, JavaScript, композиции сервисов

Введение. В современном мире информационных технологий с каждым годом увеличиваются объемы доступных данных, которые могут быть использованы для решения различного рода задач [10]. Растет количество алгоритмов, обрабатывающих эти данные.

В градостроительстве, при проектировании развивающихся городских территорий, часто возникает задача расчета временной доступности различных объектов инфраструктуры, например, объектов образования. Расчет временной доступности различных заведений важен при проектировании дорожной сети и расчете их пропускной способности, организации маршрутов публичного транспорта. Эта задача характерна как для застраиваемых территорий, так и для уже существующих районов застройки, подвергаемых реконструкции [2, 3].

В статье рассматривается задача расчета временной доступности объектов среднего образования в пределах города Иркутска. Для расчета временной доступности необходимо учитывать доступность с учетом использования дорожной сети и пешая доступность.

Следует учитывать естественные преграды, такие как водные объекты, и путепроводы, проходящие через них, например, мосты.

Среди программных инструментов, решающих задачи расчета временной доступности объектов с помощью инструментов анализа графов дорожной сети, стоит отметить программные пакеты `pg_routing` [8] и `OSRM` [6].

`Pg_routing` представляет собой библиотеку с открытым исходным кодом, интегрируемую с модулем `PostGIS` для СУБД `PostgreSQL`. `Pg_routing` осуществляет поиск кратчайшего пути в дорожной сети с помощью различных алгоритмов, в том числе и с учетом запрещенных поворотов, выполняет расчет дальности поездки. Данный программный пакет хорошо известен, но не способен учитывать пеший путь, так как работает с графами дорожной сети [11].

Программный пакет `OSRM` (`Open Source Routing Machine`) также является библиотекой с открытым исходным кодом, которая может быть реализована в виде сервиса с `REST`-интерфейсом. `OSRM` включает в себя инструменты как для нахождения кратчайших путей на основании данных о дорожной сети, так и расчета времени движения по отдельным дорожным участкам. Как и пакет `pg_routing`, `OSRM` не предоставляет возможностей по учету времени, затраченному на движение пешком [5].

Таким образом, необходимо разработать программное решение, учитывающее временную доступность как относительно дорожной сети, так и с учетом движения пешком.

Данная работа рассматривает решение обозначенной задачи с помощью разработанной в ИДСТУ СО РАН среды распределенных сервис-ориентированных вычислений [1]. Так как для решения задачи используется сервис-ориентированный подход, решение задачи требует разработки отдельных сервисов, решающих возникающие по мере решения задачи проблемы, с последующей организацией совместной работы сервисов в виде композиции сервисов, выполняющейся на нескольких вычислительных узлах локальной облачной инфраструктуры.

Среда выполнения композиций распределенных сервисов. Среда выполнения композиций распределенных сервисов – программная система, позволяющая организовывать совместное выполнение веб-сервисов в виде композиций, заданных в виде сценариев на языке программирования `JavaScript`. Среда интегрирована в Геопортал – программную веб-систему, разработанную в ИДСТУ СО РАН и предоставляющую инструменты для работы с геоинформационными данными. Основными компонентами среды являются:

- Веб-интерфейс задания композиций;
- Веб-интерфейс ввода параметров запускаемой композиций, её выполнения и просмотра результатов работы;
- Диспетчер выполнения композиций сервисов.

Рассмотрим каждый компонент среды распределенных сервис-ориентированных вычислений применительно к задаче, решаемой в данной работе.

Веб-интерфейс задания композиций позволяет задавать композиции в виде сценариев на языке программирования `JavaScript` в специальной веб-форме, упрощающей и корректирующей данный процесс.

Перед заданием кода сценария пользователю необходимо определить входные и выходные параметры. В случае рассматриваемой задачи это будут векторные файлы с точечными объектами инфраструктуры в формате геоинформационных данных `SHP`. Вторым

параметром будет файл с указанием естественных границ (водные объекты) с линейными объектами в формате SHP. Третьим параметром является векторный файл с линейными объектами в формате SHP, содержащий объекты дорожной сети. Четвертым параметром является область производимого расчета (расчет производится для тех объектов инфраструктуры, которые попадают в выделенную область).

В качестве выходного параметра пользователь указывает папку, в которую необходимо сохранить результаты работы, которые должны быть загружены с удаленного сервера.

После определения входных и выходных параметров сценария пользователь задает код сценария композиции сервисов, представленный ниже в сокращенном виде. При задании кода сценария пользователь использует специальное текстовое поле с подсветкой синтаксиса языка и ему предоставляется список доступных для использования сервисов.

```
function School_availability(input, mapping){
    shp_to_geojson_converter({Source: input.schools},
        { ResultJSON: schools});           (1)
    if (schools.get().length > 0) {
        var parsedData = JSON.parse(schools.get());
        for (var i = 0; i < limit; i++) {
            geojson_to_shp_converter({Source: parsedData[i]},
                {ResultFile: shp[i]});      (2)
            bufferize_vector({Source: shp [i], Buffer: 50},
                {Result: buffered[i]});      (3)
            road_analysis({Cities: buffered [i], Roads: input.roads},
                {Result: resultValueStores[i]}); (4)
        }
    }
}
```

Всего в композиции используется четыре сервиса:

- **shp_to_geojson_converter** (сноска 1 в приведенном коде сценария) – сервис конвертирует SHP файл в формат GeoJSON. В рамках решаемой задачи данный сервис осуществляет преобразование входного файла с точечными объектами образовательной инфраструктуры в строку с данными формата GeoJSON. GeoJSON впоследствии преобразовывается в стандартный объект JavaScript;
- **geojson_to_shp_converter** (сноска 2) – сервис конвертирует данные в формате GeoJSON в SHP файл. Полученный в результате выполнения предыдущего сервиса объект, содержащий все объекты инфраструктуры, разбивается на отдельные объекты, и каждый из полученных объектов преобразовывается в SHP файл для дальнейшей работы;
- **bufferize_vector** (сноска 3) – сервис создает буферные зоны вокруг точечных объектов переданного SHP файла. Результаты выполнения предыдущего сервиса преобразовываются из точечных в полигональные с определенным радиусом буфера;

- **road_analysis** (сноска 4) – сервис выполняет анализ доступности точечных объектов на основании данных о дорожной сети и естественных границах. В качестве объектов, для которых необходимо выполнить анализ, используются результаты работы предыдущего сервиса. Результатом работы сервиса является регулярная сетка в растровом формате данных GeoTIFF, где в каждой ячейке содержится время достижения этой точки от определенного объекта образовательной инфраструктуры.

Сервис **road_analysis** работает следующим образом:

Шаг 1. Создание регулярной сетки в соответствии с заданным экстендом и размером ячейки. Всем ячейкам присваиваем значение, обозначающее необработанное состояние.

Шаг 2. Растеризация полигональных объектов муниципальных образований. Всем ячейкам, находящимся внутри полигональных объектов, присваиваем значение 0.

Шаг 3. Растеризация дорожной сети. Производится трассировка всех полилиний и отмечаются все ячейки, через которые они проходят.

Шаг 4. Поиск всех ячеек дорожной сети, которые находятся по соседству с ячейками муниципальных образований. Они образуют множество точек старта оценки времени движения.

Шаг 5. Оценка времени движения по ячейкам дорожной сети, начиная с точек старта. Оценка производится на основе алгоритмов поиска пути в ширину на графах.

Шаг 6. Оценка оставшихся ячеек (доступных только пешим ходом). Для каждой оставшейся ячейки производится поиск ячейки с указанным временем пути в локальной области и производится оценка.

Шаг 7. Сохранение регулярной сетки в формате GeoTIFF.

Веб-интерфейс ввода параметров запускаемой композиции её выполнения и просмотра результатов работы. Для удобства работы с композициями сервисов разработан специальный интерфейс, имеющий три части:

1. Форма ввода входных параметров композиции – список входных параметров с соответствующими элементами ввода информации, определенными для каждого параметра. Например, входные параметры с файлами объектов образовательной инфраструктуры, дорог и естественных преград имеют элемент управления «Выбор файла», параметр области расчета имеет элемент управления «Выделение области на карте»;
2. Консоль выполнения композиции сервисов (доступно после запуска композиции) – отображение процесса выполнения композиции. Сервисная информация, которая отображается в данной консоли, включает в себя характеристики выполняющихся сервисов, результаты запросов к удаленным серверам, планы назначения сервисов на вычислительные узлы;
3. Отображение состояния выполнения композиции (доступно после запуска композиции) – отображение списка вычислительных узлов, их статуса и списка назначенных сервисов, либо графа зависимостей между вызовами сервисов по данным.

Диспетчер выполнения композиций сервисов принимает на вход код сценария, а также введенные пользователем параметры, и приступает к его выполнению. При выполнении сценария диспетчер:

1. Строит направленный ациклический граф зависимостей между вызовами сервисов по данным по мере выполнения сценария;
2. Выполняет планирование выполнения сервисов внутри сценария в соответствии с происходящими в распределенной среде изменениями;
3. Отслеживает состояние вычислительной среды и перестраивает расписание выполнения сценария при наступлении определенных событий.

Общепризнанным стандартом постановки задачи планирования композиции сервисов является определение зависимостей между заданиями с помощью направленного ациклического графа (Directed acyclic graph, DAG) [7, 9]. В таком графе вершинами являются вызовы сервисов, а ребрами являются зависимости между сервисами. Сервисы, которые имеют только выходящие дуги, называются входными сервисами, соответственно, те сервисы, которые имеют только входящие дуги, называются выходными (результатирующими сервисами). В композиции может быть несколько как входных, так и выходных сервисов.

При выполнении композиций сервисов возникает задача планирования, то есть такого назначения вызовов сервисов композиции на вычислительные узлы таким образом, чтобы общее время выполнения композиции было минимальным. Для нахождения расписания, обеспечивающего приближенное время выполнения композиции заданий, используется модификация спискового эвристического алгоритма составления расписания HEFT (Heterogeneous Earliest Finish Time) [4], реализующего метод поиска в глубину. Особенности алгоритма, служащими для ускорения нахождения приемлемого расписания, являются сортировка заданий, узлов и отсечение неперспективных ветвей графа поиска решения, использование информации о текущем состоянии вычислительной среды для более быстрого и точного нахождения расписания.

Среда распределенных сервисов является гетерогенной, то есть вычислительные узлы, на которых развернуты сервисы, имеют различные характеристики. Вычислительные узлы могут менять свою доступность, возможно изменение в сетевой инфраструктуре, обеспечивающей доступ к узлам. Таким образом, алгоритм построения расписаний выполнения заданий должен перестраивать ранее созданное и частично выполняющееся расписание при наступлении следующих событий:

1. Происходит добавление или удаление вычислительного узла – во время выполнения композиции вычислительные узлы могут выходить из строя и возвращаться в рабочее состояние. В случае выхода узла из строя все задания, выполняющиеся на нём, считаются еще не запущенными и снова ставятся в очередь на выполнение, в то же время все уже выполненные на отключившемся узле задания при планировании остаются на нём (при условии, что результаты выполнения заданий остаются доступными)
2. Происходит добавление задания в DAG – во время выполнения композиции добавляются новые задания по мере интерпретации сценария композиции. Перестроение всего расписания происходит, когда добавляемое задание изменяет прежде рассчитанное время выполнения всего сценария. В случае, когда добавленный сервис при назначении на самый свободный узел не меняет общее время выполнения сценария, перестроение плана не происходит и производится запуск задания на выполнение.

3. Завершённое задание выполнялось меньше ожидаемого времени – если разница между фактическим и ожидаемым временем меньше значение L , то перестроение не производится, так как перестроение потребует больше времени, нежели получившийся по времени выполнения данного сервиса выигрыш.
4. Выполняющееся задание не закончилось в ожидаемый срок – происходит перестроение расписания с предположением, что время рассматриваемого задания становится $t = (1 + d) * c(t) + L$, где d – некоторая константа от 0 до 1.
5. Выполняющееся задание завершилось с ошибкой – если в текущем расписании на вычислительном узле после рассматриваемого задания назначены какие-либо другие задания, которые уже начали выполнение, то данное задание помечается как невыполненное. Копия задания добавляется в список заданий, ожидающих планирование, но с изменением в составе узлов, на которых оно может выполняться – узел, на котором оно завершилось с ошибкой, не учитывается при планировании рассматриваемого задания.

Расчет доступности образовательных учреждений. Для расчета доступности образовательных учреждений необходимо выполнить сценарий композиции сервисов, решающий данную задачу. Перед выполнением необходимо задать входные параметры.

На рис. 1 показана форма ввода входных параметров сервиса.

- Параметр **schools** определяет, какую тему следует выбрать для файла с прецедентами. В рамках Геопортала темой называется реляционная таблица, для которой доступно редактирование через специализированный веб-интерфейс. В рассматриваемом случае в качестве темы указывается таблица, содержащая точечные объекты, соответствующие образовательным учреждениям. Тема при передаче в качестве входного параметра в сценарий преобразуется в файл в формате SHP встроенными средствами СУБД PostgreSQL. Количество объектов, для которых выполняется расчет, возможно ограничить, воспользовавшись инструментом выделения области на интерактивной карте. В рассматриваемом случае взяты пять школ, ограниченных прямоугольной областью на карте, представленной на рис. 2.
- Входные параметры **barrier** и **roads** являются файлами в формате SHP, содержащими линейные объекты с объектами дорожной сети и естественных преград соответственно.
- Параметр **extent** определяет область, для которой выполняется расчет временной доступности объектов.

Результатом выполнения сценария является набор растровых файлов, соответствующих рассматриваемым объектам образовательной инфраструктуры. Полученные растровые файлы должны быть отображены на интерактивной веб-карте Геопортала.

School_availability

Inputs
 schools

☒ Use current theme filters

Barrier

Roads

EXTENT:

Рис. 1. Входные параметры сценария

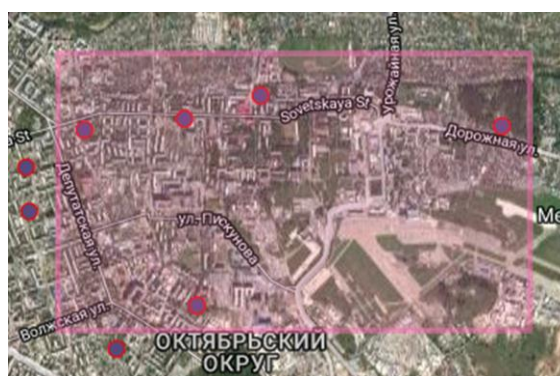


Рис. 2. Выбор объектов на карте

На рис. 3 представлен автоматически создаваемый ациклический граф зависимости заданий по данным. DAG строится по мере выполнения сценария. Например, задание с идентификатором 1001 соответствует вызову функции `shp_to_geojson_converter`, результаты которой необходимы для запуска функции `geojson_to_shp_converter` в теле цикла. В теле цикла вызываются задания `geojson_to_shp_converter`, `bufferize_vector`, `road_analysis`, что соответствует последовательностям заданий 1002 – 1003 – 1004, 1005 – 1006 – 1007 и т. д.

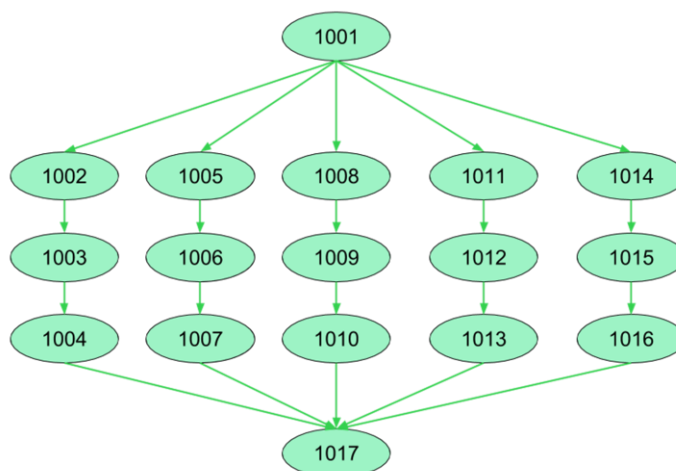


Рис. 3. Направленный ациклический граф зависимости заданий по данным

По мере завершения сценария результаты расчета загружаются на Геопортал и визуализируются с помощью интерактивной веб-карты. На рис. 4 представлен скриншот демонстрации результатов расчета временной доступности для двух образовательных учреждений. С помощью инструментов по работе с интерактивной картой Геопортала ячейки отображаемых растровых файлов были окрашены в соответствии с попаданием их значений в интервалы 0-10 минут, 10-20 минут, и т.д. Стоит отметить, что на растровых файлах присутствуют пустые ячейки, которые соответствуют естественным преградам (водоемы).

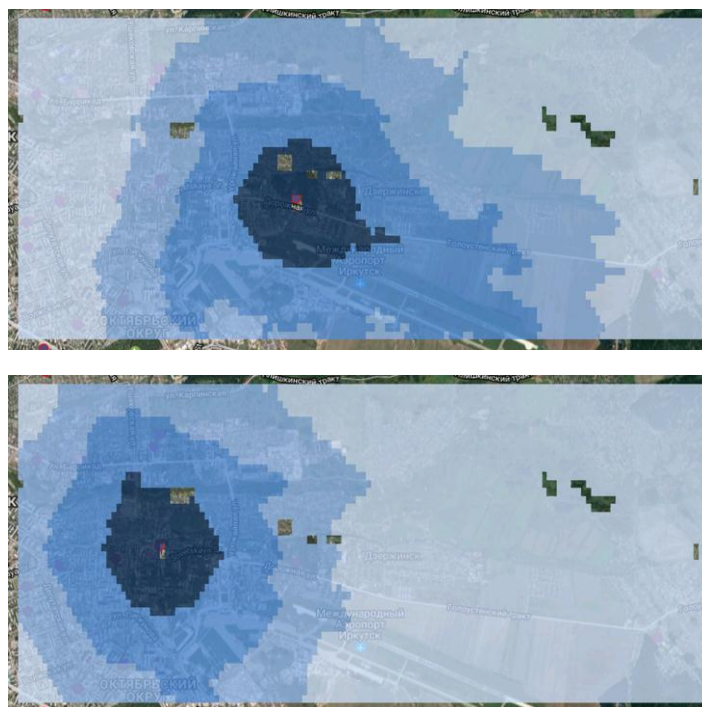


Рис. 4. Визуализация расчета для двух образовательных учреждений

Заключение. Задача расчета временной доступности на основании данных о дорожной сети и естественных преградах была решена. Для решения задачи потребовалась разработка соответствующих сервисов и организация их совместной работы с помощью задания композиции в виде сценария на языке программирования JavaScript. Разработанная композиция сервисов была выполнена в рамках распределённой гетерогенной среды. При выполнении композиции была апробирована устойчивость планирования выполнения композиций к изменениям, происходящим в гетерогенной среде. Решение задачи было полностью выполнено в рамках инфраструктуры Геопортала ИДСТУ СО РАН.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, номер гранта 16-57-44034 Монг_а.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Фёдоров Р. К., Бычков И. В., Шумилов А. С., Ружников Г. М. Система планирования и выполнения композиций веб-сервисов в гетерогенной динамической среде // Вычислительные технологии. 2016. Т. 21. № 6. С. 18–35.
2. Cui, JX, Liu, F, Janssens, D, An, S, Wets, G, Cools, M Detecting urban road network accessibility problems using taxi GPS data // Journal of transport geography. 2016. Vol. 51. Pp. 147-157.

3. Gharbi, I. Road infrastructure and urban discontinuities: what remedies for a better accessibility in the context of the contemporary city-region? // *Espaces-populations-societes*. 2016. №. 2.
4. H. Zhao, R. Sakellariou. An Experimental Investigation into the Rank Function of the Heterogeneous Earliest Finish Time Scheduling Algorithm // *Lecture Notes in Computer Science*. 2003. Vol. 2790. Pp. 189-194.
5. Huber, S, Rust, C. Calculate travel time and distance with Open Street Map data using the Open Source Routing Machine (OSRM) // *STATA journal*. Vol. 16, Is. 2, 2016. Pp. 416-423.
6. Open Source Routing Machine [Электронный ресурс] URL: <http://project-osrm.org/> (дата обращения: 21.05.2017).
7. O. Sinnens. Task scheduling for parallel systems // Wiley-Interscience, 2007. Pp. 108.
8. D. Postgres Routing library [Электронный ресурс] URL: <http://pgrouting.org/> (дата обращения: 20.05.2017).
9. S. Sachdeva, P.P. Rana. A Review of Multiprocessor Directed Acyclic Graph (DAG) Scheduling Algorithms // *International Journal of Computer Science & Communication*. 2015. Vol. 66. №. 11. C. 67-72.
10. Xu, CR, Han, Z, Zhang, YY, Zhang, L Special issue on big data computing, analytics and applications // *Personal and ubiquitous computing*. 2001. Vol. 21. №. 1. Pp. 14-35.
11. Zhang L., He X. Route Search Base on pgRouting // *Software Engineering and Knowledge Engineering: Theory and Practice. Advances in Intelligent and Soft Computing*. 2012. Vol. 115.

CALCULATION OF TIME ACCESSIBILITY FOR GEOGRAPHIC OBJECTS USING THE SYSTEM OF SERVICE-ORIENTED DISTRIBUTED COMPUTATIONS

Roman K. Fedorov

Ph. D., leading researcher, e-mail: dstu@icc.ru

Alexander S. Shumilov

Postgraduate, e-mail: dstu@icc.ru

Matrosov Institute for System Dynamics and Control Theory of

Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, 664033, Irkutsk, Russia, Lermontov str., 134

Abstract. The problem of time accessibility calculation for various geographic objects constantly arises while planning the city infrastructure (schools, hospitals, etc.). Existing solutions do not take into account the pedestrian zones at calculation which has its negative influence on the calculation results. In order to solve the discussed problem in the scope of this work the special computational services were developed. The developed services carry out the actual computation and perform required data conversions. User interface and service composition is provided by the system of distributed service-oriented computations in heterogeneous environment of the ISDCT SB RAS Geoportal. Developed services, as well as their composition in the form of Java-Script scenario, can be used for the computation of time accessibility for arbitrary region independently of the specificity of infrastructure objects.

Keywords: distributed computations, service-oriented environment, time accessibility, JavaScript, service compositions

References

1. Fedorov R.K., Bychkov I.V., Shumilov A.S., Rugnikov G.M. Sistema planirovaniya i vyipolneniya kompozitsiy veb-servisov v geterogennoy dinamicheskoy srede [The system for service compositions planning and execution in the heterogeneous dynamic environment] // Computational technologies. 2016. V. 21. № 6. Pp. 18–35. (in Russian)
2. Cui, JX, Liu, F, Janssens, D, An, S, Wets, G, Cools, M Detecting urban road network accessibility problems using taxi GPS data // Journal of transport geography. 2016. Vol. 51. Pp. 147-157.
3. Gharbi, I. Road infrastructure and urban discontinuities: what remedies for a better accessibility in the context of the contemporary city-region? // Espaces-populations-societes. 2016. №. 2
4. H. Zhao, R. Sakellariou. An Experimental Investigation into the Rank Function of the Heterogeneous Earliest Finish Time Scheduling Algorithm // Lecture Notes in Computer Science. 2003. Vol. 2790. Pp. 189-194.
5. Huber, S, Rust, C. Calculate travel time and distance with Open Street Map data using the Open Source Routing Machine (OSRM) // STATA journal. 2016. Vol. 16. №. 2. Pp. 416-423.

6. Open Source Routing Machine [Digital resource] URL: <http://project-osrm.org/> (access date: 21.05.2017).
7. O. Sinnen. Task scheduling for parallel systems // Wiley-Interscience, 2007. Pp. 108.
8. D. Postgres Routing library [Digital resource] URL: <http://pgrouting.org/> (access date: 20.05.2017).
9. S.Sachdeva, P. P.Rana. A Review of Multiprocessor Directed Acyclic Graph (DAG) Scheduling Algorithms // International Journal of Computer Science & Communication. 2015. Vol. 66. №. 11. C. 67-72.
10. Xu, CR, Han, Z, Zhang, YY, Zhang, L Special issue on big data computing, analytics and applications // Personal and ubiquitous computing. 2001. Vol. 21. №. 1. Pp. 14-35.
11. Zhang L., He X. Route Search Base on pgRouting // Software Engineering and Knowledge Engineering: Theory and Practice. Advances in Intelligent and Soft Computing. 2012. Vol. 115.

О НЕОБХОДИМОСТИ СОЗДАНИЯ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ РЕШЕНИЙ ЭКОНОМИЧЕСКИХ СУБЪЕКТОВ В ЗАДАЧЕ УПРАВЛЕНИЯ КОММЕРЧЕСКОЙ НЕДВИЖИМОСТЬЮ

Спирина Варвара Сергеевна

Аспирант, Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, 614990, г. Пермь, Комсомольский проспект, д. 29,
e-mail: spirina@cems.pstu.ru

Аннотация. На примере торгово-развлекательных комплексов (далее – ТРК) приводятся результаты вычислительного эксперимента, показывающие зависимость оптимальной стратегии экономических субъектов по развитию и продвижению ТРК от изменения уровня потребления. Обосновывается необходимость создания системы поддержки принятия решения управляющего ТРК для учета дополнительных факторов, влияющих на потребительскую привлекательность объектов коммерческой недвижимости. Демонстрируется экранная форма системы поддержки принятия индивидуальных решений для арендатора и управляющего ТРК.

Ключевые слова: коммерческая недвижимость; управление недвижимостью; потребительская привлекательность; стратегическое поведение; экономические субъекты; поведенческая экономика.

Введение. Управление коммерческой недвижимостью является для России относительно новым видом профессиональной деятельности, развивающимся и по сей день. При этом повышается степень неопределенности экономических процессов управления объектом коммерческой недвижимости в связи со сложностью прогнозирования результатов управленческой и предпринимательской деятельности, увеличением количества неоднородных экономических субъектов и осуществления их предпринимательской деятельности автономно. С появлением мультиагентных технологий появилась возможность моделировать поведение разнородных экономических субъектов.

Разработкой и исследованием агентно-ориентированного подхода к имитационному моделированию занимались Вулдридж М. (Wooldridge M.) [30], Хьюитт К. (Hewitt C.) [23], Вейс Дж. (Weiss G.) [29], Фербер Дж. (Ferber J.) [22], Видал Дж.М. (Vidal J.M.) [28], Виттих В.А., Ржевский Г.А., Скобелев П.О. [8], Городецкий В.И. [10], Кудрявцев В.Б. [12], Васильев С.Н. [7], Бусленко Н.П. [6] и пр. Одним из направлений агентно-ориентированного подхода является разработанная Харитоновым В.А., Алексеевым А.О. концепция субъектно-ориентированного управления в социально-экономических системах [17], в рамках которой для моделирования поведения людей в задачах выбора используются математические модели их предпочтений.

Эгоистическое поведение экономических субъектов, осуществляющих предпринимательскую и управленческую деятельность на базе объекта коммерческой недвижимости, может приводить к снижению общих результатов экономической деятельности этих субъектов, поскольку результаты деятельности одних зависят от действий

других, и наоборот. Такое явление можно отнести к проблемам общественного блага (от англ. *good public problem*) и «безбилетника» (от англ. *freerider problem*). Сложность исследования и прогнозирования экономических процессов обычно связывали с неполнотой или асимметричностью информированности участников. Однако результаты исследований экспериментальной и поведенческой экономики (Канеман Д. (Kahneman D.) и Тверски А. (Tversky A.) [24], Смит В. (Smith V.L.) [27], Ариэли Д. (Ariely D.) [19], Бинмор К. (Binmore K.) [21], Акерлоф Дж. (Akerlof G.) и Шиллер Р. (Shiller R.J.) [18], Белянин А.В. [3] и др.) показывают, что люди ведут себя иногда иррационально, и это является неизбежным источником погрешности любого математического моделирования.

Неопределенность ситуации повышается в связи с тем, что даже рациональные люди, склонные к стратегическому поведению, не во всех случаях придерживаются равновесных и/или оптимальных стратегий. Кроме того, равновесные ситуации не всегда являются устойчивыми, то есть ошибочное действие одного участника (или осознанное с целью дестабилизации равновесной ситуации) может приводить к непредсказуемым последствиям, например, к каскадному эффекту. Эффективность взаимодействия активных и целеустремленных экономических субъектов (агентов) исследовалось специалистами по теории игр Нэшем Дж. (Nash J.) [26], Эрроу К.Дж. (Arrow K.J.) [20], Мейерсоном Р. (Myerson R.B.) [25], Гермейером Ю.Б. [9], Айзерманом М.А. и Алескеровым Ф.Т. [1], Петросян Л.А. [13], Бурковым В.Н., Новиков Д.А. [4], Губко М.В. [11], Коргиным Н.А. [5] и др. Теоретико-игровые исследования занимаются поиском равновесных стратегий по Нэшу, Парето, равновесия в доминантных стратегиях и др.

Исходя из выше сказанного, следует отметить, что задача управления коммерческой недвижимостью имеет высокую степень неопределенности, ключевым источником которой является человеческий фактор, и управление коммерческой недвижимостью должно осуществляться с учетом стратегического поведения экономических субъектов.

Моделирование взаимодействия между управляющей компанией и арендаторами. В практике управления объектами коммерческой недвижимости (ОКН) распространена форма взаимодействия между управляющей компанией и арендаторами в виде фиксированной арендной ставки и процента с продаж арендаторов. Таким образом, управляющая компания явным образом заинтересована в увеличении прибыли арендаторов, поскольку это позволит увеличить арендные платежи.

Ранее автором [2] были разработаны модели оценки качества и потребительской привлекательности ОКН и математически сформулирована задача оптимального управления. Анализ эффективности предпринимательской деятельности экономических субъектов возможен с помощью графоаналитических методов. Анализ эффективности управленческой деятельности экономических субъектов целесообразно рассматривать через зависимость экономических показателей к изменению затрат на повышение качества объекта коммерческой недвижимости [15].

В исследуемой модели к внутренним факторам, описывающим ОКН, отнесены x_1 – площадь, x_2 – ассортимент товаров, x_3 – транспортная доступность, x_4 – эстетический параметр, x_5 – акции и скидки, x_6 – качество товаров, x_7 – наличие брендов и x_8 – мероприятия. Качество ОКН в целом можно вычислить с помощью геометрической взвешенной модели (1):

$$Q = \prod_l Q_l(x_l)^{q_l} = Q_1(x_1)^{0,12} \cdot Q_2(x_2)^{0,15} \cdot Q_3(x_3)^{0,15} \cdot Q_4(x_4)^{0,12} \cdot Q_5(x_5)^{0,11} \cdot Q_6(x_6)^{0,15} \cdot Q_7(x_7)^{0,12} \cdot Q_8(x_8)^{0,08}$$

(1)

где $Q_l(x_l)$ – значение оценки фактора ОКН x_l в относительной шкале $[0,1]$; q_l – взвешенные коэффициенты, показывающие важность фактора x_l для потребителей, сумма которых должна быть равна единице (данные, полученные в ходе социологического (маркетингового) исследования торгово-развлекательных комплексов (ТРК) города Перми [16], в котором респондентам предлагалось оценить насколько им важен каждый из параметров ТРК).

Рассмотрим пример, когда стратегия экономических субъектов ТРК зависит от четырех вариантов затрат на изменение четырех управляемых критериев (табл. 1). В работе [15] было показано, что прибыль экономических субъектов может оказаться меньше даже при условии увеличения числа посетителей и покупателей. Оптимальным решением задачи управления ТРК является такое распределение бюджета экономических субъектов на изменение управляемых факторов, которое обеспечивает максимум их персональной прибыли.

Таблица 1. Пример распределения вариантов затрат на управление четырьмя критериями

Варианты распределения затрат на управление	реклама /бренды	эстетический вид	кач-во товаров	мероприятия
	X1	X2	X3	X4
CF1	40	0	100	25
CF2	60	120	200	40
CF3	90	250	300	55
CF4	120	500	400	70

При этом количество стратегий каждого экономического субъекта будет определяться по формуле (2):

$$N_{стратегий} = n^m, \quad (2)$$

где n – количество вариантов затрат на изменение критериев, m – количество критериев (факторов), которыми может управлять экономический субъект.

Ниже (рис. 1) показана зависимость оптимальной по критерию максимизации прибыли стратегии экономических субъектов ТРК от изменения уровня потребления, который, с одной стороны, отражает, какая часть посетителей совершает покупки в ТРК (коэффициент конвертации – μ , от англ. *Customer Conversion Ratio*), а с другой стороны, выражается в средней сумме покупок, которые совершают посетители ТРК (размер среднего чека – Ar). Эти факторы описывают изменения внешней среды.

Анализ чувствительности (рис. 1) показывает, что при росте уровня потребления становится выгодно вкладывать деньги в развитие и продвижение ТРК, однако задача поиска оптимального распределения средств на управление ТРК является не тривиальной задачей и её решение довольно трудоемко, что делает востребованным создание системы поддержки принятия управленческих решений. Следует также заметить, что управляющий и арендаторы имеют разные возможности по развитию и продвижению ТРК, например, качество товаров является контролируемым фактором со стороны арендаторов, а эстетический вид может быть изменен управляющим как у объекта в целом, так и арендатором(-ами) – отдельной торговой или развлекательной точки(-ек), поэтому требуется система поддержки принятия индивидуальных решений (СППИР).

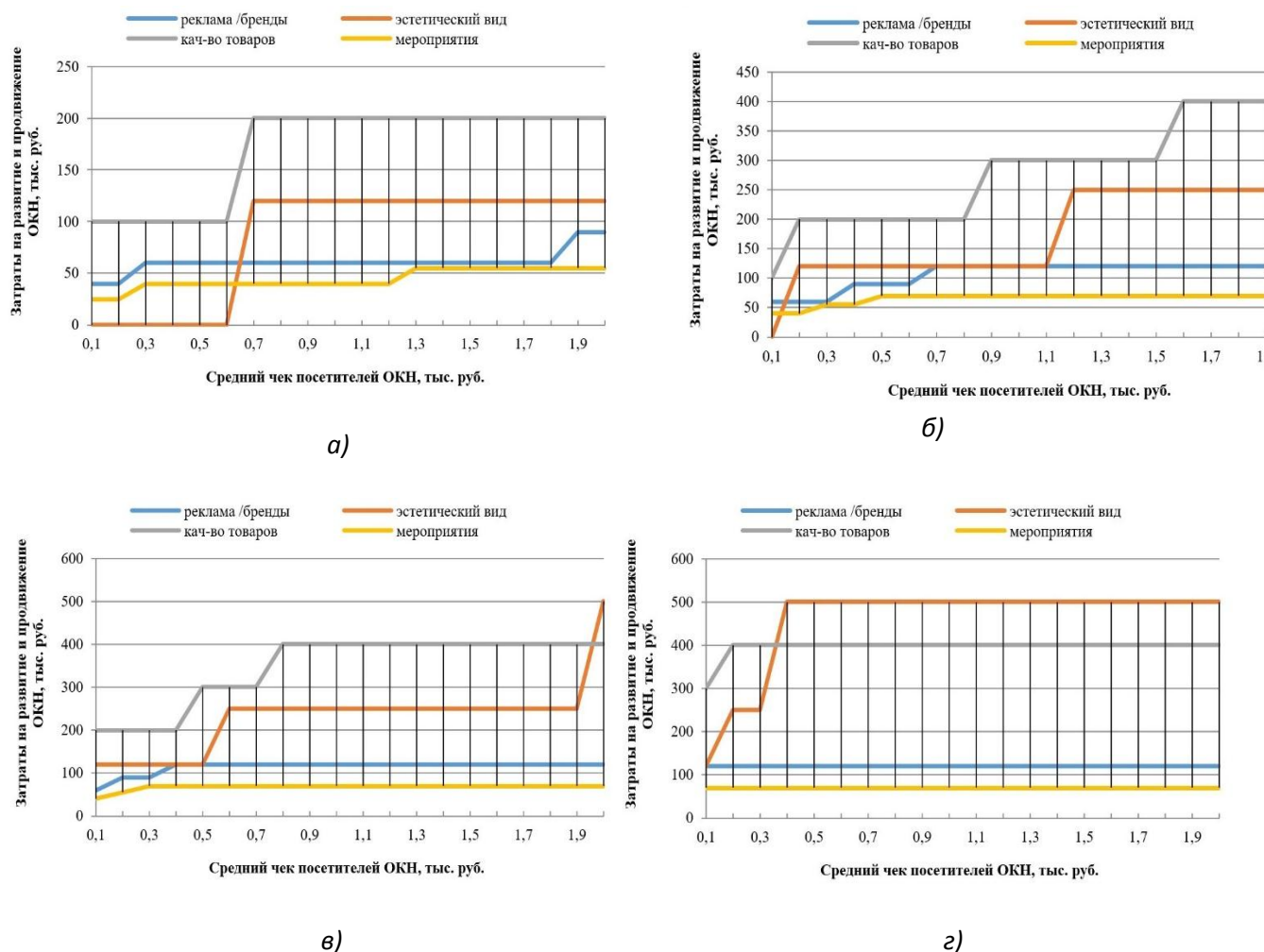


Рис. 1. Анализ чувствительности оптимальной стратегии экономических субъектов ТРК к изменению среднего чека при различных коэффициентах конвертации

Примечание: а) – при $\mu=0.01$, покупку совершает каждый сотый посетитель ОКН; б) – при $\mu=0.05$, покупку совершает каждый двадцатый посетитель ОКН; в) – при $\mu=0.1$, покупку совершает каждый десятый посетитель ОКН; г) – при $\mu=0.5$, покупку совершает каждый второй посетитель ОКН.

Средой для разработки системы поддержки индивидуальных управленческих решений выбран программный продукт RDS (Расчет Динамических Систем / Research of Dynamic Systems) [14], позволяющий осуществлять имитационное моделирование и проводить деловые игры с реальными людьми (рис. 2).

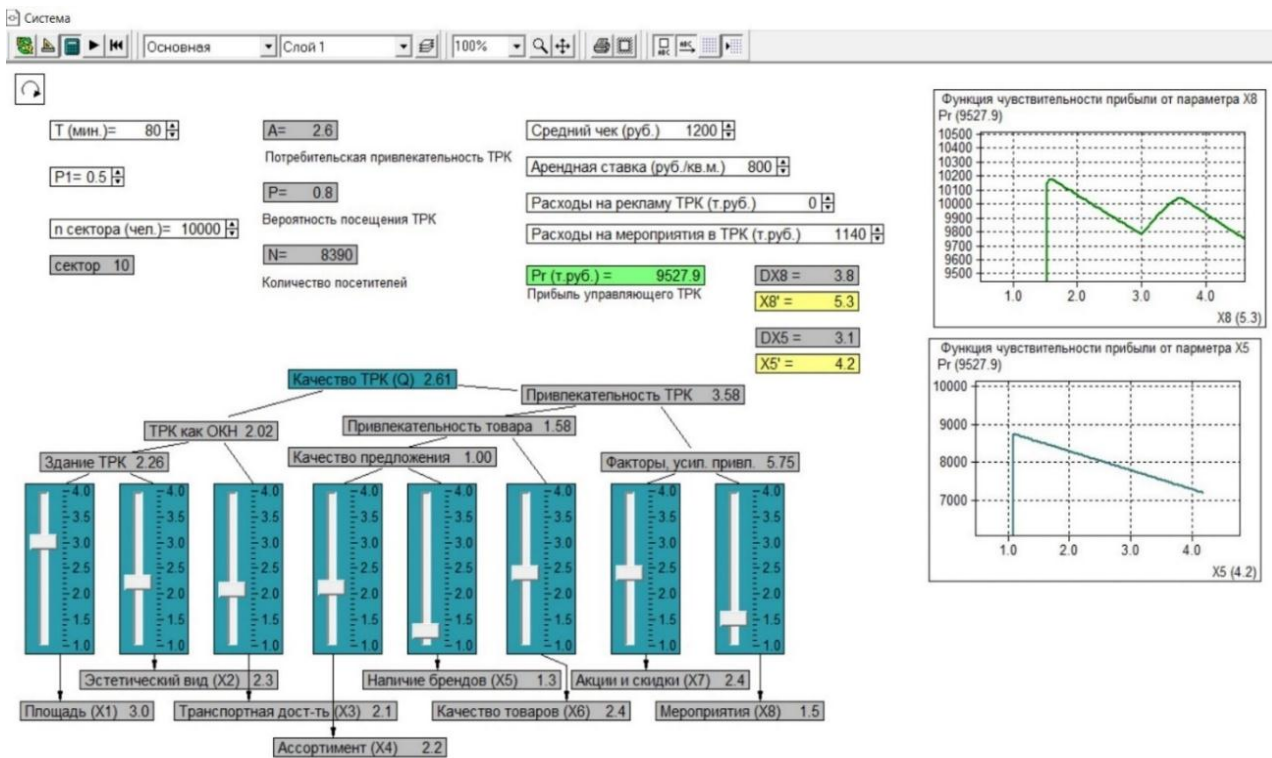


Рис. 2. Экранная форма системы поддержки принятия решений для Управляющего в среде RDS

Экранная форма Арендатора (рис. 3) отличается от формы Управляющего дополнительными возможностями влиять на результаты управленческой деятельности, например, вкладывать деньги в расширение ассортимента и увеличение качества товаров, а также определять цены на продукцию и размер скидок. В правой части экрана строятся графики прибыли от контролируемых факторов.

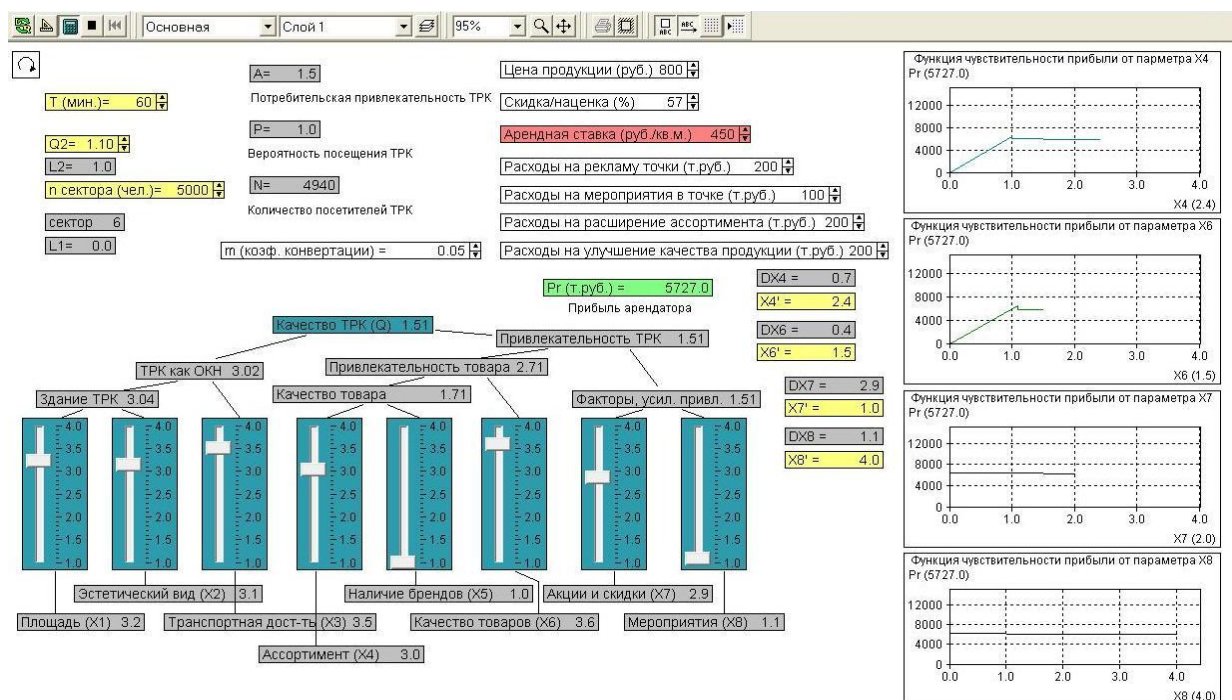


Рис. 3. Экранная форма системы поддержки принятия решений для Арендатора в среде RDS

Заключение. Учет стратегического поведения экономических субъектов, осуществляющих предпринимательскую деятельность на базе объекта коммерческой недвижимости, а также разработанная система поддержки принятия индивидуальных решений, могут снизить степень неопределенности на этапе разработки и принятия управленческого решения.

Полученное с помощью СППИР решение соответствует ситуации, когда отдельный экономический субъект действует индивидуально, с целью достижения максимума персональной прибыли. Однако решения, принимаемые другими участниками исследуемой экономической системы, оказывают влияние на результаты деятельности всех участников. Следовательно, необходима теоретико-игровая постановка и исследование задачи управления коммерческой недвижимостью для учета пересекающихся интересов экономических субъектов, в том числе конфликта.

Дополнительно может быть проведено экспериментальное исследование стратегического поведения арендаторов путем проведения деловых игр с участием реальных людей, выполняющих некоторые профессиональные роли и действующих по определённым правилам с заданными условиями игры, целями и критериями их достижения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Айзерман М.А., Алескеров Ф.Т. Выбор вариантов: основы теории. – Наука, 1990.
2. Алексеев А.О., Спирина В.С., Коргин Н.А. Технология управления объектом коммерческой недвижимости с учетом потребительских предпочтений // Управление большими системами. 2016. № 62. С. 124–168.
3. Белянин А.В., Зинченко В.П. Доверие в экономике и общественной жизни // М.: Фонд «Либеральная миссия». – 2010. – с. 164.
4. Бурков В.Н., Новиков Д.А. Введение в теорию активных систем // М.: ИПУ РАН. – 1996. – с. 125.
5. Бурков В.Н., Новиков Д.А., Коргин Н.А. Введение в теорию управления организационными системами. Учебник / Под ред. Д. А. Новикова. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009. – 264 с.
6. Бусленко Н.П. Моделирование сложных систем. – 1968.
7. Васильев С.Н. От классических задач регулирования к интеллектуальному управлению. II // Известия РАН. Теория и системы управления. – 2001. – №.2. – С. 5-21.
8. Виттих В.А., Ржевский Г.А., Скобелев П.О. Мультиагентные модели взаимодействия в процессах принятия решений // Труды. – 2002. – С. 116-126.
9. Гермейер Ю.Б. Введение в теорию исследования операций. – 1971.
10. Городецкий В.И. и др. Прикладные многоагентные системы группового управления // Искусственный интеллект и принятие решений. – 2009. – №. 2. – С. 3-24.
11. Губко М.В., Новиков Д.А. Теория игр в управлении организационными системами. – М.: Синтег, 2002. – 148 с.
12. Кудрявцев В. Б., Алёшин С. В., Подколзин А. С. Введение в теорию автоматов. – 1985.
13. Петросян Л. А., Зенкевич Н. А., Семина Е. А. Теория игр // М.: ВШ. – 2012.

14. Рошин А.А. Расчет Динамических Систем (РДС). Руководство для программистов. Приложение: описание функций и структур. Приложение к руководству для программистов. М.: ИПУ РАН. 2012. 719 с.
15. Спирина В.С., Алексеев А.О. Анализ экономической эффективности решений, принимаемых при управлении коммерческой недвижимостью (на примере торгово-развлекательных комплексов) // Прикладная математика и вопросы управления. 2016. №1. С. 93–108.
16. Спирина В.С., Алексеев А.О. Моделирование и прогнозирование посещаемости коммерческой недвижимости на основе оценки ее потребительской привлекательности (на примере торгово-развлекательных комплексов) // Актуальные проблемы экономики и права. 2015. №1(33). С. 209–217.
17. Харитонов В.А. Концепция субъектно-ориентированного управления в социальных и экономических системах / В.А. Харитонов, А.О. Алексеев // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2015. – №05(109). С. 690–706. – IDA [article ID]: 1091505043. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2015/05/pdf/43.pdf>.
18. Akerlof G. A., Shiller R. J. Animal spirits: How human psychology drives the economy, and why it matters for global capitalism. – Princeton University Press, 2010.
19. Ariely D. Predictably irrational. – New York : HarperCollins, 2008. – С. 20.
20. Arrow K.J. Social choice and individual values // Chicago: Univ. of Chicago, 1951. – 204 p.
21. Binmore K. Rational decisions. – Princeton University Press, 2008.
22. Ferber J. Multi-agent systems: an introduction to distributed artificial intelligence. – Reading: Addison-Wesley, 1999. – Т. 1.
23. Hewitt C. Viewing control structures as patterns of passing messages // Artificial intelligence. – 1977. – Т. 8. – №. 3. – С. 323-364.
24. Kahneman D., Slovic P., Tversky A. Judgment under uncertainty: Heuristics and biases. — Cambridge: Cambridge University Press, 1982. — 555 с.
25. Myerson R.B. Game theory: analysis of conflict. – London: Harvard Univ. Press, 1991.
26. Nash J.F. Two-person cooperative games // Econometrica. – 21. – 1953. – 128-140 pp.
27. Smith V. L. Experimental economics: Induced value theory //The American Economic Review. – 1976. – Т. 66. – №. 2. – С. 274-279.
28. Vidal J. M., Vidal J. M. Fundamentals of multiagent systems. – 2006.
29. Weiss G. Multiagent systems: a modern approach to distributed artificial intelligence. – MIT press, 1999.
30. Wooldridge M. An introduction to multiagent systems. – John Wiley & Sons, 2009.

**ABOUT THE NECESSARY BY SYSTEM OF INDIVIDUAL SOLUTIONS ADOPTION
SUPPORT OF ECONOMIC SUBJECTS FOR THE TASK
OF PROPERTY MANAGEMENT**

Varvara S. Spirina

Postgraduate student, Perm National Research Polytechnic University (PNRPU)

Komsomolsky av., 29, 614990, Perm, Russia, e-mail: spirina@cems.pstu.ru

Abstract. Need of the accounting of the additional factors influencing consumer appeal of objects the commercial real estate is proved. On the example of shopping malls gives the results of a computing experiment showing dependence of optimum strategy of economic subjects on development and advance of shopping malls from change of consumption level. The screen form of system of support of adoption of individual decisions of the managing director of shopping malls is showing.

Keywords: commercial real estate; management of the real estate; consumer appeal; strategic behavior; economic subjects; behavioral economy.

References

1. Ajzerman M.A., Aleskerov F.T. Vybory variantov: osnovy teorii [Choice of options: theory bases]. Nauka, 1990. (in Russian)
2. Alekseev A.O., Spirina V.S., Korgin N.A. Tehnologija upravlenija ob#ektom kommercheskoj nedvizhimosti s uchetom potrebitel'skih predpochtenij [Commercial real estate management technology taking into account consumer preferences] // Управление большими системами = Large-scale Systems Control. 2016. No.62. Pp. 124–168. (in Russian)
3. Beljanin A.V., Zinchenko V.P. Doverie v jekonomike i obshhestvennoj zhizni [Trust in economy and public life] // Moscow: Fond «Liberal'naja missija». 2010. p. 164. (in Russian)
4. Burkov V.N., Novikov D.A. Vvedenie v teoriju aktivnyh sistem [Introduction to the theory of active systems]. Moscow: ICS of Russian Academy of Science. 1996. p. 125. (in Russian)
5. Burkov V.N., Novikov D.A., Korgin N.A. Vvedenie v teoriju upravlenija organizaci-onnymi sistemami. Uchebnik [Introduction to the theory of management of organizational systems. Textbook]. Moscow: Knizhnyj dom «LIB-ROKOM», 2009. 264 p. (in Russian)
6. Buslenko N.P. Modelirovanie slozhnyh sistem [Modeling of difficult systems]. 1968. (in Russian)
7. Vasil'ev S.N. Ot klassicheskikh zadach regulirovanija k intellektnomu upravleniju [From classical problems of regulation to intellektny management] // Izvestija RAN. Teorija i sistemy upravlenija. 2001. No.2. pp. 5-21. (in Russian)
8. Vittih V.A., Rzhetskij G.A., Skobelev P.O. Mul'tiagentnye modeli vzaimodejstvija v processah prinjatija reshenij [Multiagentny models of interaction in decision-making processes] // Trudy. 2002. pp. 116-126. (in Russian)

9. Germejer Ju.B. Vvedenie v teoriju issledovaniya operacij [Introduction to the theory of a research of operations]. 1971. (in Russian)
10. Gorodeckij V.I. i dr. Prikladnye mnogoagentnye sistemy gruppovogo upravlenija [Applied mnogoagentny systems of group management] // *Iskusstvennyj intellekt i prinjatие reshenij*. 2009. No.2. pp. 3-24. (in Russian)
11. Gubko M.V., Novikov D.A. Teorija igr v upravlenii organizacionnymi sistemami [Game theory in management of organizational systems]. Moscow: Sinteg, 2002. 148 p. (in Russian)
12. Kudrjavcev V. B., Aljoshin S. V., Podkolzin A. S. Vvedenie v teoriju avtomatov [Introduction to the theory of automatic machines]. 1985. (in Russian)
13. Petrosjan L. A., Zenkevich N. A., Semina E. A. Teorija igr [Game theory] // Moscow: VSh. 2012. (in Russian)
14. Roshhin A.A. Raschet Dinamicheskikh Sistem (RDS) [Research of Dynamic Systems]. Moscow: ICS of Russian Academy of Science. 2012. 719 p. (in Russian)
15. Spirina V.S., Alekseev A.O. Analiz jekonomicheskoy jeffektivnosti reshenij, prinimaemyh pri upravlenii kommercheskoj nedvizhimost'ju (na primere torгово-razvlekatel'nyh kompleksov) [The Analysis of Economic Efficiency of the Decisions Made at Management of Commercial Real Estate (on the Example of Shopping Malls)] // Прикладная математика и вопросы управления = Applied mathematics and control sciences. 2016. No.1. Pp. 93–108. (in Russian)
16. Spirina V.S., Alekseev A.O. Modelirovanie i prognozirovanie poseshchaemosti kommercheskoi nedvizhimosti na osnove otsenki ee potrebitel'skoi privlekatel'nosti (na primere torгово-razvlekatel'nykh kompleksov) [Modeling and forecasting of attendance of commercial real estate on the basis of an assessment of her consumer appeal (on the example of shopping malls)] // *Aktual'nye problemy ekonomiki i prava* = Актуальные проблемы экономики и права. 2015. No.1(33). Pp. 209–217. (in Russian)
17. Haritonov V.A. Konceptija sub#ektno-orientirovannogo upravlenija v social'nyh i jekonomicheskikh sistemah [The concept of the subject focused management in social and economic systems] / V.A. Haritonov, A.O. Alekseev // *Politematicheskij setевой jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* (Nauchnyj zhurnal KubGAU). Krasnodar: KubGAU, 2015. No. 05(109). p. 690–706. URL: <http://ej.kubagro.ru/2015/05/pdf/43.pdf>. (in Russian)
18. Akerlof G. A., Shiller R. J. Animal spirits: How human psychology drives the economy, and why it matters for global capitalism. Princeton University Press, 2010.
19. Ariely D. Predictably irrational. New York : HarperCollins, 2008. p. 20.
20. Arrow K.J. Social choice and individual values // Chicago: Univ. of Chicago, 1951. 204 p.
21. Binmore K. Rational decisions. Princeton University Press, 2008.
22. Ferber J. Multi-agent systems: an introduction to distributed artificial intelligence. Reading: Addison-Wesley, 1999. Vol. 1.
23. Hewitt C. Viewing control structures as patterns of passing messages // *Artificial intelligence*. 1977. Vol. 8. No. 3. pp. 323-364.

24. Kahneman D., Slovic P., Tversky A. Judgment under uncertainty: Heuristics and biases. Cambridge: Cambridge University Press, 1982. 555 p.
25. Myerson R.B. Game theory: analysis of conflict. London: Harvard Univ. Press, 1991.
26. Nash J.F. Two-person cooperative games // Econometrica. No. 21. 1953. 128-140 pp.
27. Smith V. L. Experimental economics: Induced value theory //The American Economic Review. 1976. Vol. 66. No. 2. pp. 274-279.
28. Vidal J. M., Vidal J. M. Fundamentals of multiagent systems. 2006.
29. Weiss G. Multiagent systems: a modern approach to distributed artificial intelligence. MIT press, 1999.
30. Wooldridge M. An introduction to multiagent systems. John Wiley & Sons, 2009.

МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ НА ОСНОВАНИИ ОЦЕНКИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА СЛОЖНОЙ ТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ (НЕФТЕХИМИЧЕСКАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ)

Кузьменко Наталья Викторовна

К.т.н., доцент кафедры автоматизации технологических процессов,

e-mail: nataly_06@inbox.ru

Куликов Владимир Викторович

Аспирант кафедры вычислительных машин и комплексов, e-mail: w-kulikov@mail.ru

Ангарский государственный технический университет,

665830, г. Ангарск, ул. Чайковского 60

Аннотация. В статье рассматривается система поддержки принятия решений на основании показателей качества сложной технической системы. Предложены возможные варианты показателей качества сложной технической системы. Обоснована необходимость разработки системы поддержки принятия решений на основе показателей качества. Разработана формализованная модель химико-технологической установки. Разработан вариант блок-схемы системы поддержки принятия решений.

Ключевые слова. Показатели качества сложной технической системы, модель химико-технологической установки, система поддержки принятия решений.

Введение. В процессе эксплуатации сложной технической системы (СТС), технологического участка, установки, цеха нефтехимической промышленности у руководителей всех уровней возникает необходимость принимать различные управленческие решения, основанные на получаемой информации. Применяемые для этого информационные системы предприятия основаны на сборе информации о функционировании СТС [5, 8]. Часть из них содержит информацию полную и объективную, так как она поступает от автоматизированных и независимых источников, а другая часть содержит информацию, которая не всегда соответствует действительному положению дел, так как частично вносится в программу персоналом и носит субъективный характер. Для получения актуальной и достоверной информации об объекте управления необходима система поддержки принятия решений, в которую будет поступать информация как с существующих систем, так и независимых источников, основанных на оценке показателей качества СТС.

1. Показатели качества сложной технической системы. Показатели качества всех составляющих СТС, например, нефтеперерабатывающего предприятия, определяются стандартами [1] и дополняются в зависимости от различного рода регламентирующих документов, правил, требований для данной отрасли промышленности. Рассматривая показатели качества функционирующей СТС, на основании вышесказанного можно сделать следующую классификацию:

– по отношению к свойствам продукции, используемой в технологическом процессе – показатели назначения, надежности, технологичности, эргономические, эстетические, стандартизации, патентно-правовые, экономические;

– по методу определения в процессе эксплуатации – показатели инструментальные, расчетные, статистические, органолептические, экспертные, социологические, комбинированные.

Рассмотрение вышеприведённых показателей качества производится на стадии эксплуатации СТС.

В связи с появлением новых взаимоотношений между предприятиями и различными обслуживающими организациями возникает необходимость контроля качества оказываемых услуг.

К показателям качества организаций, оказывающих услуги, можно отнести:

- материально-техническая база предприятия (организации);
- санитарно-эпидемиологические и эргономические условия обслуживания потребителя;
- этика общения и возможность получения дополнительных услуг;
- продолжительность исполнения услуги, включая время ожидания или время обслуживания потребителя.

Перечень показателей качества оказываемых услуг: надежность результатов услуги, стойкость результата услуги к внешним воздействиям, помехозащищенность, совместимость.

Надежность результатов услуги может рассматриваться через безотказность, долговечность, сохраняемость, ремонтпригодность и другие комплексные показатели.

Среди критериев стойкости результата услуги к внешним воздействиям выделяют стойкость к механическим воздействиям, к климатическим воздействиям, к специальным видам воздействий.

Помехозащищенность рассматривается в результате или в процессе оказания услуги.

В надежность предоставления услуги входит своевременность и точность выполнения заказа по срокам, объемам, номенклатуре, по позициям договора.

К показателям совместимости можно отнести функциональную, геометрическую, биологическую, электромагнитную, электрическую, прочностную, программную, технологическую, метрологическую, информационную.

Также имеет значение качество исходной информации, поступающей в СППР, которое определяется различными свойствами информации. Информация должна быть выражена в таком виде, который был бы понятен её получателю (доступность информации). Информация должна быть актуальной и достоверной. Информация должна содержать минимальный, но достаточный для принятия верного управленческого решения состав. Информация, поступающая в СППР, должна быть правильно отобрана и сформирована для адекватного отражения свойств объекта или процесса.

Получить такую информацию можно при наличии СППР, основанной на полной, достоверной информации о значениях параметров показателей качества и выработанных системой различных вариантов управленческих решений. При этом необходимо осуществлять причинно-следственный анализ по каждому решению с внесением поправок и учетом всех возможных последствий.

Качество исходной информации [7] имеет значение для достижения цели любой СТС в нефтехимической промышленности – получение продукции с заданными пределами

параметров качества. Достижение этой цели возможно только при правильной организации управления СТС, которая характеризуется значительным разнообразием подсистем, элементов подсистем, внесистемных составляющих, в том числе информационными потоками и связями, и большой разрозненностью структур.

2. Формализованная модель химико-технологической установки. На рисунке 1 изображена формализованная модель химико-технологической установки, которая представлена иерархией подсистем, элементов подсистем и внесистемных составляющих [2,3]. К подсистемам первого уровня можно отнести: технологическое оборудование, в том числе машины и механизмы, технологический процесс, энергохозяйство, системы жизнеобеспечения, здания и сооружения, персонал и т.д. Каждая такая подсистема содержит подсистемы второго уровня, далее следуют элементы подсистем и внесистемные составляющие.

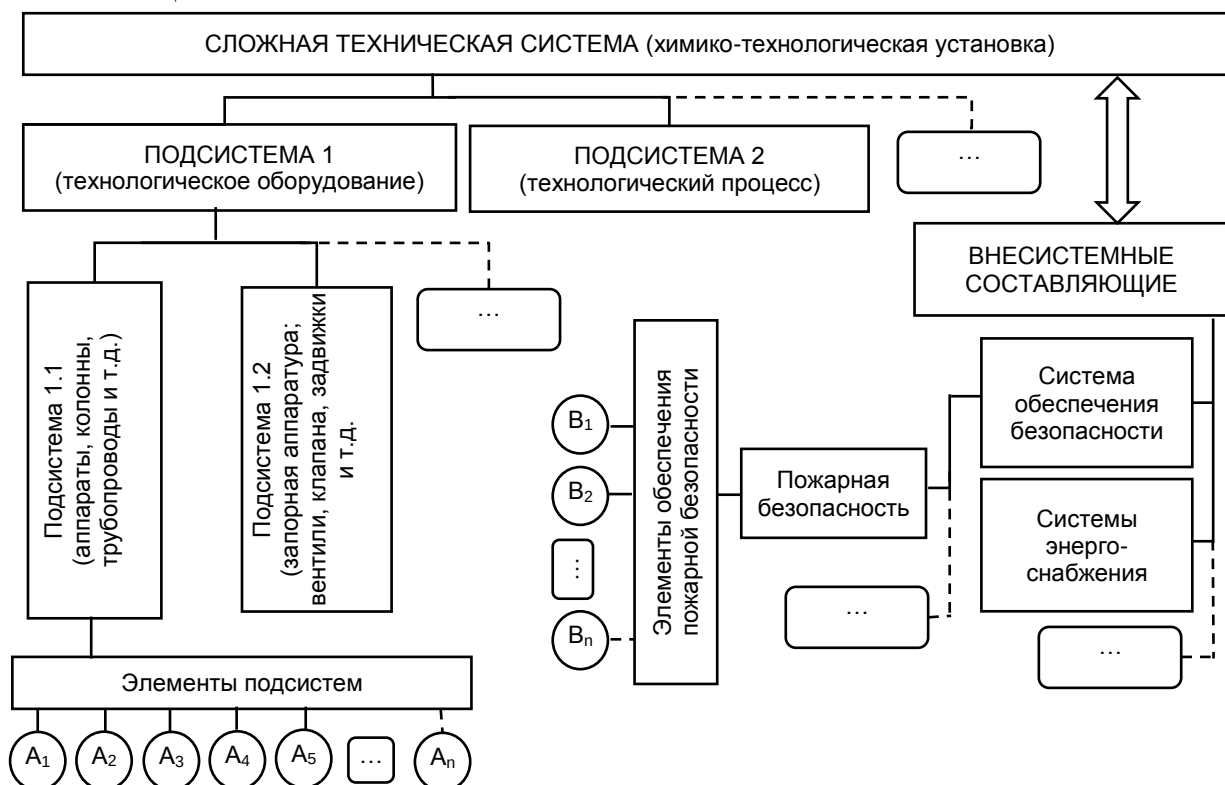


Рис. 1. Формализованная структурная модель химико-технологической установки

Из анализа структурной модели следует, что действующие на этапе эксплуатации системы иерархии управления горизонтальные связи между подсистемами и внесистемными составляющими, не позволяют достичь максимального эффекта от принятых управленческих решений по работе всего предприятия в связи с отсутствием всесторонней качественной информации о состоянии объекта и анализа этой информации для выработки конкретных наиболее соответствующих решений.

Внесистемные организации (например, подрядные организации, выполняющие работы по ремонту, обслуживанию, обеспечению безопасности и систем связи, обслуживанию инфраструктуры информационных систем, и т.д.) осуществляют работы, от качества которых зависит работа всей установки в целом. При этом показатели качества этих работ не контролируются в полном объеме, что ведет к созданию различного рода нестандартных и аварийных ситуаций.

В связи с вышесказанным появляется необходимость создания моделей (математических и др.) функционирования СТС, основанных на оценке показателей качества с целью разработки моделей СППР для выработки конкретных управленческих решений.

Из приведённой на рисунке 1 модели объекта видно, что определение всех показателей и параметров качества СТС является многоаспектной, многофакторной и трудоёмкой задачей, требующей привлечения специалистов и экспертов различных областей знаний.

К недостаткам существующих в настоящее время информационных систем, применяемых для выработки управленческого решения, можно отнести:

- отсутствие полной достоверной информации;
- отсутствие возможности ранжировать приоритеты;
- невозможность производить учёт неопределённости в оценках;
- отсутствие анализа оценок возможных альтернатив;
- отсутствие причинно-следственного анализа результата принятия решений;
- отсутствие выбора оптимальных вариантов;
- отсутствие анализа возможных последствий принятых решений.

При анализе нефтеперерабатывающего предприятия на примере конкретной установки с точки зрения применяемых информационных систем управления выясняется, что количество программ достаточно велико, и получение необходимой информации для текущей работы и принятия управляющих решений требует много времени, так как программы приобретены в разное время, у разных производителей, имеют разнообразные интерфейсы, что в совокупности сильно затрудняет работу.

При создании новых систем, основанных на показателях качества, необходимо ввести дополнительные варианты получения достоверной информации, например, системы видеонаблюдения или тепловизионного наблюдения за работой всей СТС.

3. Блок-схема системы поддержки принятия решений. При рассмотрении варианта создания модели системы принятия решений необходимо определить для руководителя какого уровня разрабатывается данная программа, затем определяются границы ответственности по объекту управления. На основании полной структурной модели объекта определяются все подсистемы, их уровень, все элементы подсистем и все возможные внесистемные составляющие, от которых зависит функционирование этого объекта.

Следующим этапом формулируется перечень всех возможных проблем, целей и задач системы, критериев достижения цели, множества альтернатив, делается анализ [4, 6, 8].

Информация с объекта поступает в подсистему мониторинга состояния объекта управления, включающую в себя независимые автоматизированные источники информации, через базу данных, знаний и моделей, используя известные варианты решённых задач по принятию решений в подобных ситуациях и различные методы поддержки принятия решений формируется управляющее воздействие и через экспертный модуль отображается на интерфейсе СППР. Лицо принимающее решение оценивает достижимость поставленной цели и утверждает решение.

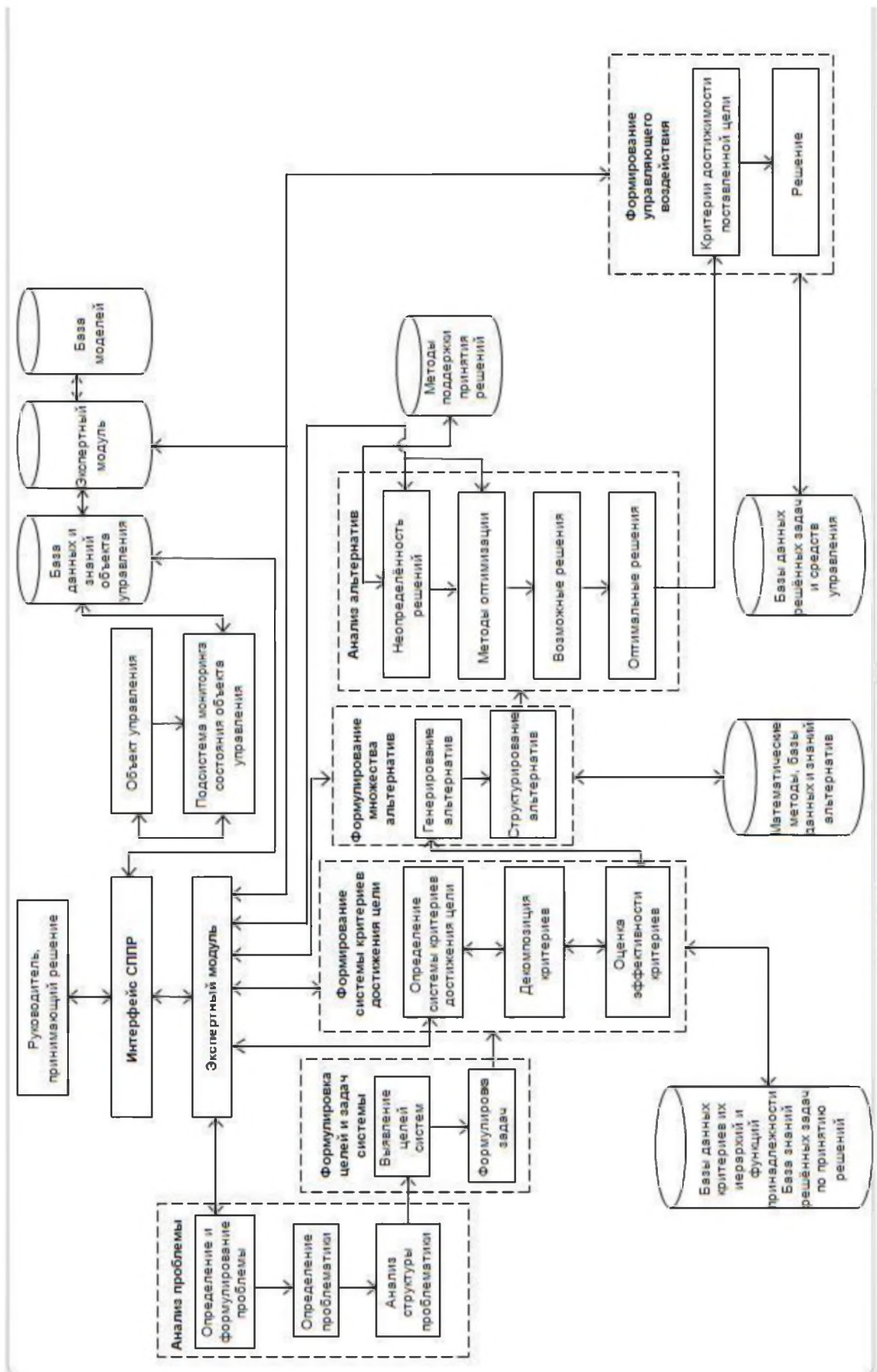


Рис. 2. Блок-схема системы поддержки принятия решений

Предложенная блок-схема (рис. 2) может послужить основой для создания новой информационной системы поддержки принятия решений, простой в использовании и имеющей возможность предоставить информацию из любой применяемой на предприятии системы и всю информацию по установке, не фиксируемую в других системах, и в том числе с систем видео- и тепловизионного наблюдений. Целью такой СППР является повышение эффективности принятых решений на основании полной, доступной и достоверной информации.

Заключение. Управление установками нефтехимической промышленности (СТС) на этапе эксплуатации требует принятия точных, обдуманных и своевременных решений. В статье рассмотрен подход к разработке системы поддержки принятия решений химико-технологической установки на основании показателей качества сложной технической системы. Разработана блок-схема системы поддержки принятия решений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 52113 – 2014. Услуги населению. Номенклатура показателей качества услуг. Введ. 2016-01-01. М.: Стандартиформ. 2015. 20 с.
2. Згуровский М.З., Панкратова Н.Д. Системный анализ: проблемы, методология, приложения. Киев: Наукова думка. 2005. 743 с.
3. Ирзаев Г.Х. Экспертные методы управления технологичностью промышленных изделий. М.: Инфра-Инженерия. 2010. 192 с.
4. Казиев В.М. Введение в анализ, синтез и моделирование систем: учебное пособие. М.: Бином. Лаборатория знаний. 2007. 244 с.
5. Замятин М.В., Мантуров В.Ю., Чистова Е.И. Системы производственного контроля и учета ангарской нефтехимической компании на базе PI SYSTEM // Автоматизация в промышленности. 2014. Т. 10. С. 9–15.
6. Моисеев Н.Н. Математические задачи системного анализа. М.: Наука, 1981. 488 с.
7. Рыков А.С. Системный анализ: модели и методы принятия решений и поисковой оптимизации. М.: МИСиС. 2009. 608 с.
8. Рылов М.А., Софиев А.Э. Построение модели качества продукции на основе данных единого информационного пространства предприятия // Приборы. 2012. №10. С. 23–29.

**MODEL OF DECISION SUPPORT SYSTEM ON THE BASIS OF ASSESSMENT OF
INDEXES OF QUALITY OF THE COMPLEX TECHNICAL SYSTEMS
(PETROCHEMICAL INDUSTRY)**

Nataly V. Kuzmenko

PhD in Engineering science, Associate Professor, Department of automation of technological processes, e-mail: nataly_06@inbox.ru

Vladimir V. Kulikov

Postgraduate, Department of computing machines and complexes,
e-mail: w-kulikov@mail.ru

Angarsk State Technical University,
665830, Angarsk, Tchaikovsky str., 60

Abstract. In article the decision support system on the basis of indexes of quality of the composite technical system is considered. Optional versions of indexes of quality of the composite technical system are offered. Need of development of the system of support of a decision making on the basis of indexes of quality is proved. The formalized model of chemical-technological plant is developed. The version of the flowchart of decision support system is developed.

Keywords. Indexes of quality of the complex technical systems, model of chemical-technological plant, complex technical systems.

References

1. GOST R 52113 – 2014. Uslugi naseleniju. Nomenklatura pokazatelej kachestva uslug [Services for the population. Nomenclature of service quality indicators]. Vved. 2016-01-01. Moscow: Standartinform Publ. 2015. 20 p.
2. Zgurovskij M.Z., Pankratova N.D. Sistemnyj analiz: problemy, metodologija, prilozhenija [Systems analysis: problems, methodology, applications]. Kiev: Naukova dumka = Scientific though. 2005. 743 p. (in Russian).
3. Irzaev G.H. Jekspertnye metody upravlenija tehnologichnost'ju promyshlennyh izdelij [Expert methods of control of manufacturability of industrial products]. M.: Infra-Inzhenerija. 2010. 192 p. (in Russian).
4. Kaziev V.M. Vvedenie v analiz, sintez i modelirovanie sistem: uchebnoe posobie [Introduction to analysis, synthesis and modeling of systems: a tutorial]. M.: Binom. Laboratorija znanij = Binom. Knowledge laboratory. 2007. 244 p. (in Russian).
5. Zamjatin M.V., Manturov V.Ju., Chistova E.I. Sistemy proizvodstvennogo kontrolja i ucheta angarskoj neftehimicheskoj kompanii na baze PI SYSTEM [Systems of production control and accounting of the Angarsk petrochemical company based on PI SYSTEM] // Avtomatizacija v promyshlennosti = Automation in Industry. 2014. no. 10. Pp. 9–15. (in Russian).
6. Moiseev N.N. Matematicheskie zadachi sistemnogo analiza [Mathematical tasks of the system analysis]. Moscow: Nauka = Science. 1981. 488 p. (in Russian).

7. Rykov A.S. Sistemnyj analiz: modeli i metody prinjatija reshenij i poiskovoj optimizacii [System analysis: models and methods of decision making and search engine optimization]. Moscow, MISiS, 2009. 608 p. (in Russian).
8. Rylov M.A., Sofiev A.Je. Postroenie modeli kachestva produkcii na osnove dannyh edinogo informacionnogo prostranstva predprijatija [Creation of the model of quality of production on the basis of data of the common information space of the enterprise] // Pribory = Technical devices, 2012, no. 10, Pp. 23–29. (in Russian).

УДК 004.67

ТЕХНОЛОГИЯ МНОГОФАКТОРНОГО РЕГРЕССИОННОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ ФИЗИЧЕСКОГО И МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ НА ОСНОВЕ ПРОГРАММЫ GNUPLOT

Хан Полина Вениаминовна

к.ф.-м.н, научный сотрудник,

Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН,
664130 г. Иркутск, ул. Лермонтова 130, e-mail: polinakhan@gmail.com

Таиров Эмир Асгадович

д.т.н., главный научный сотрудник,

Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН,
664130 г. Иркутск, ул. Лермонтова 130, e-mail: tairov@isem.irk.ru

Аннотация. В статье представлено описание процесса обработки данных эксперимента по критическому истечению пароводяной смеси через неподвижную засыпку твёрдых частиц. Приводится обзор программных средств регрессионного анализа. На основе существующих математических моделей и экспериментальных данных составлено описание зависимостей коэффициента скольжения фаз и показателя политропы от давления и массового паросодержания на входе в засыпку, и предложены функции, обладающие необходимыми свойствами. Параметры этих функций определены при помощи итерационного алгоритма, в основу которого положен многофакторный регрессионный анализ, доступный в программе gnuplot. Рассмотрены особенности интеграции скрипта gnuplot в скрипт командного интерпретатора bash. Полученные замыкающие соотношения позволили составить предсказательную модель для вычисления критической массовой скорости пароводяной смеси в засыпке из частиц диаметром 2 и 4 мм при начальном давлении от 0.6 до 1.2 МПа и начальном расходном массовом паросодержании от 0.016 до 0.178. Разработанная технология может быть применена для реализации гибкой и эффективной системы обработки любых экспериментальных данных, включающей предварительную подготовку, регрессионный анализ и построение графиков.

Ключевые слова: многофакторная нелинейная регрессия, программные средства, критическое истечение, пароводяная смесь, зернистый слой.

Введение. К настоящему времени сложилась вполне эффективная методология построения математических моделей сложных физических и технических систем при существенной степени неизученности протекающих физических процессов.

На первом этапе исходная система идеализируется для исключения эффектов, которые кажутся несущественными или малоизученными. Следующим этапом является построение математической модели на основе применения фундаментальных законов сохранения массы, импульса, энергии в рамках принятых при идеализации исходной системы физических допущений. Как правило, при этом применяется процедура усреднения во времени и пространстве. Далее утраченная при упрощении информация восполняется

вводом системы замыкающих соотношений. На последующем этапе анализа достоверности модели производится сопоставление предсказаний модели с систематическими экспериментальными данными. При этом модель уточняется путём надлежащего подбора содержащихся в замыкающих соотношениях коэффициентов.

Данная работа посвящена проблеме автоматизации процесса регрессионного анализа экспериментальных данных при построении модели критического истечения пароводяной смеси через засыпку из шаровых частиц. Приводятся описание экспериментальной установки, теоретической модели и постановка задачи регрессии. Представлен обзор компьютерных систем, применимых для решения данной задачи. Обоснован выбор программы **gnuplot** и разобраны ключевые моменты выполнения регрессии и интеграции **gnuplot** со средой командного интерпретатора при реализации итерационного алгоритма.

1. Эксперимент, теоретическая модель и постановка задачи регрессии.

Экспериментальные данные были получены на установке «Высокотемпературный контур», схема которой представлена на рис. 1. Данная установка позволяет моделировать и изучать процессы истечения, теплообмена и распространения звука в многофазных средах, характерные для энергетических установок.

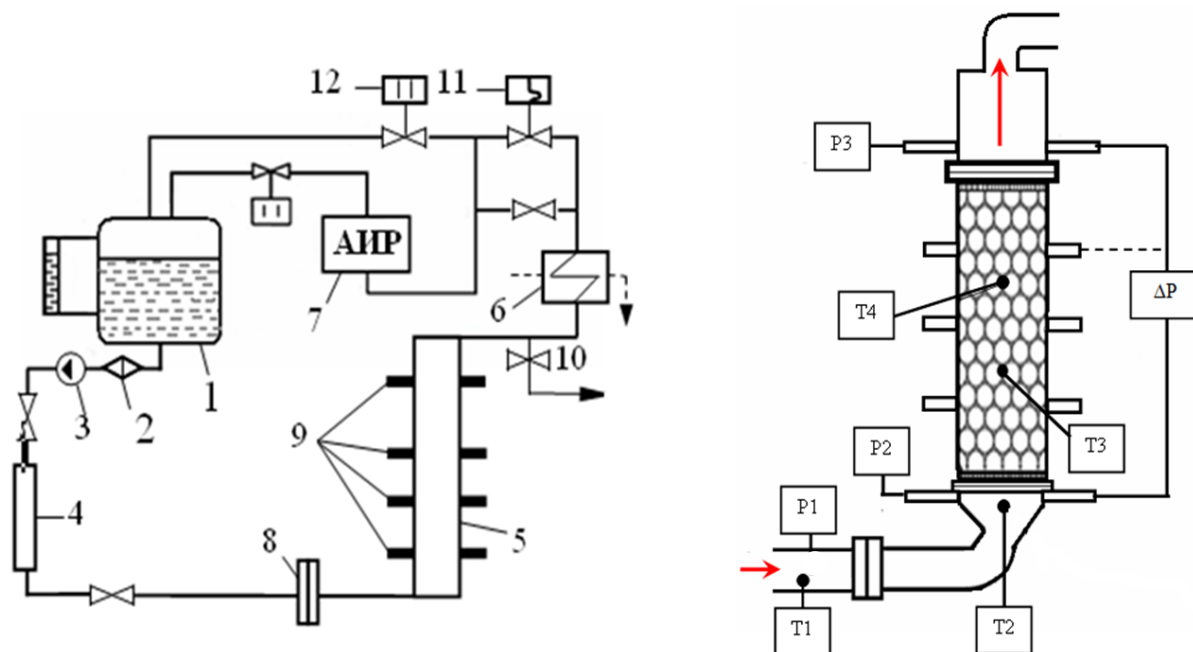


Рис. 1. Схема экспериментальной установки: 1 – бак-аккумулятор, 2 – фильтр, 3 – насос, 4 – подогревательный участок, 5 – рабочий участок, 6 – конденсатор, 7 – автоматический измеритель расхода, 8 – дроссельная шайба, 9 – кольцевые отборы давления, 10, 11 – регулирующие вентили, 12 – электромагнитный клапан. P_1, P_2, P_3, P_4 – измерения давления, T_1, T_2, T_3, T_4 – измерения температуры.

Пароводяная смесь, полученная путём дросселирования, проходила снизу-вверх через вертикальный рабочий участок, представляющий собой полый цилиндр со сменными вставками засыпок из жестко закрепленных стальных шариков одинаковых размеров. Входные значения давления смеси и расходного массового паросодержания поддерживались средствами ручного и автоматического регулирования. Массовый расход измерялся объемным способом после конденсации пароводяной смеси. Снижение выходного давления до критических значений обеспечивалось при помощи вентиля выхода в атмосферу.

Путём измерения расхода при постепенном снижении выходного давления были получены значения критического расхода для следующих значений входных параметров: диаметр шаровых частиц засыпки, d – 2 и 4 мм, высота засыпки, H – 50, 100, 250 и 355 мм, входное давление, P_1 – 0.6, 0.9 и 1.2 МПа, входное расходное массовое паросодержание, x_1 – 0.016, 0.022, 0.033, 0.055, 0.096 и 0.178 [7].

Для описания опытных данных по критическому истечению парожидкостной смеси через неподвижный слой шаровых частиц использована модель газовой динамики зернистого слоя [4]. Согласно этой модели, при $d \ll H$, критическая массовая скорость определяется следующей формулой:

$$(\rho w)_{cr} = \sqrt{\frac{2}{3(n+1)} \frac{d}{H} \frac{\psi}{m(1-m)} P_1 \rho_1}, \quad (1)$$

где ρ – плотность, w – среднеобъемная скорость среды в пористом пространстве, m — пористость среды, $\psi = 0.508 - 0.56(1 - m)$ — относительное минимальное проходное сечение, а n – показатель политропы. Переменные с индексом 1 относятся ко входному сечению, а без индекса – к произвольному сечению, либо засыпке в целом.

В ранее опубликованной работе [7] было установлено соответствие результатов эксперимента формуле (1) в части пропорциональности критической массовой скорости фактору $(d/H)^{0.5}$. В данной работе формула (1) была адаптирована для пароводяной смеси путём определения входной плотности и показателя политропы.

Плотность равновесной пароводяной смеси определяется следующими соотношениями:

$$\varphi = \left[1 + s \frac{\rho''}{\rho'} \frac{1-x}{x} \right]^{-1}, \quad (2)$$

$$\rho = \rho'' \varphi + \rho' (1 - \varphi), \quad (3)$$

где φ – истинное объемное паросодержание, а $s = w''/w'$ – коэффициент скольжения фаз. Переменные с одним штрихом относятся к насыщенной жидкости, переменные с двумя штрихами — к насыщенному пару, а без штриха — к смеси. В данной работе была решена задача определения замыкающих соотношений для коэффициента скольжения s и показателя политропы пароводяной смеси n .

Показатель политропы при заданном коэффициенте скольжения определялся следующим образом. Процесс расширения смеси при прохождении через засыпку представляет собой многократное дросселирование, а потому протекает при постоянной энтальпии. Это условие позволяет определить расходное массовое паросодержание в произвольном сечении:

$$x = \frac{h'_{f1}(1-x_1) + h'_{fg1}x_1 - h'}{h'' - h'}. \quad (4)$$

На основе формул (2-4) и имеющегося коэффициента скольжения в каждом сечении, определяемого текущим давлением P от входного до атмосферного, была вычислена плотность смеси $\square$. Полученный таким образом набор пар (P_i, ρ_i) для заданных входных условий аппроксимировался уравнением политропы

$$(P/P_1) = (\rho/\rho_1)^n. \quad (5)$$

Задача регрессии формулируется следующим образом: найти соотношения для коэффициента скольжения и показателя политропы на основе данных по величинам критических массовых скоростей при различных значениях параметров засыпки и состояниях смеси на входе с учётом уравнений (1-5).

2. Обзор программных средств регрессионного анализа. Регрессионный метод идентификации моделей широко используется в самых различных областях знания, и современному исследователю доступны как алгоритмы регрессии, так и многочисленные программные средства, их реализующие. Регрессия делится на линейную и нелинейную, а также на однофакторную и многофакторную. Линейная регрессия позволяет вычислить неизвестные коэффициенты в явном виде. Нелинейная требует применения итерационных оптимизационных подходов. Однофакторная позволяет обойтись скалярными вычислениями, тогда как многофакторная требует выполнения векторных операций. В рассматриваемой задаче критическая массовая скорость зависит от четырёх параметров, а искомые зависимости для коэффициента скольжения и показателя политропы — от двух. При этом все зависимости являются нелинейными. Поэтому необходимо использовать программные средства, решающие задачу многофакторной нелинейной регрессии.

Программные средства, включающие методы регрессионного анализа, можно условно подразделить на электронные таблицы, системы компьютерной математики, среды статистической обработки данных и библиотеки процедур для языков программирования.

Электронные таблицы являются самым популярным средством регрессионного анализа данных, поскольку они установлены практически на каждом компьютере: Excel [18] входит в состав платного пакета Microsoft Office, а Calc [12, 16], является частью бесплатных пакетов ПО LibreOffice и OpenOffice.org. Excel и Calc предлагают два способа получения коэффициентов регрессии: добавление линии тренда с ее уравнением на график и функции LINEST и LOGEST для прямого вычисления коэффициентов регрессии. В обоих способах отсутствует возможность аппроксимации данных произвольно заданной нелинейной функцией.

Среди систем компьютерной математики (СМК), Mathcad [14], Mathematica [15], Octave [2], Maxima [8] поддерживают все виды регрессии, вплоть до многофакторной нелинейной. В Matlab [13] многофакторная регрессия ограничена обобщенной линейной, а нелинейная регрессия общего вида применяется только для функций одной переменной. Все СМК позволяют создавать программы, выполняемые в их среде, и любые операции, включая регрессию, осуществлять в пакетном режиме. Основным недостатком СМК для решения поставленной задачи является их избыточность. Это очень мощные и многофункциональные программы, и устанавливать их только ради регрессии нерационально. Особенно это относится к платным Mathcad, Mathematica и Matlab, лицензионные версии которых стоят много больше лицензионных версий Microsoft Office.

К средам статистической обработки данных можно отнести R[21], SPSS[6], Stata[20], SAS[19] и Statistica[3]. R – это бесплатная среда анализа данных, основанная на языке программирования S. R имеет все основные управляющие конструкции, скалярные и векторные типы данных, средства работы с файлами, графику и все популярные статистические методы, включая регрессию всех видов. Коммерческие системы статистической обработки SPSS, Stata, SAS и Statistica, а также построенные на основе R коммерческие программные продукты Revolution R, RODM, кроме этих основных возможностей, включают возможность эффективной работы с очень большими массивами данных с использованием параллельных вычислений.

Особняком стоит gnuplot [11]. Это консольное приложение со скриптовым языком имеет широчайшие возможности по графическому представлению данных, включая

контурные диаграммы на произвольных сетках, двумерные и трехмерные диаграммы, диаграммы с погрешностями и многое другое. Кроме построения графиков, gnuplot умеет находить коэффициенты множественной нелинейной регрессии. Язык gnuplot позволяет задать настройки графиков, определения пользовательских функций и значений переменных, и все это сохранять в файлы и загружать из файлов. Чтение файлов данных происходит непосредственно в ходе построения графика, либо выполнения регрессии без использования векторных переменных. Отсутствуют какие-либо управляющие конструкции, кроме цикла со счётчиком внутри функций построения диаграмм. Настройки позволяют строить диаграммы в отдельном окне или в файле любого графического типа, либо в текстовом файле табличного типа.

Также для языков программирования высокого уровня, таких, как Fortran, C++, C#, Java, Python и других, существуют свободно распространяемые и коммерческие библиотеки математических функций, включающих все виды регрессии [9, 17]. И, наконец, достаточно эффективные для большинства приложений алгоритмы известны уже не одно десятилетие, и могут быть реализованы самостоятельно.

В результате обзора программного инструментария для анализа данных эксперимента методом нелинейной регрессии выработаны следующие рекомендации.

1. Пользователям систем компьютерной математики или систем статистического анализа данных стоит воспользоваться функциями регрессии этих систем. Это будет наиболее эффективный метод, как по затратам рабочего времени на программирование, так и по скорости обработки данных.

2. Тем, у кого установлена система программирования, и написание небольших программ не вызывает затруднений, стоит воспользоваться функциями регрессии из хорошо зарекомендовавших себя математических библиотек.

3. В иных случаях стоит установить бесплатные R или gnuplot. При этом изучение R займет больше времени, но позволит полностью автоматизировать процесс обработки данных в пределах одной среды программирования. Изучить gnuplot можно за один день. Но для реализации итерационного процесса придётся задействовать командный интерпретатор, как описано ниже для интерпретатора bash.

3. Реализация и результаты. Как указано выше, процесс расширения смеси является изохэнтальпийным и при этом, для применения теории газовой динамики зернистого слоя, он должен аппроксимироваться политропным. Поэтому функции $s(P, x)$ и $n(P_1, x_1)$ должны быть согласованы, и алгоритм определения их коэффициентов становится итерационным.

Общая схема алгоритма приводится на рисунке 1.

Полученные значения n для всех входных данных аппроксимировались формулой вида

$$n(x_1) = a_n + (1.0 - a_n)(1 - \exp(-x_1/b_n)) \quad (6)$$

Выбор формулы обусловлен расположением точек и тем фактом, что, при стремлении паросодержания к единице любая характеристика пароводяной смеси стремится к ее значению для насыщенного пара. Изоэнтальпийный процесс для пара – это изотермический процесс, для которого $n = 1$. На рис. 3 показаны точки и кривая для показателя политропы после последней итерации при значении коэффициентов регрессии

$$a_n = 0.481, \quad b_n = 0.145. \quad (7)$$

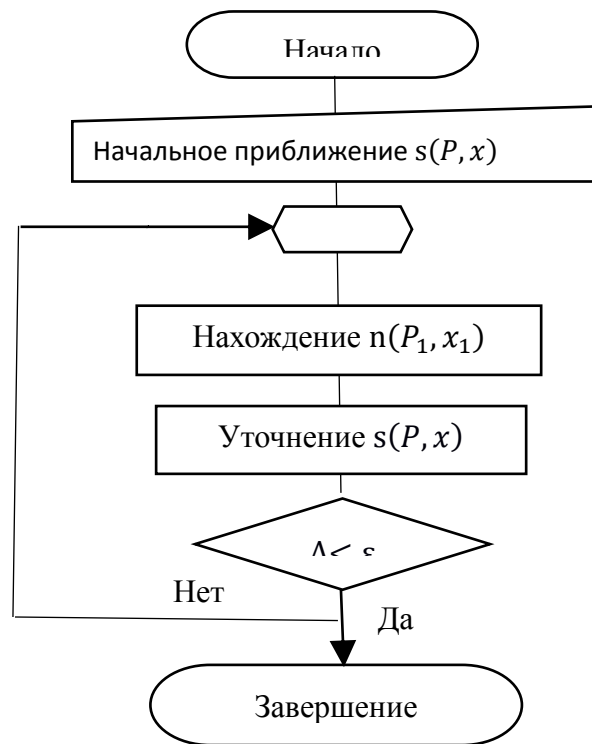


Рис. 2. Общая схема алгоритма

Отметим, что точки для различных входных значений давления на рис. 3 ложатся на одну кривую.

Коэффициент скольжения фаз был определен в виде:

$$s(P, x) = 1 + a_s(P) \exp \left(- \left(\frac{b_s(P)}{x} + c_s(P)x \right) \right) \quad (8)$$

где a_s, b_s, c_s – квадратичные функции от давления. Данный выбор обусловлен тем, что при x стремящимся к нулю мелкие пузырьки движутся в потоке жидкости, а при x , стремящимся к единице, мелкие капли движутся в потоке пара [10], и в обоих этих крайних случаях коэффициент скольжения равен единице. В промежуточных состояниях пар движется быстрее жидкости, и $s > 1$. Результат после последней итерации приводится на рисунке 4 при значении коэффициентов регрессии

$$\begin{aligned} a_s &= 7.33 - 8.27 P + 4.35 P^2, \\ b_s &= 0.0592 - 0.124 P + 0.0746 P^2, \\ c_s &= 2.71 - 1.90 P + 1.39 P^2. \end{aligned} \quad (9)$$

Начальное приближение функции $s(P, x)$ было выбрано на основе формулы для узких каналов [5], применяемой также для течения в засыпках [1].

$$s = (P_{cr}/P)^{0.38} \quad (10)$$

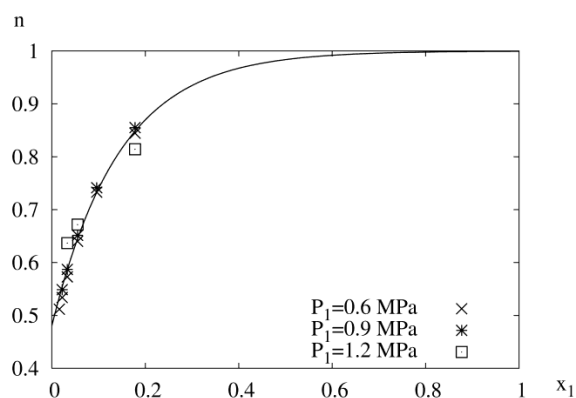


Рис. 3. Показатель политропы. Точки – опорные значения, линия – уравнение (6).

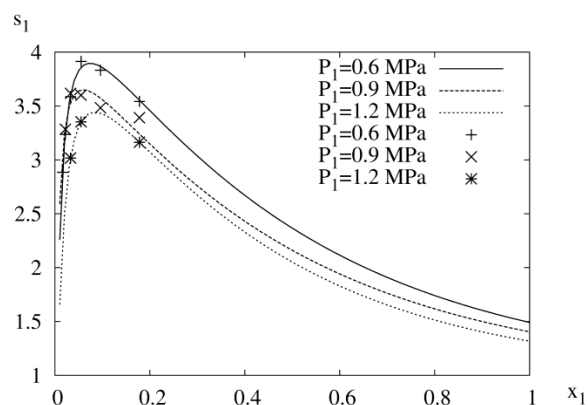


Рис. 4. Коэффициент скольжения. Точки – опорные значения, линии – уравнение (8).

Необходимость итерационного подбора коэффициентов двух аппроксимирующих функций (6) и (8), обусловила выбор технологии, позволяющей писать скрипты и осуществлять пакетную обработку. Выбор пал на программу `gnuplot`, как минимальный по сложности бесплатный пакет, включающий многофакторную нелинейную регрессию общего вида. Поскольку `gnuplot` не содержит управляющих конструкций циклов и ветвления, для реализации описанного выше алгоритма было написано семейство скриптов на языках командного интерпретатора `bash`, потокового текстового процессора `awk` и `gnuplot`.

Далее описаны основные возникшие при программировании задачи и методы их решения.

1. *Нахождение коэффициентов регрессии по табличным данным* осуществляется вызовом функции `fit` программы `gnuplot`. Параметры данной функции позволяют указать любую скалярную аппроксимирующую функцию, с одной или несколькими переменными и любым количеством коэффициентов, не превышающим количества точек в данных, имя файла данных, а также любое преобразование столбцов данных.
2. *Возвращение коэффициентов регрессии из gnuplot в среду bash.* `Gnuplot` использует стандартный консольный ввод, но не использует консольный вывод. Поэтому использован следующий приём: `gnuplot` сохраняет коэффициенты регрессии в текстовом файле, а `awk` извлекает оттуда только числовое значение коэффициентов.
3. *Вызов параметризованного скрипта gnuplot из скрипта bash.* Поскольку `gnuplot` не принимает значения переменных командной строки, была использована технология `here-document`, позволяющая генерировать скрипт для `gnuplot` прямо в точке вызова с подстановкой значений переменных `bash` в текст скрипта.

Заключение. С использованием описанного подхода построена предсказательная модель для критического истечения пароводяной смеси через засыпку из шаровых частиц. Во всем рассмотренном диапазоне параметров относительная разница между измеренными и вычисленными значениями составляет не более 7% (рис. 5).

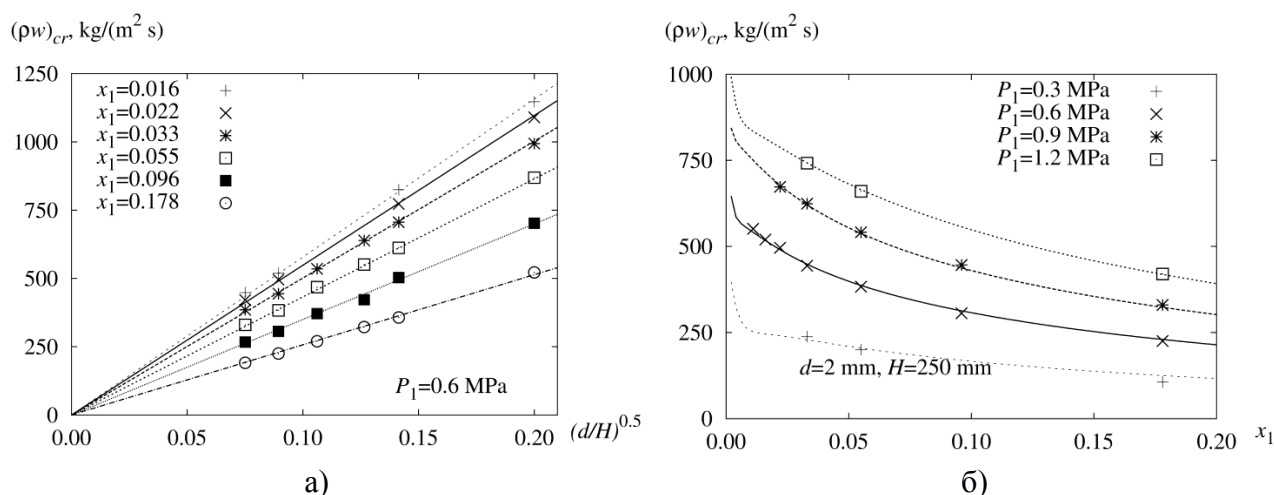


Рис. 5. Критическая массовая скорость: а) в зависимости от фактора $(d/H)^{0.5}$ при постоянном входном давлении; б) в зависимости от входного паросодержания для одной засыпки. Точки – экспериментальные данные, линии – расчет.

Разработанная технология обработки результатов эксперимента на основе gnuplot позволяет осуществлять регрессию самого общего вида, в том числе итерационно или в сочетании с другими типами преобразований.

Работа выполнена в ЦКП «Высокотемпературный контур» в Институте систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН при поддержке РФФИ (проект №17-08-00709а)/

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авдеев А.А., Балунов Б.Ф., Рыбин Р.А., Созиев Р.И., Филиппов Г.А. Гидродинамическое сопротивление при течении двухфазной смеси в шаровой засыпке // Теплофизика высоких температур. 2003. Т. 41, №3. С. 432 – 438. DOI: 10.1023/A:1024246728189.
2. Алексеев Е.Р., Чеснокова О.В. Введение в Octave для инженеров и математиков. ALT Linux, 2012.
3. Боровиков В. STATISTICA: искусство анализа данных на компьютере. С-Пб.: Питер, 2003.
4. Гольдштик М.А. Процессы переноса в зернистом слое. Новосибирск: Изд. Института теплофизики СО РАН, 2005. 358 с.
5. Кириллов П.Л., Бобков В.П., Жуков А.В., Юрьев Ю.С. Теплогидравлические процессы в ЯЭУ: Справочник по теплогидравлическим расчетам в ядерной энергетике / под ред. д.т.н., проф. П.Л. Кириллова. Т. 1. М.: ИздАТ, 2010.
6. Руководство пользователя по базовой системе Statistics 20. USA: IBM Corporation, 2011.
7. Таиров Э.А., Покусаев Б.Г., Быкова С.М. Критическое истечение парожидкостного потока через слой шаровых частиц // Теплофизика высоких температур. 2016. Т. 54, №2. С. 277–286.
8. Чичкарев Е.А. Компьютерная математика с Maxima: Руководство для школьников и студентов. М.: ALT Linux, 2012. 384 с.
9. Anderson E., Bai Z., Bischof C., Blackford S., Demmel J., Dongarra J., Croz J. Du, Greenbaum A., Hammarling S., McKenney A., Sorensen D. LAPACK Users' Guide. Third Edition. Society for Industrial and Applied Mathematics, 1999.

10. Delhaye J.M., Giot M., Riethmuller M.L. Thermohydraulics of two-phase systems for industrial design and nuclear engineering. Hemisphere Publishing Corporation, 1981.
 11. Janert P.K. Gnuplot in Action. Understanding Data with Graphs. USA: Manning Publications Co., 2010
 12. LibreOffice 3. Calc Guide. Using Spreadsheets in LibreOffice 2. GNU Public License, 2011.
 13. Martinez W.L., Martinez A.R. Computational Statistics Handbook in MATLAB, 2nd ed. Chapman and Hall. CRC, 2007.
 14. Mathsoft Mathcad 11 User Guide. Cambridge, USA: Mathsoft Engineering & Education Inc., 2002.
 15. Mureşan M. Introduction to Mathematica with Applications. Springer, 2017.
 16. OpenOffice.org3. Calc Guide. Using Spreadsheets in OpenOffice.org. GNU Public License, 2010.
 17. Pemstein D., Quinn K. M., Martin A. D., The Scythe Statistical Library: An Open Source C++ Library for Statistical Computation // Journal of Statistical Software. 2011. Vol. 42. Issue 12.
 18. Remenyi D., Onofrei G., English J. An Introduction to Statistics using Microsoft Excel. Curtis Farm, UK: Academic Publishing Ltd., 2009.
 19. Ron Cody. An Introduction to SAS. University Edition. USA: SAS Institute, 2015.
 20. STATA. User's Guide Release 13. StataCorp, 2013.
 21. Venables W. N., Smith D. M. and the R Core Team. An Introduction to R. Notes on R: A Programming Environment for Data Analysis and Graphics. Version 3.4.0, 2017.
-

UDK 004.67

**TECHNOLOGY OF MULTIPLE REGRESSION ANALYSIS OF PHYSICAL AND
MATHEMATICAL MODELING DATA BASED ON GNUPLOT PROGRAM**

Polina V. Khan

Ph.D., Researcher,

Melentiev Energy Systems Institute

Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences

130, Lermontov Str., 664033, Irkutsk, Russia, e-mail: polinakhan@gmail.com

Emir A. Tairov

D.Sc., Chief Researcher,

Melentiev Energy Systems Institute

Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences

130, Lermontov Str., 664033, Irkutsk, Russia, e-mail: tairov@isem.irk.ru

Abstract. In the present work, the data processing for the experiment on the critical flow of a vapor-liquid mixture through the densely-packed beds of spherical particles is described. The overview of existing software for regression analysis is given. The effect of the input flow quality on the phase slip coefficient and polytropic coefficient is described and appropriate approximating functions are proposed. The functions parameters are identified by using an iterative program, based on the multiple regression

analysis, available in **gnuplot** software. The technique of data exchange between command interpreter **bash** and **gnuplot** is considered. The closing relationships obtained together with the granular layer theory constitute the critical mass flow rate model for the input pressure from 0.6 to 1.2 MPa and input flow quality from **0.016** to **0.178**. The developed approach of bash-gnuplot integration can be used for any experiment data processing and plotting.

Keywords: multiple nonlinear regression, computer programs, critical flow, vapor-liquid mixture, granular layer.

References

1. Avdeev A.A., Balunov B.F., Rybin R.A., Soziev R.I., Filippov G.A. Hidrodinamicheskoe soprotivlenie pri techenii dvufaznoj smesi v sharovoj zasypke [Hydrodynamic drag of a flow of two phase mixture in a pebble bed] // High Temperature. 2003, vol. 41, iss. 3, pp. 377–383. DOI: 10.1023/A:1024246728189. (in Russian)
2. Alekseev E.R., Chesnokova O.V. Vvedenie v Octave dlja inzhenerov i matematikov [Introduction to Octave for Engineers and Mathematicians]. Moscow, ALT Linux Publ., 2012. (in Russian)
3. Borovikov V. STATISTICA: iskusstvo analiza dannyh na komp'yutere [Art of data analysis on computer]. Saint-Petersburg, Piter Publ., 2003. (in Russian)
4. Goldstick M.A. Transfer processes in granular layer. Novosibirsk, Kutateladze Institute of Thermophysics Russian Academy of Sciences Publ., 2005. (in Russian)
5. Kirillov P.L., Bobkov V.P., Zhukov A.V., Jur'ev Ju.S. Teplogidravlicheskie processy v JaJeU: Spravochnik po teplogidravlicheskim raschetam v jadernoj jenergetike [Heat transfer and hydraulic processes in Nuclear Power Plants. Reference book on thermohydraulic calculations in nuclear power industry]. / under ed. Dr. Prof. Kirillov P.L., vol. 1, Moscow, IzdAT Publ., 2010. (in Russian)
6. User Guide. Basic Statistics 20. USA, IBM Corporation, 2011.
7. Tairov E.A., Pokusaev B.G., Bykova S.M., Vapor–liquid critical flow through a layer of spherical particles // High Temperature, 2016, vol. 54, iss. 2, pp. 277-286.
8. Chichkarev E.A. Komp'yuternaja matematika s Maxima: Rukovodstvo dlja shkol'nikov i studentov [Computer mathematics with Maxima. Guide for students]. Moscow, ALT Linux Publ., 2012. 384 p. (in Russian).
9. Anderson E., Bai Z., Bischof C., Blackford S., Demmel J., Dongarra J., Croz J. Du, Greenbaum A., Hammarling S., McKenney A., Sorensen D. LAPACK Users' Guide. Third Edition. Society for Industrial and Applied Mathematics, 1999.
10. Delhay J.M., Giot M., Riethmuller M.L. Thermohydraulics of two-phase systems for industrial design and nuclear engineering. Hemisphere Publishing Corporation, 1981.
11. Janert P.K. Gnuplot in Action. Understanding Data with Graphs. USA, Manning Publications Co., 2010
12. LibreOffice 3. Calc Guide. Using Spreadsheets in LibreOffice 2. GNU Public License, 2011.
13. Martinez W.L., Martinez A.R. Computational Statistics Handbook in MATLAB, 2nd ed. Chapman and Hall. CRC, 2007.
14. Mathsoft Mathcad 11 User Guide. Cambridge, USA, Mathsoft Engineering & Education Inc., 2002.

15. Mureşan M. Introduction to Mathematica with Applications. Springer, 2017.
16. OpenOffice.org3. Calc Guide. Using Spreadsheets in OpenOffice.org. GNU Public License, 2010.
17. Pemstein D., Quinn K.M., Martin A.D., The Scythe Statistical Library: An Open Source C++ Library for Statistical Computation // Journal of Statistical Software, 2011, vol. 42. iss. 12.
18. Remenyi D., Onofrei G., English J. An Introduction to Statistics using Microsoft Excel. Curtis Farm, UK, Academic Publishing Ltd., 2009.
19. Ron Cody. An Introduction to SAS. University Edition. USA, SAS Institute, 2015.
20. STATA. User's Guide Release 13. StataCorp, 2013.
21. Venables W.N., Smith D.M. and the R Core Team. An Introduction to R. Notes on R: A Programming Environment for Data Analysis and Graphics. Version 3.4.0, 2017.

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПОИСКА И ВЕРИФИКАЦИИ ДАННЫХ ОБ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯХ КИТАЯ И ДРУГИХ СТРАН

Трофимов Иван Леонидович

Старший инженер, Институт систем энергетики им. Л. А. Мелентьева СО РАН,
664033, г. Иркутск, ул. Лермонтова 130, e-mail: t_john88@mail.ru

Трофимов Леонид Николаевич

Ведущий программист, Институт систем энергетики им. Л. А. Мелентьева СО РАН,
664033, г. Иркутск, ул. Лермонтова 130, e-mail: trofi.isem@yandex.ru

Аннотация. Работа посвящена проблемам поиска и обработки технико-экономической информации по электростанциям различных стран. Наиболее интересными являются данные по Китаю – стране, которая является мировым экономическим лидером по производству и потреблению электроэнергии. Разработана технология сбора информации, представленной в виде онтологий на ресурсе DBpedia. Проведен анализ полученной информации. Рассмотрены проблемы, возникающие при верификации данных, и приведены способы их решения. Результаты проведенного исследования повышают качество расчетов, проводимых на модели оптимального развития и режимов электроэнергетических систем ОРИРЭС.

Ключевые слова: обработка данных, применение онтологий, установленные мощности электростанций, верификация данных, геоинформационная система.

Введение. В современном обществе, живущем в информационном веке, часто бытует мнение, что через поисковые системы в Интернете такие, как Яндекс или Google, без особого труда можно найти любую информацию. На практике же во время поиска и сбора данных по энергетическим объектам в определенных странах перед исследователем возникают следующие вопросы:

- Насколько достоверна предоставленная поисковой системой информация?
- Как отфильтровать *интернет-мусор*, чтобы найти только нужную информацию?
- Как проанализировать большой объем данных, представленный на разных сайтах и в различных базах данных (БД)?

На поставленные вопросы не существует однозначного ответа, поэтому возникает потребность в специальной обработке и верификации данных для проведения более качественных научных исследований.

В ИСЭМ СО РАН проводятся исследования возможностей объединения национальных энергосистем определенных стран в межгосударственные энергетические объединения. При расчетах используется модель оптимального развития и режимов электроэнергетических систем (ОРИРЭС) [1-2]. Важной частью исходных данных для модели являются установленные мощности электростанций, формирующих энергосистемы. В данной работе рассматриваются проблемы поиска и обработки информации по установленным мощностям электростанций, расположенных в Китае – стране, которая в последние годы является мировым лидером в производстве и потреблении электроэнергии.

Работа состоит из нескольких этапов:

- 1) поиск и сбор информации – наиболее трудоемкий этап, на котором осуществляется поиск информации из различных источников и её сбор в объектно-ориентированной базе данных (ООБД) для последующей обработки;
- 2) предварительный анализ загруженной в ООБД информации;
- 3) верификация объектов.

Результаты проведенного исследования повышают качество расчетов, проводимых на модели ОРИРЭС.

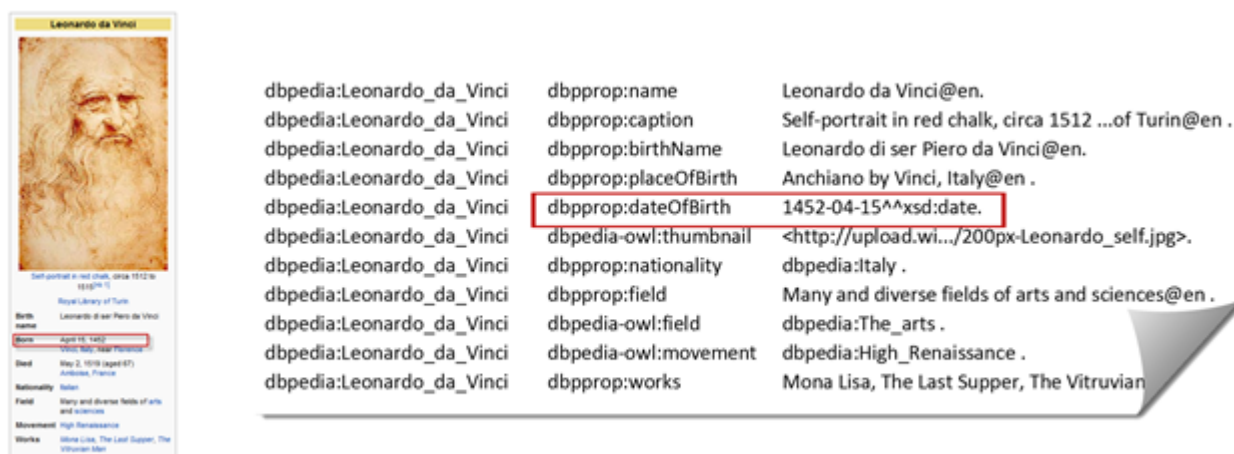
1. Проблемы поиска и сбора информации. Официальные интернет-источники информации об энергообъектах в различных странах, в частности, в Китае, имеют ограниченный или платный доступ. Собственные БД недоступны для общего пользования, а открытая информация в основном плохо структурирована для автоматической машинной обработки. Часто данные разрознены или находятся в разном объеме на различных Интернет-ресурсах. Поиск и сбор информации из таких источников является довольно трудоемким и продолжительным процессом.

В современных поисковых системах все больше начинают применять технологии интеллектуального поиска с использованием метаданных (онтологического описания интернет-содержимого) [3], заинтересованные лица работают над созданием баз знаний по различным тематикам, в то числе и по мировой энергетике. Международной группой программистов был создан один из таких проектов – *DBpedia*, который направлен на извлечение структурированной информации из данных, полученных из ресурса *Википедия* и публикации её в виде доступных под свободной лицензией наборов метаданных [4].

Несмотря на то, что информация в ресурсе Википедия создается и редактируется Интернет-пользователями и теоретически может быть искажена, основные энергетические показатели электростанций все же имеют высокую степень достоверности. Приведены географические координаты электростанций, их основные параметры, состав и тип оборудования, годы запуска и другие важные данные с указанием ссылок на первоисточники. Однако вся информация представлена на тысячах разрозненных страниц Вики. Возможность редактирования данных пользователями является также и преимуществом Википедии, поскольку здесь можно найти информацию по небольшим электростанциям, которые часто не указаны в официальных источниках, но существуют на карте. Главное же преимущество Вики заключается в открытости данных, очевидно, что существуют множество платных баз данных с информацией по мировым электростанциям, но их высокая стоимость все же не гарантирует достоверность и полноту представленной в них информации.

При появлении задачи использовать ресурс Википедия для автоматической обработки данных появляются трудности, поскольку информация по каждой электростанции представляет собой отдельную интернет-страницу – статью Википедии, в которой содержатся различная текстовая информация, параметры объекта, ссылки (перенаправления) и прочее. Поиск и сбор данной информации для ее использования в различных вычислительных системах и базах данных может занять продолжительное время, хотя бы потому, что данная информация постоянно обновляется, а количество таких страниц, посвященных электростанциям, измеряется десятками тысяч.

Проект DBpedia частично решает проблему автоматического сбора информации из ресурса Википедия. Разработчиками данного проекта были написаны множество программ-червей, которые постоянно сканируют и скачивают из Википедии всю структурированную информацию, которую «она» может предложить: категории, перенаправления и самое главное – *информационные боксы*. Информационный бокс представляет собой информацию на вики-странице, содержащую основные параметры объекта, которому посвящена страница, например, мощность, год ввода в эксплуатацию, координаты и прочее. Большая часть данных DBpedia – это переведенные в формат RDF информационные боксы, которые располагаются на многих страницах Википедии. На программном уровне это набор параметров и их значения, которые можно преобразовать в *RDF-тройку* – «субъект – предикат (отношение, принадлежность) – объект».



dbpedia:Leonardo_da_Vinci	dbpprop:name	Leonardo da Vinci@en.
dbpedia:Leonardo_da_Vinci	dbpprop:caption	Self-portrait in red chalk, circa 1512 ...of Turin@en .
dbpedia:Leonardo_da_Vinci	dbpprop:birthName	Leonardo di ser Piero da Vinci@en.
dbpedia:Leonardo_da_Vinci	dbpprop:placeOfBirth	Anchiano by Vinci, Italy@en .
dbpedia:Leonardo_da_Vinci	dbpprop:dateOfBirth	1452-04-15^^xsd:date.
dbpedia:Leonardo_da_Vinci	dbpedia-owl:thumbnail	<http://upload.wi.../200px-Leonardo_self.jpg>.
dbpedia:Leonardo_da_Vinci	dbpprop:nationality	dbpedia:Italy .
dbpedia:Leonardo_da_Vinci	dbpprop:field	Many and diverse fields of arts and sciences@en .
dbpedia:Leonardo_da_Vinci	dbpedia-owl:field	dbpedia:The_arts .
dbpedia:Leonardo_da_Vinci	dbpedia-owl:movement	dbpedia:High_Renaissance .
dbpedia:Leonardo_da_Vinci	dbpprop:works	Mona Lisa, The Last Supper, The Vitruvian

Рис. 1. Преобразование информационного бокса в RDF-формат

В правой части рисунка 1 изображен пример информационного бокса, который преобразовывается в хранящиеся на DBpedia RDF-тройки, представленные на рисунке слева. Синтаксис RDF/XML предоставляет информацию о ресурсах в виде, пригодном для машинной обработки. Автоматические скрипты регулярно сканируют Википедию и преобразовывают текстовое содержимое информационных боксов в структурированные RDF-данные – даты, числа, строки и уникальные идентификаторы.

В итоге «полу-структурированная» разметка страниц Википедии преобразуется в базу знаний со структурированной информацией по определенным тематикам. Благодаря имеющимся в сети Интернет международным базам знаний, таких, как DBpedia, появилась потенциальная возможность автоматизированного сбора информации для её обработки в собственных БД, в частности в формате XML.

Авторами настоящей статьи была написана специальная программа-робот на языке NodeJS, сканирующая OWL-страницы указанной базы знаний [5], и скачивающая в автоматическом режиме структурированную в XML-формате информацию по каждой электростанции в стране, рисунок 2.

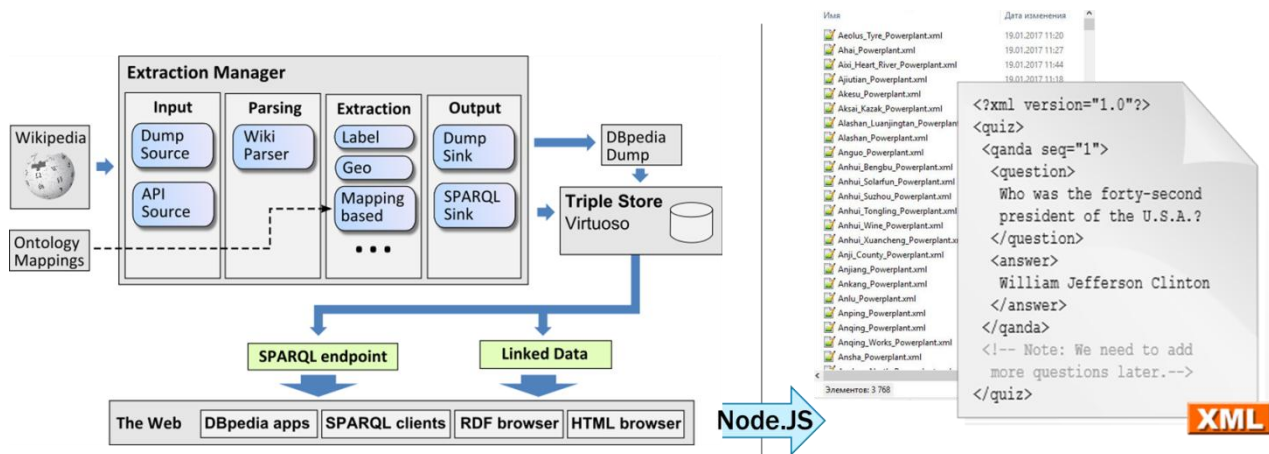


Рис. 2. От архитектуры DBpedia к собственной базе данных электростанций

Следует отметить, что при создании программы-робота для работы с DBpedia необходимо учитывать следующее: несмотря на открытость, ресурс предполагает использование специального языка запросов к метаданным – SPARQL, и не рассчитан на использование программ-роботов, сканирующих его базы. Форма выходных данных SPARQL не соответствует поставленным задачам, поэтому была написана специальная программа.

Первая версия программы позволяла скачивать только часть объектов, а к другой части доступ был закрыт, несмотря на то, что через интернет-браузер эти же данные были доступны. Поскольку основная концепция Node.JS заключается в том, что любые операции ввода-вывода по умолчанию реализованы как асинхронные (процесс, не дожидаясь завершения/ответа, отправляет следующий запрос и так далее), программа посылала одновременно сотни запросов к ресурсу DBpedia, и часть запросов была отклонена сервером, т.е. удалось «скачать» только часть объектов. В последнюю версию программы были внесены изменения – добавлена принудительная задержка между запросами на скачивание объектов, и в каждом запросе теперь присутствует *раздел заголовка* (headers), в котором серверу сообщается, что запрос будто бы поступает от имени интернет-браузера, рисунок 3.

```
var download = function(j,cb) {
    request({
        headers: {
            'User-Agent': 'Mozilla/5.0 (Windows NT 10.0; rv:41.0)
            'Content-Type': 'application/xml; charset=UTF-8',
            'Accept': 'text/html,application/xhtml+xml,application/
            'Accept-Language': 'ru-RU,ru;q=0.8,en-US;q=0.5,en;q=0
            'Connection': 'keep-alive',
            'Host': 'enipedia.tudelft.nl'
        },
        uri: urls[j],
        method: "POST",
        timeout: 4000,
        followRedirect: true,
        maxRedirects: 10
    }, cb);
}
```

Рис. 3. Фрагмент кода программы для скачивания объектов с ресурса DBpedia

В итоге в нашу объектно-ориентированную базу данных (ООБД) [6] была загружена информация по всем 3768 электростанциям Китая.

2. Анализ данных. Последующий анализ списка электростанций, представляющий собой 3768 файлов в формате XML, показал, что далеко не все электростанции достаточно полно представлены. Например, географические координаты указаны только у 3158 станций, провинция в которой они расположены, указана у 3750 станций, тип топлива – у 1068, и так далее. Объектно-ориентированная база данных разрабатываемая авторами позволяет компактно хранить информацию, например, перевод XML структуры в структуру ООБД сократил объем хранения рассматриваемой информации с 34 Мбайт до 0.5 Мбайт. Однако, основная причина перевода и хранения информации в структуру ООБД – это разработанный интерфейс по формированию специальных запросов, графиков и слоев для интерактивных электронных карт. В качестве примера, на рисунке 4 на карту Китая были нанесены все 3158 электростанций с их географическими координатами. Цветом помечены различные типы станций – угольные, газовые, ветровые, атомные и гидростанции.

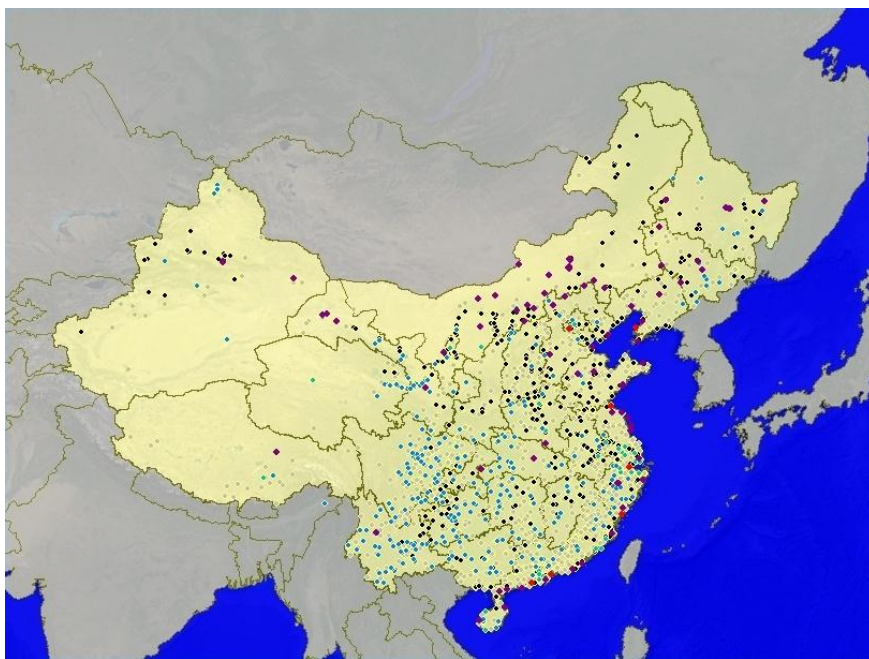


Рис. 4. Расположение электростанций на карте Китая по типам топлива

Эту же информацию можно представить в количественном виде в различных таблицах. Фрагмент таблицы, на основании которой была построена карта электростанций Китая, представлен на рисунке 5.

Название	Провинция	Тип	Широта	Долгота	Год ввода	Уст. мощн.
Ningde_Nuclear_Powerplant	Fujian	Nuclear	27,045189	120,28449	2013	4320
Ninghai_Powerplant	Fujian	Coal	29,4816	121,5114		4400
Qinbei_Powerplant	Henan	Coal	35,16972	112,71556	2004	4400
Zouxian_Powerplant	Shandong	Coal	35,3255	116,9291	1985	4540
Beilun_Powerplant	Zhejiang	Coal	29,944183	121,81217		5000
Taishan_Powerplant	Guangdong	Coal	21,8667	112,9228		5000
Waigaoqiao_Powerplant	Shanghai	Coal	31,3558	121,5983	1995	5000
Gansu_Anxi_Powerplant	Gansu	Wind	40,59808	95,79666	2009	5160
Tuoketuo-1_Powerplant	Inner_Mongolia	Coal	40,203943	111,3575	1995	5400
Hongyanhe_Powerplant	Liaoning	Nuclear	39,79759	121,47596		6400
Longtan_Powerplant	Guangxi	Hydro	25,027222	107,0475	2009	6400
Xiangjiaba_Powerplant	Yunnan	Hydro	28,646667	104,3925	2014	6400
Wudongde_Powerplant	Yunnan	Hydro	26,333889	102,63	2020	10200
Baihetan_Powerplant	Sichuan	Hydro	28,251667	103,65944	2021	12000
Xiluodu_Powerplant	Yunnan	Hydro	28,259722	103,64944	2014	13860
Three_Gorges_Powerplant	Hubei	Hydro	30,820833	111,00222	2003	22500

Рис. 5. Фрагмент таблицы электростанций Китая с координатами для ГИС

Представление о величине установленных мощностей в географическом разрезе (с указанием точных географических координат), является важным моментом для предварительного исследования исходного состояния электроэнергетических систем для модели. Поэтому графическое представление электростанций в виде диаграмм, площади которых пропорциональны их установленным мощностям, позволяет визуально более качественно оценивать общую картину энергообеспечения страны.

На приведенном ниже рисунке 6 приведено сравнение двух карт Китая с нанесенными электростанциями с известным и неизвестным параметром «Год ввода в эксплуатацию»:

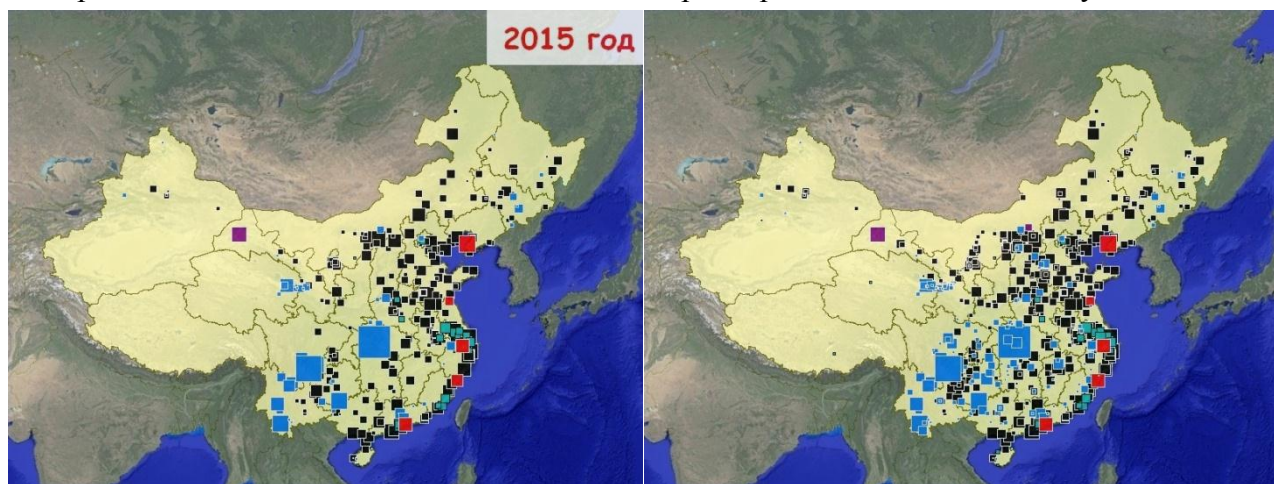


Рис. 6. Установленные мощности Китая по типам станций с известным и неизвестным параметром «Год ввода в эксплуатацию».

Справа изображена карта Китая по состоянию на 2015 год с электростанциями, для которых известны: год ввода в эксплуатацию, тип топлива и установленная мощность (размер изображенных объектов пропорционален объемам их мощностей).

На карте слева изображены все электростанции, имеющиеся в Китае, включая те, для которых год ввода в эксплуатацию неизвестен.

Как видно из рисунка имеется большое количество электростанций, для которых не указан год ввода в эксплуатацию. Это связано, во-первых, с тем что на страницах Википедии существует информация о планируемых проектах, которые еще не были построены и год ввода в эксплуатацию для них не указывается. Такие проекты можно учитывать при прогнозных расчетах на предполагаемый год в будущем.

Иногда, для уже существующих объектов, недостаточно информации, например, об их годе ввода в эксплуатацию. Для уточнения данных возможны следующие шаги:

- 1) выделить среди объектов в БД те, которые вносят наибольший вклад в производство электроэнергии в узле, т.е. наиболее крупные электростанции,
- 2) воспользоваться сервисом Google-Earth, который позволяет увидеть историю космо-снимков, по которым можно будет определить примерный год ввода в эксплуатацию – время, когда станция появилась на карте.
- 3) искать и использовать дополнительные источники информации об этой электростанции в Интернет.

3. Верификация данных. Всякая загружаемая в БД информация нуждается в верификации. Одной из основных проблем при верификации является проверка и

установление точных координат электростанций. Для этого в ИВС используется встроенная ГИС-система, позволяющая увидеть электростанцию на спутниковом снимке, таким образом, можно однозначно определить местонахождение электростанции и избежать дублирования информации в БД, например, в случае, когда два и более объектов с разными названиями, полученные из разных источников, имеют одни и те же координаты. После определения точных координат электростанциям в БД присваивается уникальный идентификатор и признак провинции/области, к которой они относятся.

Кроме того, используется внешний сервис Google-Earth, который позволяет увидеть историю космо-снимка, и благодаря этому можно определить примерный год ввода в эксплуатацию электростанции, если он не был указан ранее, рисунок 7.

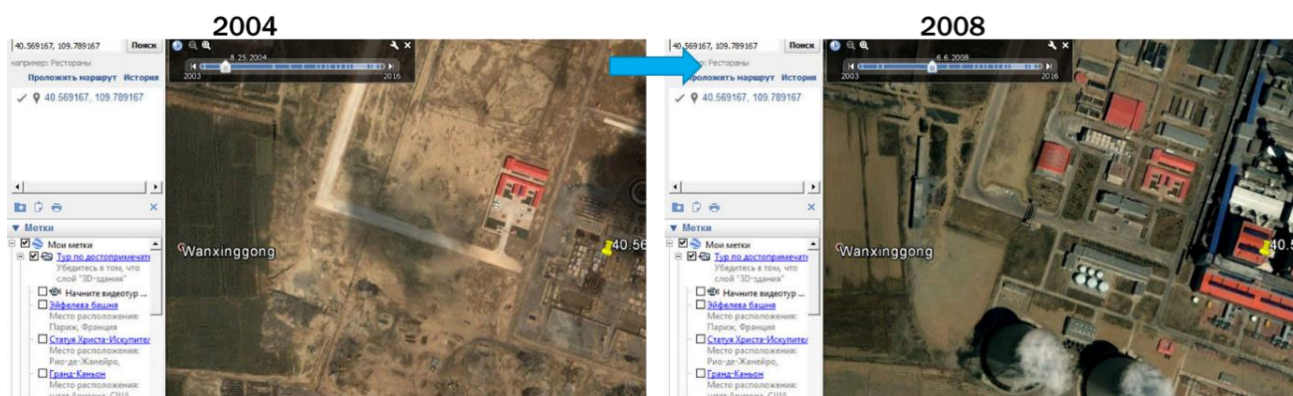


Рис. 7. Использование сервиса Google Earth для определения примерного года ввода в эксплуатацию

При составлении базового состояния исследуемых электроэнергетических систем для модели ОРИЭС на определенный год, необходимо знать примерные сроки службы оборудования энергетических объектов. Имея достоверную информацию о годе ввода в эксплуатацию электростанции, можно определить примерные даты, когда её оборудование выйдет из строя, и, таким образом, качественно уточнить исходные данные для модели.

После проведения таких исследований результаты можно агрегировать по провинциям, а также по ОЭС страны в целом для последующего их использования в модели. В настоящий момент в модели задаются укрупненные узлы по странам. Полученная авторами информация позволяет масштабировать модель – формировать разные уровни детализации расчетной схемы для исследований, например, на уровне провинций, рисунок 8. Следует отметить, что агрегирование возможно только после определения соответствия координат объекта с провинцией, в которой он находится.

Заключение. Благодаря данным из базы знаний DBpedia можно получать подробную информацию не только по электростанциям любых стран мира, но и много другой полезной информации, требующейся в работе.

Информация, полученная в результате данной работы, позволяет проводить более качественную оценку исходного состояния исследуемых электроэнергетических систем для модели ОРИЭС. Агрегирование данных на различных уровнях предоставляет широкие возможности для масштабирования модели – формирования разных уровней детализации расчетной схемы.

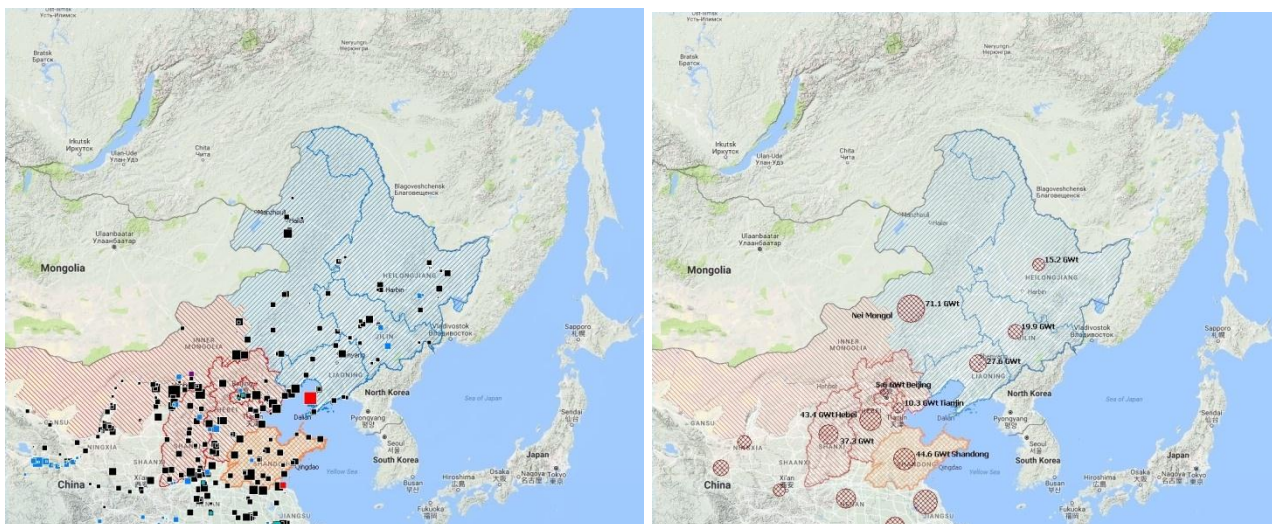


Рис. 8. Установленные мощности, агрегированные по провинциям Китая.

Выделены объединенные энергосистемы Северного и Северо-Восточного Китая.

Проведенный анализ типов установленных мощностей Китая и темпов их развития будет использоваться в модели при расчетах сценариев электроэнергетической интеграции стран Северо-Восточной Азии.

Результат данной работы будут применены в качестве задаваемой исходной информации для проводимых расчетов на модели ОРИЭС.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беляев Л.С., Подковальников С.В., Савельев В.А., Чудинова Л.Ю. Эффективность межгосударственных электрических связей. Новосибирск: Наука, 2008. 239 с.
2. Беляев Л.С., Подковальников С.В., Савельев В.А. Научный отчет. Программа развития гидроэнергетики России до 2030 года на перспективу до 2050 года. Иркутск, 2015. 402 с.
3. Портал искусственного интеллекта. Статьи. Онтология. Режим доступа: <http://www.aiportal.ru/>, (дата обращения 26.01.2017).
4. Трофимов И.Л., Методические принципы построения Информационно-вычислительной системы с использованием метаданных для формирования запросов к базе данных по Тепловому хозяйству страны // Системные исследования в электроэнергетике / Труды молодых ученых ИСЭМ СО РАН. Выпуск 43. 2013 г. Иркутск. С. 162-170.
5. Щербина Д. OWL, язык веб-онтологий. Руководство. Рекомендация W3C 10 февраля 2004. Перевод. Режим доступа: <http://sherdim.ru/>, (дата обращения 26.01.2017).
6. DBpedia. OpenLink Software. Режим доступа: <http://wiki.dbpedia.org/>, (дата обращения 05.12.2016).

MODERN ISSUES OF SEARCH AND VERIFICATION OF DATA ON POWER PLANTS IN CHINA AND OTHER COUNTRIES

Ivan L. Trofimov

Senior Engineer, Melentiev Energy System Institute

Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences

130, Lermontov Str., 664033, Irkutsk, Russia, e-mail: t_john88@mail.ru

Leonid N. Trofimov

Lead software developer, Melentiev Energy System Institute

Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences

130, Lermontov Str., 664033, Irkutsk, Russia, e-mail: trofi.isem@yandex.ru

Abstract. This paper is devoted to the problems of search and processing of technical and economic information on power plants in different countries. The most interesting information is the data on China, the country that is the world economic leader in the production and consumption of electricity. The technology of gathering information represented as ontologies on the DBpedia resource is developed. The analysis of the collected information is conducted. The problems arising in the verification of data and the methods for their solution are discussed. The results of the conducted study improve the quality of calculations by the model of Optimal Development and Regimes of Electric Power Systems – ORIRES.

Keywords: data processing, application of ontologies, installed capacity of power plants, data verification, geographic information system.

References

1. Belyaev L.S., Podkovalnikov S.V., Saveliev V.A., Chudinova L.Y. Jefferktivnost' mezhgosudarstvennyh jelektricheskikh svjazej [Efficiency of interstate electrical interconnections]. Novosibirsk. Nauka = Science. 2008. 239 p. (in Russian)
2. Belyaev L.S., Podkovalnikov S.V., Saveliev V.A. etc. Nauchnyj otchet. Programma razvitija gidroenergetiki Rossii do 2030 goda na perspekti-vu do 2050 goda [Scientific report. The program of hydropower development in Russia up to 2030 and on the prospect until 2050]. Irkutsk, 2015. 402 p. (in Russian)
3. Portal iskusstvennogo intellekta. Stat'i. Ontologija [Portal of artificial intelligence. Articles. Ontology]. Available at: <http://www.aiportal.ru/>, 26 January 2017. (in Russian)
4. Trofimov I.L. Metodicheskie principy postroenija Informacionno-vychislitel'noj sistemy s ispol'zovaniem metadannyh dlja formirovanija zaprosov k baze dannyh po Teplovomu hozjajstvu strany [Methodological principles of the construction of Information and Computing System with using of metadata for creating of queries to the Country's Thermal Economy Database]. The proceedings of the conference "System Studies in the Electric Power Industry". Vol. 43. 25 February – 05 April 2013. Irkutsk. ESI SB of RAS, 2013. Pp.162-170. (in Russian)
5. Shcherbina D., OWL, Jazyk veb-ontologij. Rukovodstvo. Rekomendacija W3C 10 fevralja 2004. Perevod [OWL, The language of web ontologies. Leadership. W3C Recommendation February 10, 2004. Translation]. Available at: <http://sherdim.ru/>, 26 January 2017. (in Russian)
6. DBpedia. OpenLink Software. Available at: <http://wiki.dbpedia.org/>, 5 December 2016.

О ТЕРМИНОЛОГИИ И НЕКОТОРЫХ СИСТЕМНЫХ ПРОБЛЕМАХ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИННОВАЦИЙ

Бобров Леонид Куприянович

Д.т.н., профессор кафедры бизнес-информатики, e-mail: l.k.bobrov@nsuem.ru,

Медянкина Ирина Петровна

К.т.н., доцент кафедры бизнес-информатики, e-mail: i.p.medyankina@edu.nsuem.ru

Новосибирский университет экономики и управления «НИНХ»

630099, г. Новосибирск, ул. Каменская, 56

Аннотация. Представленные материалы посвящены вопросу трактовки понятий «инновационная экономика», «инновационная деятельность» и «инновации». Выдвигается гипотеза, что совокупная инновационная продуктивность региона находится в непосредственной зависимости от качества информационной поддержки инноваций на каждом из этапов их жизненного цикла. Рассматриваются обстоятельства, затрудняющие решение методологических вопросов создания региональных систем информационной поддержки инноваций.
Ключевые слова: инновации, инновационная экономика, инновационная деятельность, терминология, информационные системы, поддержка инноваций

Введение. Провозглашенный курс на формирование инновационной экономики предполагает активную роль регионов в реализации программ инновационного развития. В качестве региональных драйверов инноваций выступают, прежде всего, технополисы, зоны развития новых и высоких технологий, научно-технологические парки, инновационно-технологические центры и центры коммерциализации технологий, бизнес-инкубаторы и др. [15]. Разработка механизмов, обеспечивающих функционирование единой региональной информационно-аналитической рабочей среды, является приоритетным направлением для задач информационной поддержки инноваций. Острота вопроса наиболее сильно ощущается в инновационных проектах мультидисциплинарного характера, когда тесная кооперация информационных технологий и предметных областей инновационной деятельности способствует более качественному выполнению работ и осознанию важности формирования эффективной инфраструктуры инновационного развития.

В разработке базовой инфраструктуры инноваций информационные ресурсы и технологии играют определяющую роль, поскольку их грамотное использование позволяет инноваторам сконцентрироваться на решении сугубо профессиональных задач, полноценно опираясь на уже существующие наработки научно-технического характера. Отсутствие же единой региональной информационно-аналитической рабочей среды приводит к тому, что большие объемы формально публичной информации труднодоступны или недоступны внешним потребителям, что в существенной мере сдерживает развитие инновационной экономики (в частности, это касается Новосибирской области как региона с высоким научно-техническим потенциалом). В то же время создание такой среды сопряжено с необходимостью решения ряда нетривиальных научных задач, включающих элементы методологического характера.

1. Понятийный аппарат. Говоря об информационном обеспечении инновационной деятельности, имеет смысл прежде всего определиться с трактовкой понятий «инновационная экономика», «инновационная деятельность» и «инновации», тем более, что трактуются эти понятия далеко неоднозначно.

Например, под «инновационной экономикой» понимается экономика, основанная на существенном и массовом использовании научных знаний в производстве товаров и услуг. Вес научных знаний в производстве таких потребительных стоимостей, особенно с помощью высоких технологий, может составлять значительную часть (до 10—15%) от общей стоимости произведенного продукта [10]. \Согласно Википедии «инновационная экономика (экономика знаний, интеллектуальная экономика) — тип экономики, основанной на потоке инноваций, на постоянном технологическом совершенствовании, на производстве и экспорте высокотехнологичной продукции с очень высокой добавочной стоимостью и самих технологий. Предполагается, что при этом в основном прибыль создают интеллект новаторов и учёных, информационная сфера, а не материальное производство (индустриальная экономика) и не концентрация финансов (капитала)».

И, наконец, в толковом словаре «Инновационная деятельность» термин «инновационная экономика» отсутствует, но есть следующее синонимичное определение: «Экономика знаний - экономика, основанная на производстве, обновлении, циркуляции, распределении и применении знаний. Это экономика, которая использует знания для обеспечения своего роста и конкурентоспособности. Определяющим фактором возникновения и развития экономики знаний является человеческий капитал. Продукты экономики знаний - научная и разнообразная высокотехнологичная продукция, высококвалифицированные услуги, образование».

Несколько сложнее дело обстоит с трактовкой понятия «инновационная деятельность», что иллюстрирует табл. 1, содержащая несколько примеров различных определений.

Таблица 1. Примеры трактовок понятия «инновационная деятельность»

Определение	Источник
Инновационная деятельность – это комплекс научных, технологических, организационных, финансовых и коммерческих мероприятий, направленный на коммерциализацию накопленных знаний, технологий и оборудования. Результатом инновационной деятельности являются новые или дополнительные товары/услуги или товары/услуги с новыми качествами.	Инновационная деятельность [Электронный ресурс] // Википедия: [сайт]. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki , свободный (дата обращения 11.05.17). – Загл. с экрана.
Инновационная деятельность – деятельность, в результате которой создается тот или иной новый продукт, создается или совершенствуется существующая технология, разрабатываются новое оборудование, средства автоматизации, программные комплексы, организационные и управленческие решения в структуре Общества.	Словарь-справочник терминов нормативно-технической документации [Электронный ресурс] // АКАДЕМИК: Словари и энциклопедии на Академике: [сайт]. – Режим доступа : http://normative-reference-dictionary.academic.ru/ , свободный (дата обращения 11.05.17). – Загл. с экрана.

Определение	Источник
Инновационная деятельность – процесс создания новых потребительных стоимостей (товаров и услуг). Цикл инновационной деятельности может быть представлен в виде следующих этапов: новое знание — полезная модель – опытный образец – новая потребительная стоимость. В современных развитых странах инновационная деятельность основана на массовом применении в экономике (на всех ее уровнях и этапах) новых научных знаний.	Лебедев, С.А. Философия науки: слов. основных терминов / С.А. Лебедев. - Москва: Акад. Проект, 2004 (Киров : ОАО Дом печати - Вятка). – 316, [1] с. – (Gaudeamus) (Учебное пособие для вузов).
Инновационная (внедренческая) деятельность -деятельность по созданию и использованию интеллектуального продукта, доведению новых оригинальных идей до реализации в виде готового товара на рынке (организация экспертиз, внедрение и тиражирование изобретений, ноу-хау, научно-технических разработок, научных произведений, открытий, промышленных образцов, товарных знаков, проведение научно-исследовательских, проектных, опытно-конструкторских, маркетинговых исследований с целью создания образцов новой техники и новых технологий; патентно-лицензионная деятельность).	Борисов, А.Б. Большой юридический словарь / авт. и сост. А. Б. Борисов. - Москва: Книжный мир, 2010. - 847. - (Библиотека профессиональных словарей)
Деятельность инновационная - деятельность, связанная с применением, внедрением новых идей (научных исследований и научно-технических разработок), усовершенствованных изделий, технологических процессов и т.д.	Словарь бизнес-терминов [Электронный ресурс] // АКАДЕМИК: Словари и энциклопедии на Академике: [сайт]. – Режим доступа: http://dic.academic.ru/dic.nsf/business/3554 , свободный (дата обращения 11.05.17). – Загл. с экрана.
Инновационная деятельность – деятельность (включая научную, технологическую, организационную, финансовую и коммерческую деятельность), направленная на реализацию инновационных проектов, а также на создание инновационной инфраструктуры и обеспечение ее деятельности (часть двенадцатая введена Федеральным законом от 21.07.2011 N 254-ФЗ).	Федеральный закон от 23.08.1996 N 127-ФЗ (ред. от 23.05.2016) "О науке и государственной научно-технической политике" (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2017) http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_11507/c0a49fc869aeeb5b28ca88d3d37b7d8f7474375f/
Деятельность инновационная – в широком смысле определяется как деятельность, направленная на улучшение использования ресурсов, повышение уровня и расширение структуры удовлетворяемых потребностей (общества и отдельных его членов). В узком смысле под инновационной деятельностью понимается деятельность, связанная с использованием результатов фундаментальных научных исследований для разработки новой продукции или технологии (совершенствования существующей продукции и технологии) и последующей коммерциализацией разработок — осуществлением производства новой продукции и технологических систем и реализацией их на внутренних и зарубежных рынках. Данный вид деятельности предполагает трансформацию идей (обычно результатов научных исследований и разработок либо иных научно-технических достижений) в новые или усовершенствованные продукты, или услуги.	Толковый словарь "Инновационная деятельность" : термины инновац. менеджмента и смеж. обл.: (от А до Я) / Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние, Ин-т экономики и орг. пром. пр-ва ; отв. ред. Суслов В. И. - 2-е изд., доп. - Новосибирск : Сиб. науч. издательство, 2008. - 223 с

Определение	Источник
Инновационная деятельность – процесс, направленный на реализацию результатов законченных научных исследований и разработок либо иных научно-технических достижений в новый или усовершенствованный продукт, реализуемый на рынке, в новый или усовершенствованный технологический процесс, используемый в практической деятельности, а также связанные с этим дополнительные научные исследования и разработки.	О Концепции инновационной политики Российской Федерации на 1998 - 2000 годы : постановление Правительства Рос. Федерации от 24 июля 1998 г. № 832 // Собр. законодательства Рос. Федерации. – 1998. - № 32. - Ст. 3886.
Инновационной деятельностью являются все научные, технологические, организационные, финансовые и коммерческие действия, реально приводящие к осуществлению инноваций или задуманные с этой целью. Некоторые виды инновационной деятельности являются инновационными сами по себе, другие не обладают этим свойством, но тоже необходимы для осуществления инноваций. Инновационная деятельность включает также исследования и разработки, не связанные напрямую с подготовкой какой-либо конкретной инновации.	Руководство Осло [Электронный ресурс] : рекомендации по сбору и анализу данных по инновациям : совместная публикация ОЭСР и Евростата : [перевод на русский язык] / Орг. экономического сотрудничества и развития, Стат. бюро европейских сообществ. - 3-е изд. - Центр исслед. и статистики науки, 2010. - – Режим доступа: http://mgimo.ru/upload/docs_6/ruk.oslo.pdf , свободный (дата обращения 11.05.17). – Загл. с экрана.
Как правило, под инновационной деятельностью понимают действия, преобразовывающие информацию в научно-технические знания и материализующие эти знания в наукоемкий продукт, реализуемый на рынке	Флёрова, А. Н. Понятие инновации в законодательстве Российской Федерации / А. Н. Флёрова // Рос. внешнеэкономический вестник – 2006 - № 9 - С. 64-67.
Инновационная деятельность – деятельность (включая научную, технологическую, организационную, финансовую и коммерческую деятельность), направленная на реализацию инновационных проектов, а также на создание инновационной инфраструктуры и обеспечение ее деятельности.	О Стратегии инновационного развития РФ на период до 2020 г.: распоряжение Правительства Рос. Федерации от 08 дек. 2011 г. № 2227-р // Собр. законодательства Рос. Федерации. – 2012. - № 1. - Ст. 216.

Еще сложнее с трактовкой понятия «инновация»: поиск значений этого термина по словарям в интернете дает десятки различных дефиниций, а в работе [1] отмечается, что в литературе насчитываются сотни определений, и приводятся 16 авторских трактовок этого понятия, взятых из монографий и учебных пособий (более широкий перечень авторских определений представлен в интернет – см. <http://reffire.ru/tema749229text.html>). Заметим, что это происходит на фоне почти повсеместного употребления данного термина в различных выступлениях, публикациях, планах и пр. Возникает подозрение, что каждый из выступающих (авторов, составителей, и др.) вкладывает в этот термин свой смысл.

Данную ситуацию подтверждают результаты опросов, проведенных ВЦИОМ. По результатам всероссийских опросов 2007-2011 гг. [9] 53% опрошенных затруднились ответить на вопрос «Что такое, по вашему мнению, «инновация»? Респондентам предложили: «Попробуйте определить это понятие», - 27% ответили, что это абстрактные нововведения, 15% - внедрение современных технологий, 3% - использование достижений науки и техники (научно-технический прогресс). Более поздние всероссийские опросы

ВЦИОМ 2010-2016 гг. [8] показали несколько иную картину – затруднились с ответом только 15% опрошенных, однако чересполосица мнений существенно не сократилась.

Существует и третий вариант, когда понятие «инновация» рассматривается одновременно и как процесс, и как результат. Аргументированное обоснование такой точки зрения представлено в работе «К вопросу о термине «инновация»» [2], а наиболее ярким примером может служить приведенное ниже определение, данное в проекте «Стратегии инновационного развития Российской Федерации на период до 2020 года» [13] (см. выделенное жирным шрифтом) и снабженное там примечательной ссылкой (см. курсив).

Инновации – введенный в употребление новый или значительно улучшенный продукт (товар, услуга) или процесс, новый метод продаж или новый организационный метод в деловой практике, организации рабочих мест или во внешних связях.

Термин может быть использован как для описания самого процесса создания новых продуктов, процессов, рынков (в этом случае синонимом является термин «инновационная деятельность»), так и для описания результата этого процесса (синонимы – «продукт (результат) инновации», «инновационная продукция (услуга, бизнес-модель, технология и т.д.)»). Близким по значению является термин «нововведение».

Дискуссии терминологического плана и попытки найти единое, научно обоснованное и всеобъемлющее толкование термина «инновация» с целью однозначного понимания практических задач отражают многочисленные публикации (см., напр., работы [2, 5, 11, 14]). Более того, в работе [6] несовершенство понятийного аппарата рассматривается как один из факторов риска реализации стратегии «Инновационная Россия-2020»¹.

2. Теоретико-методологический аспект. Основанием для приведенного выше краткого терминологического обзора послужила важность четкого ответа на вопрос о том, что включает задача информационной поддержки инноваций и какого рода информационные ресурсы необходимы для ее успешного решения.

В настоящий момент, несмотря на продолжительную, по современным меркам, историю развития отечественной инноватики, не существует единой общепринятой концепции, которая отражала бы научно обоснованную систему взглядов, определяющих основные направления, условия и порядок решения задач создания и использования распределенных систем информационного обеспечения инноваций как специфического рода деятельности. При этом отдельные попытки создания такой концепции и решения методологических вопросов создания региональных систем информационной поддержки инноваций (см., напр., [12]) свидетельствуют о необходимости дальнейших углубленных исследований по данному направлению.

¹ Авторы работы [6] ссылаются на то, что «...в сентябре 2011 г. президиумом Правительства РФ был одобрен проект Стратегии инновационного развития Российской Федерации на период до 2020 г....» и критически оценивают понятийный аппарат, приведенный в Приложении 2 к данному документу. Однако в окончательную редакцию Стратегии, утвержденную Распоряжением Правительства РФ от 8 декабря 2011 г. № 2227-р (<http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/70006124/#ixzz4V4knaTwY>) Приложение 2. «Основные термины, используемые в Стратегии» не вошло.

Ситуация осложняется несколькими важными обстоятельствами:

- анализ отечественных публикаций, стратегий инновационного развития регионов и других документов нормативно-методического характера свидетельствует о явной недооценке важности информационного обеспечения инноваций, а также недостаточном использовании всего многообразия мировых информационных ресурсов на каждом из этапов инновационной деятельности;
- многочисленные материалы свидетельствуют о разнообразии мнений по поводу информационного обеспечения инновационной деятельности, которые варьируются от крайне оптимистичных, созвучных известному слогану «Яндекс – найдется все!», до утверждений о достаточности использования исключительно информационных ресурсов патентно-правового характера;
- потенциально полезные на уровне региона информационные ресурсы рассредоточены по множеству организаций, имеющих различную ведомственную принадлежность и отнюдь не нацеленных на то, чтобы сделать эти ресурсы достоянием всех заинтересованных сторон;
- даже наличие доступных для использования информационных ресурсов вовсе не гарантирует качества информационного обеспечения разнообразных задач, возникающих в процессе инновационной деятельности, поскольку инфраструктура информационного обслуживания практически отсутствует, а инновационные работники не готовы тратить до одной трети своего рабочего времени на регулярный поиск, отбор и анализ информации по профилю своей основной деятельности;
- создание региональных систем информационного сопровождения каждого из этапов жизненного цикла инноваций, обеспечивающих регулярное предоставление релевантной информации по множеству профилей инновационной деятельности, требует достаточно серьезных финансовых вложений.

Как известно, проблемы информационного обеспечения в нашей стране начали решать, начиная со второй половины прошлого века, и за это время накоплен колоссальный опыт их преодоления [3-4, 7]. Однако механистическое перенесение прошлых наработок в сегодняшние условия нецелесообразно ввиду произошедших изменений социально-экономического, технического, информационно-коммуникативного характера. Поэтому возникает потребность в творческой переработке уже известных научных положений с целью их адаптации к конкретным условиям и задачам сегодняшнего дня.

Заключение. Современная инновационная деятельность протекает в условиях устойчивого развития и наращивания цифровых библиографических, фактографических и полнотекстовых коллекций, в создании которых принимают участие органы научно-технической информации, федеральные и отраслевые библиотеки, университеты, предприятия, ассоциации и консорциумы инновационной сферы, академические и отраслевые научные институты, научно-профессиональные общества и союзы, интеграторы бизнес-информации и др.

Констатируя устойчивую положительную тенденцию в развитии инновационной сферы, нельзя не принимать во внимание, что представители малого и среднего инновационного бизнеса зачастую решают задачи создания и реализации своей продукции без учета уже имеющихся и опубликованных в открытой печати наработок, что приводит к нерациональной трате интеллектуальных усилий и весьма ограниченных материальных и

финансовых ресурсов. Кроме того, многочисленные факты свидетельствуют о неудовлетворительной информированности персонала инновационных предприятий в части возможного использования мировых информационных ресурсов как основы для принятия решений на различных этапах жизненного цикла инновационной продукции.

Представляется, что совокупная инновационная продуктивность региона находится в непосредственной зависимости от качества информационной поддержки инноваций на каждом из этапов их жизненного цикла. В свою очередь, повышение качества требует как привлечения широкого спектра внешних информационных ресурсов, так и создания единой технологической среды хранения, поиска, обработки и предоставления информации на основе распределенных информационно-вычислительных сетей, обеспечения возможности доступа к данным через службы каталогов, использования современных методов обработки знаний, и т.п.

Таким образом, речь идет о необходимости реинжиниринга региональной системы информационного обеспечения инноваций Новосибирской области, представленного в виде дорожной карты, выносимой на обсуждение представителей сферы инновационного бизнеса, научно-образовательного и экспертного сообщества, соответствующих департаментов Правительства Новосибирской области и мэрии Новосибирска с целью совместной выработки путей и методов практической реализации данного проекта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агарков С.А., Кузнецова Е.С., Грязнова М.О. Инновационный менеджмент и государственная инновационная политика: учеб. пособие по дисциплине "Инновационный менеджмент" для специальностей 080507.65 "Менеджмент организации", 080504.65 "Государственное и муниципальное управление" и направления 080500.62 "Менеджмент", 080500.68 "Менеджмент". Москва: Академия Естествознания. 2011. 143 с.
2. Азгальдов Г.Г., Костин А.В. К вопросу о термине «инновация» [Электронный ресурс] // Сайт «Библиотека оценщика». Режим доступа: http://www.labrate.ru/articles/azgaldov-kostin_doklad_2009-2_about-innovation.htm, (дата обращения 26.05.17)
3. Бобров Л.К., Гиляревский Р.С., Родионов И. И., Цветкова В.А., Шрайберг Я.Л. Информационный менеджмент. Новосибирск. Новосиб. гос. ун-т экономики и упр.. 2009. 314 с.
4. Бобров Л.К., Рыжков О.Ю. К вопросу оптимизации работ по оказанию информационных услуг в условиях партнерского сообщества // Вестник НГУЭУ. 2014. № 1. С. 338–351.
5. Винокуров В.И. Основные термины и определения в сфере инноваций // Инновации. 2005. №4 (81). С. 6–22.
6. Голиченко О.Г., Самоволева С.А. Риски реализации стратегии инновационного развития Российской Федерации на период до 2020 г. «Инновационная Россия-2020» // Инновации. 2012. №4 (162). С. 71–80.
7. Елепов Б.С., Баженов С.Р., Бобров Л.К., Каленов Н.Е. Проектирование и эксплуатация региональных АСНТИ. Новосибирск. Наука: Сибирское отделение. 1991. 173 с.
8. Инновации в российской экономике: от идей - к практике. Всероссийские опросы ВЦИОМ 2010-2016 гг. Санкт-Петербург 2016 [Электронный ресурс] // Сайт

- «Всероссийский центр изучения общественного мнения (ВЦИОМ)». Режим доступа: https://wciom.ru/fileadmin/file/reports_conferences/2016/2016-06-17-inovacii.pdf. (Дата обращения 29.05.17).
9. Инновации и общество в России. Москва 2011 [Электронный ресурс] // Сайт «Всероссийский центр изучения общественного мнения (ВЦИОМ)». Режим доступа: https://wciom.ru/fileadmin/file/reports_conferences/2011/2011-09-23-innovacii.pdf. (Дата обращения 29.05.17).
10. Лебедев С.А. Философия науки: словарь основных терминов. Москва: Академический Проект. 2004. 320 с.
11. Монастырный Е.А. Термины и определения в инновационной сфере // Инновации. 2008. №2 (112). С. 28–31.
12. Мыльников Л.А., Хорошев Н.И., Трусов А.В. Обзор концепций информационного управления инновационными проектами // Информационные ресурсы России. 2010. № 3. С. 34–39.
13. Стратегия инновационного развития Российской Федерации на период до 2020 года (проект) [Электронный ресурс] // Сфйт «Российская кластерная обсерватория». Режим доступа: http://cluster.hse.ru/cluster-policy/low_base.php, (дата обращения 23.05.17).
14. Флёрова А.Н. Понятие инновации в законодательстве Российской Федерации // Российский внешнеэкономический вестник. 2006. № 9. С. 64–67.
15. Шокин Ю.И., Гришняков Б.Ю., Бобров Л.К. Технопарк «Новосибирск» как звено инновационной инфраструктуры региона // Вестник НГУЭУ. 2012. № 2. С. 10–20.
-

UDK 004.91

THE TERMINOLOGY AND SOME SYSTEMIC PROBLEMS OF INFORMATION SUPPORT OF INNOVATIONS

Leonid K. Bobrov

Dr. of Sc., Professor, Department of Business Informatics, e-mail: l.k.bobrov@nsuem.ru,

Irina P. Medyankina

Ph. D., associate Professor of Business Informatics, e-mail: i.p.medyankina@edu.nsuem.ru

Novosibirsk State University of Economics and Management, Novosibirsk, Russia
630099, Novosibirsk, Kamenskaya str., 56

Abstract. The article provides materials on the question of interpretation of the concept "innovative economy", "innovation" and "innovation". The hypothesis that the overall innovative productivity of the region is directly dependent on the quality of information support of innovation at every stage of their life cycle. The circumstances that make it difficult to solve methodological issues of creating regional information support systems for innovations are considered.

Keywords: innovations, innovative economy, innovative activity, terminology, information systems, innovation support.

References

1. Agarkov S.A., Kuznetsova E.S., Gryaznova M.O. Innovatsionnyj menedzhment i gosudarstvennaya innovatsionnaya politika: uchebnoe posobie po distsipline "Innovatsionnyj menedzhment" dlya spetsial'nostej 080507.65 "Menedzhment organizatsii", 080504.65 "Gosudarstvennoe i munitsipal'noe upravlenie" i napravleniya 080500.62 "Menedzhment", 080500.68 "Menedzhment" [Innovative management and state innovation policy: a textbook on the discipline "Innovation management" for specialties 080507.65 "Organization management", 080504.65 "State and municipal management" and directions 080500.62 "Management", 080500.68 "Management"]. Moskva = Moscow. Akademiya Estestvoznaniya = publishing house "Academy of natural history". 2011. 143 p. (in Russian)
2. Azgal'dov G.G., Kostin A.V. K voprosu o termine «innovatsiya» [To the question of the term "innovation"] [Elektronnyj resurs] // Sayt "Biblioteka otsenshchika" = Site "Library of the appraiser". Available at: http://www.labrate.ru/articles/azgaldov-kostin_doklad_2009-2_about-innovation.htm, (accessed: 26.05.17). (in Russian)
3. Bobrov L.K., Gilyarevskij R.S., Rodionov I.I., Tsvetkova V.A., Shrajberg Ya.L. Informatsionnyj menedzhment [Information management]. Novosibirsk. Novosib. gos. un-t ehkonomiki i upr = The Novosibirsk State University of Economics and Management. 2009. 314 p. (in Russian)
4. Bobrov L.K., Ryzhkov O.Yu. K voprosu optimizatsii rabot po okazaniyu informatsionnykh uslug v usloviyakh partnerskogo soobshhestva [On the issue of optimization work on the provision of information services in conditions of partner community] // Vestnik NGUEU = Vestnik NSUEM. 2014. № 1. Pp. 338–351. (in Russian)
5. Vinokurov V.I. Osnovnye terminy i opredeleniya v sfere innovatsij [Basic terms and definitions in the field of innovation] // Innovatsii = Innovation. 2005. №4 (81). Pp. 6–22.
6. Golichenko O.G., Samovoleva S.A. Riski realizatsii strategii innovatsionnogo razvitiya Rossijskoj Federatsii na period do 2020 g. «Innovatsionnaya Rossiya-2020» [Risks of implementing the strategy of innovative development of the Russian Federation for the period until 2020 "Innovative Russia-2020"] // Innovatsii = Innovation. 2012. №4 (162). Pp. 71–80. (in Russian)
7. Elepov B.S., Bazhenov S.R., Bobrov L.K., Kalenov N.E. Proektirovanie i ehkspluatatsiya regional'nykh ASNTI [Design and operation of regional ASNTI] Novosibirsk. Nauka: Sibirskoe otделение = Science: Siberian Branch. 1991. 173 p. (in Russian)
8. Innovatsii v rossijskoj ehkonomie: ot idej - k praktike. Vserossijskie oprosy VTSIOM 2010-2016 gg. Sankt-Peterburg [Innovations in the Russian economy: from ideas to practice. All-Russian polls VCIOM 2010-2016. St. Petersburg 2016] [Elektronnyj resurs] // Sayt "Vserossiyskiy tsentr izucheniya obshchestvennogo mneniya (VTSIOM)" = Site "Russian Public Opinion Research Center (VCIOM)". Available at: https://wciom.ru/fileadmin/file/reports_conferences/2016/2016-06-17-inovacii.pdf, (accessed: 29.05.17). (in Russian)
9. Innovatsii i obshchestvo v Rossii. Moskva 2011 [Innovation and society in Russia. Moscow 2011] [Elektronnyj resurs] // Sayt "Vserossiyskiy tsentr izucheniya obshchestvennogo mneniya (VTSIOM)" = Site "Russian Public Opinion Research Center (VCIOM)". Available at: https://wciom.ru/fileadmin/file/reports_conferences/2011/2011-09-23-innovacii.pdf, (accessed: 29.05.17). (in Russian)

10. Lebedev S.A. *Filosofiya nauki: slovar' osnovnykh terminov* [Philosophy of Science: a dictionary of basic terms] Moskva = Moscow. Akademicheskiy proyekt = Publishing house "Academic project". 2004. 320 p. (in Russian)
11. Monastyryj E.A. *Terminy i opredeleniya v innovatsionnoj sfere* [Terms and definitions in the innovation sphere] // *Innovatsii = Innovation*. 2008. №2 (112). Pp. 28–31. (in Russian)
12. Myl'nikov L.A., Khoroshev N.I., Trusov A.V. *Obzor kontseptsij informatsionnogo upravleniya innovatsionnymi proektami* [Overview of the concepts of information management of innovative projects] // *Informatsionnye resursy Rossii = Information resources of Russia*. 2010. № 3. Pp. 34–39. (in Russian)
13. *Strategiya innovatsionnogo razvitiya Rossijskoj Federatsii na period do 2020 goda (proekt)* [Strategy of innovative development of the Russian Federation for the period up to 2020 (draft)] [Elektronnyj resurs] // *Sayt Rossijskaya klasternaya observatoriya = The site "Russian cluster observatory"*. Available at: http://cluster.hse.ru/cluster-policy/low_base.php, (accessed: 23.05.17). (in Russian)
14. Flyorova A.N. *Ponyatie innovatsii v zakonodatel'stve Rossijskoj Federatsii* [The concept of innovation in the Russian Federation legislation] // *Rossijskij vneshneekonomicheskij vestnik = Russian Foreign Economic Journal*. 2006. № 9. Pp. 64–67. (in Russian)
15. Shokin Yu.I., Grishnyakov B.Yu., Bobrov L.K. *Tekhnopark «Novosibirsk» kak zveno innovatsionnoj infrastruktury regiona* [Technopark "Novosibirsk" as a link in the region's innovation infrastructure] // *Vestnik NGUEU = Vestnik NSUEM*. 2012. № 2. Pp. 10–20. (in Russian)

СЕТЕВАЯ ПОЛИТИКА КАК ФОРМА КОММУНИКАТИВНОЙ ИНТЕГРАЦИИ ОБЪЕКТОВ ИННОВАЦИОННОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

Соловьев Василий Иванович

К. т. н., доцент, профессор кафедры бизнес-информатики,

e-mail: v.i.solovjev@edu.nsuem.ru

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Новосибирский государственный университет экономики и управления НИИХ», 630099 г. Новосибирск, ул. Каменская 56

Аннотация. В статье представлена авторская позиция места и роли сетевой политики, как формы интеграции объектов инновационной инфраструктуры для продвижения на рынок высокотехнологичных продуктов (технологий, инженерно-технических объектов, услуг и др.) посредством обеспечения коммуникативного взаимодействия. Все это требует высокоразвитой инновационной инфраструктуры, где в качестве ключевых системообразующих компонентов выступают информационно-коммуникационные технологии (ИКТ), одним из современных представителей которых являются сети трансфера технологий. Функции ядра данного ИКТ инструментария выполняют некие шаблоны, именуемые технологическими профилями, которые, в свою очередь, в зависимости от предпочтений субъекта-владельца новшества, называются «технологическое предложение» или «технологический запрос». Наряду с сетями трансфера технологий значимым инфраструктурным элементом системы продвижения инноваций на региональном уровне являются центры трансфера технологий (ЦТТ), выполняющие своего рода функции аккумуляторов и интерфейсов инноваций.

Ключевые слова: сеть, сетевая политика, интеграция, коммуникация, трансфер, технология, центр, информационно-коммуникационные технологии

Введение. Для качественного развития и функционирования инновационной деятельности, в том числе трансфера технологий (ТТ), как основной составляющей данного процесса, необходим высокий уровень развития инновационной инфраструктуры, которая бы отвечала всем требованиям как текущих, так и будущих потребностей инновационной экономики. Для данных целей инновационная инфраструктура должна обладать следующими свойствами [3]:

- отсутствием концентрации производства, то есть распределением инновационной деятельности по всей территории;
- способностью создавать конкурентоспособную среду для инновационных проектов во всех отраслях экономики;
- способностью доводить любой инновационный проект до определенных экономических результатов вне зависимости от уровня завершенности;

- наличием компетентного персонала и возможности, в случае необходимости, свободной переквалификации специалистов до необходимого уровня;
- финансовой обеспеченностью, где на первом месте стоит оборотный капитал;
- высокотехнологичностью, способствующей ускорению процессов создания, развития и апробации результатов инноваций;
- гибкостью/эластичностью, позволяющей оперативно и без затруднений принимать управленческие решения по вхождению как на внутренний, так и внешний рынки.

На сегодняшний день не существует единой концепции развития эффективной инновационной инфраструктуры. Опираясь на богатый опыт зарубежных специалистов по созданию эффективной инновационной инфраструктуры, можно выделить основные элементы, способствующие трансферу технологий. К таким элементам относят отделы по передаче технологий, технологические парки, инновационно-технологические центры и фирмы венчурного капитала. По своим функциям они могут быть разделены на следующие группы: информационные, организационные, кадровые, финансовые. К информационным относят агентства (центры или ЦТТ) по передаче технологий; ко второй группе, в основе которой заложены организационные функции, относятся бизнес-инкубаторы или инновационно-технологические центры (ИТЦ); технологические парки, зачастую выполняющие роль кадрового восполнения инновационного процесса; субъекты венчурного капитала, возлагающие на себя финансовую нагрузку. Данная дифференциация не привязывает указанные функции к обозначенным элементам, просто встречается наиболее часто на практике, но, в ряде случаев, может происходить смещение данных функций в любом направлении.

1. Центры и сети трансфера технологий как ключевые институциональные образования в сетевой политике. Здесь представляется интересным рассмотреть основные условия функционирования и возможности развития каждого из названных субъектов инфраструктуры технологического трансфера.

Центры трансфера технологий (ЦТТ) представляют целую сеть организаций, продуктом которых являются различные услуги, предоставляемые участникам инновационного процесса, выступающим в роли клиентов ЦТТ. Основной целью таких центров является активное привлечение инноваций в местную индустрию, что впоследствии ведет к повышению конкурентоспособности выпускаемой продукции. Так, по подобию данной структуры в России функционирует электронная выставочная площадка наукоемких продуктов – RTTN. Основные результаты функционирования RTTN представлены на двух уровнях: на уровне предприятия – стимулирование развития инноваций на предприятиях за счет активной конкуренции производств; на уровне региона – в стимулировании достижения планируемых структурных изменений экономики, роста объема валового регионального продукта (ВРП) и увеличения налоговых поступлений во все уровни бюджета.

Рассматривая систему построения ЦТТ, можно выделить основные группы учредителей и клиентов ЦТТ. К клиентам относятся: юридические лица; крупные предприятия; предприятия малого и среднего бизнеса; органы государственной власти местного или регионального самоуправления, физические лица и научно-исследовательские организации. В роли учредителей выступают: исследовательские организации (ВУЗы, НИИ);

органы власти и управления (региональные или местные); частные компании. Каждый из учредителей имеет определенные цели. Для исследовательских организаций – это коммерциализация различных исследований, технологий или разработок в соответствующих организациях. Для органов самоуправления – это создание своего рода проводника-интерфейса между создателем и потребителем технологий в соответствующем регионе; для частных компаний – это создание различных стартапов и создание интерфейса с исследовательскими организациями.

2. Функционал RTTN и ЦТТ. Рассматривая сети трансфера технологий, следует иметь в виду, что в данном контексте «сеть» выступает как инструмент инновационной инфраструктуры, позволяющий эффективно распространять технологическую информацию и осуществлять поиск партнеров для реализации инновационных проектов [3, 4].

Российская сеть трансфера технологий (RTTN), как и зарубежные сети, осуществляя размещение технологических профилей в форматах технологических предложений (ТП) и технологических запросов (ТЗ), тем самым способствует передаче технологий заинтересованным клиентам, а также коммерциализации высокотехнологичных продуктов.

На сегодня RTTN объединяет более 50 инновационных центров из 40 регионов России и стран СНГ, которые специализируются в сфере трансфера и коммерциализации технологий (рис. 1).

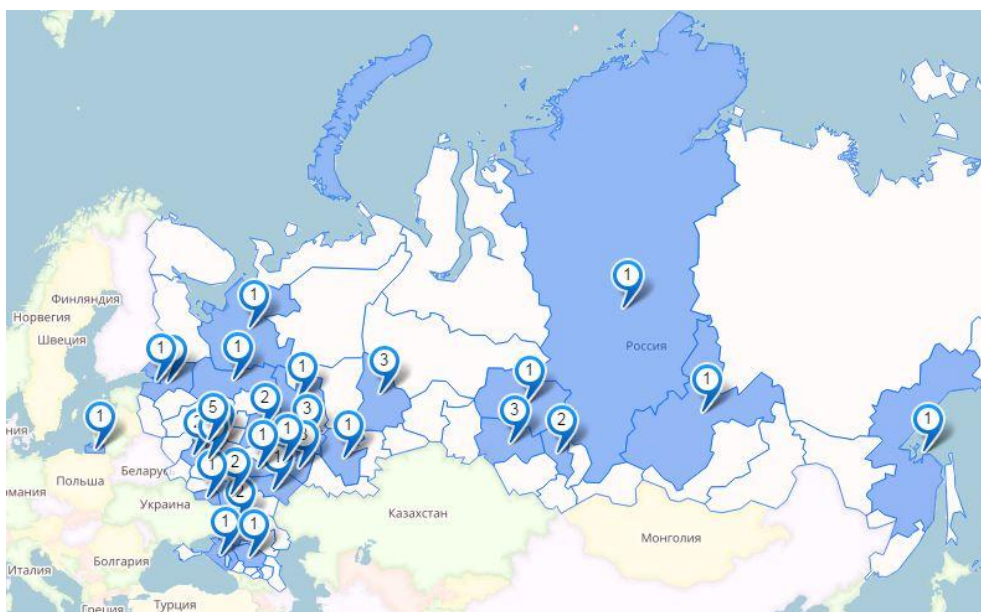


Рис. 1. Карта центров сети RTTN на территории РФ:
цифра на рисунке обозначает количество инновационных центров
в регионе, обозначенном флажком

RTTN – составная часть национальной инновационной инфраструктуры, позволяющая эффективно распространять информацию о технологических предложениях и запросах, осуществлять поиск партнеров в России и Европе для реализации совместных инновационных проектов, а также содействовать установлению контактов и развитию научного, технологического и делового сотрудничества. Сетевое взаимодействие между участниками сети – ключевой момент, который отличает этот инструмент от других инструментов трансфера технологий [8].

Методология и инструменты работы RTTN, а также форматы распространения технологической информации, полностью совместимы с методологией, инструментами и форматами Европейской сети поддержки предпринимательства и инноваций (Enterprise Europe Network – EEN). Это позволяет эффективно осуществлять обмен технологической информацией с европейскими центрами – участниками EEN и проводить для российских компаний и организаций поиск европейских партнеров для научно-технологического сотрудничества.

Миссия и задачи RTTN «заточены» на: содействие развитию инновационного бизнеса и коммерциализации наукоемких технологий в России; передачу/трансфер технологий между научным сектором и компаниями, а также внутри промышленного сектора; поиск партнеров для осуществления кооперации в разработке и внедрении новых наукоемких технологий.

В сети RTTN информация о предложениях и запросах представлена в виде структурированных описаний – профилей (рис. 2) [8].



Рис. 2. Технологические профили на сайте RTTN

Это позволяет, с одной стороны, авторам профилей четко сформулировать, что ими предлагается, какой партнер им нужен, в чем предполагаемая роль партнера, какие виды сотрудничества возможны и т.д., а, с другой стороны, пользователи системы – потенциальные партнеры могут оперативно и однозначно уяснить суть предложения о сотрудничестве и сделать вывод о том, насколько им это интересно.

Важно, чтобы содержание профиля было таким, что для его понимания необязательно быть техническим специалистом в данной отрасли (это одно из ключевых общих требований RTTN к подготовке профилей). Профили ориентированы на весьма широкий круг людей (сотрудников компаний и организаций, центров поддержки инноваций и трансфера технологий и т.д.), которые ищут партнеров для внедрения своих разработок, решения технологических проблем, проведения совместных прикладных исследований, а также для делового сотрудничества по производству и продвижению инновационной продукции. Используемая в RTTN структура профилей полностью совместима со структурой профилей

Enterprise Europe Network, что позволяет использовать их для поиска партнеров в Европе (при условии, что профиль имеет англоязычную версию и его содержание соответствует требованиям EEN).

Информационно-технологическая платформа RTTN включает в себя базы данных (БД) и интерфейс авторизованного доступа к БД - административная часть, а также интерфейс свободного доступа к информации веб-сайта RTTN - пользовательская часть.

Основные предметы информационного обмена в Сети – это профили на поиск партнеров для научно-технологического сотрудничества (технологические запросы/предложения, предложения/запросы НИОКР) и календарь событий – информация о семинарах, конференциях, брокерских встречах и др. [5].

Международная направленность развития (на данный период редко используемая в России) предполагает долгосрочное развитие исследовательских и инновационных проектов на базе сотрудничества международных партнеров с целью ускорения темпов коммерциализации. Примером являются такие зарубежные организации, как Larta Institute (США), Центр научных исследований и инноваций в Эдинбурге (Англия), Isis Enterprise (Англия) [1, 9].

Региональные ЦТТ служат связующим звеном для научных организаций и бизнеса этого региона (области). Примерами таких зарубежных инновационных центров являются PVA-MV (Германия), Imperial Innovations (Великобритания), ITEK (Австралия), Isis Innovation Ltd (Англия) и другие.

Тематический фокус ЦТТ делает акцент на определенные широкие технологические тематики. По данному принципу функционирует Офис трансфера технологий лаборатории прикладной физики университета Джона Хопкинса (США), Karolinska Innovation (Швеция). Также, ЦТТ могут быть разделены в зависимости от направления деятельности. Выделяют, как минимум, два направления: оказание консалтинговых услуг; создание и ведение высокотехнологичного бизнеса. В первом случае данные услуги осуществляются на основе консалтинга в сфере коммерциализации технологий, к ним относят: технологический аудит, патентную поддержку, маркетинговую поддержку, бизнес-планирование, управление проектом и др. [7, 9].

Создание и ведение высокотехнологичного бизнеса основывается на поиске новых технологий с дальнейшим созданием и ведением бизнеса на этой основе, или же нахождении и усовершенствование технологий на существующем бизнесе. Таким образом, ЦТТ можно рассматривать, как проект по созданию нового или модернизации уже существующего бизнеса [6].

Уместно отметить, что ЦТТ выполняют широкий спектр важнейших функций, таких, как: оперативное предоставление информации участникам трансфера технологий; анализ содержания и хода осуществления договоров о проведении научных исследований, где основной целью является оценка коммерческой значимости и охранных способностей получаемых результатов; продвижение, включая рекламу технологических разработок; проведение различных переговоров, организация технологического брокерского события¹ и др. [2].

¹ Технологическое брокерское событие – это серия предварительно организованных в одном месте технологических брокерских встреч между инновационными компаниями или разработчиками,

Несмотря на большое количество исследований российских специалистов и известные отечественные практики, тем не менее, можно констатировать, что на сегодняшний день не существует единой концепции функционирования ЦТТ. В то время, как опыт зарубежных стран, использующих ЦТТ, свидетельствует о наличии системного подхода к организации деятельности ЦТТ с включением в их инфраструктуру ЦТТ: законодательной базы, регулирующей всю основную деятельность ЦТТ; финансовой базы (на начальной стадии, как правило, в форме государственного финансирования с переходом в дальнейшем на привлечение инвестиций); квалифицированного, способного к обучению персонала.

В целях полномасштабной реализации потенциальных возможностей и функционала RTTN и ЦТТ целесообразно данные субъекты инновационной инфраструктуры интегративно интегрировать посредством ИКТ. Здесь индикаторами интеграции являются: а) соединение RTTN и ЦТТ как автономных частей с сохранением их относительно устойчивой целостности; б) формирование устойчивых связей между ними как акторами, выполняющими различные функции, в ряде случаев взаимодополняющими друг друга и выступающими необходимыми звеньями в инновационной цепочке; в) установление общих правил и регламентов взаимодействия, необходимых для координации деятельности субъектов интеграции; г) согласованное распределение используемых ресурсов, в том числе информационных; д) наличие границ, отделяющих партнеров по интеграции от внешних агентов.

Помимо единства целей, для организации взаимодействия этих субъектов интеграции важна пространственная локализация их взаимодействия. Данный тезис подтверждают исследования национальных и региональных инновационных систем, равно как и исследования кластеров [3, 5].

Заключение. Развивая современную экономику в России, целесообразно взять на вооружение практику развитых стран, активно использующих ЦТТ. Для этого необходимо: во-первых, создать логичную и гибкую цепочку, позволяющую доводить инновацию от идеи до практики с перспективами роста и получением ряда конкурентных преимуществ. Во-вторых, проводимая государственная инновационная политика и формируемая инновационная инфраструктура должны обладать единой концепцией развития, что позволит объединить участников инновационного процесса и стимулировать трансфер технологий. В-третьих, трансфер технологий должен быть обеспечен таким образом, чтобы не только коммерческие организации и промышленность, использующие технологии, но и сами разработчики, выступающие в лице научно-исследовательских университетов, различные научные центры, получали выгоды от своей творческой деятельности.

Полноформатное использование RTTN и ЦТТ представляется возможным в условиях интеграции коммуникативными средствами, что позволит обеспечить благоприятный климат продвижения высокотехнологичных продуктов на рынок для субъектов инновационной деятельности, повысив их конкурентоспособность.

Данные процессы способны активизировать процессы трансфера технологий и коммерциализации технологий не только на региональном уровне, но и в целом в России,

предлагающими новые технологии, с одной стороны, и теми компаниями, которые ведут поиск новых технологий и хотят приобрести их для дальнейшей эксплуатации или инвестирования в них, с другой стороны.

что позволит убрать барьеры, возникающие между бизнесом и наукой, тем самым, дав своеобразный толчок развитию всей экономики страны.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ильин П.В. Зарубежный опыт трансфера технологий в российскую практику / П.В. Ильин // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. 2013. № 1 (25). С. 206–213.
2. Коваль Е.Д. Формирование инновационной инфраструктуры для обеспечения технологического трансфера в России / Е.Д. Коваль // Экономика и управление: сб. науч. тр. Ч. I / под ред. д-ра экон. наук, проф. А.Е. Карлика. СПб.: Изд-во СПбГУЭФ. 2013. С. 56–64.
3. Малеева К.Н. Место и роль трансфера и коммерциализации технологий в повышении эффективности бизнес-процессов / К.Н. Малеева, В.И. Соловьев // Инновации в жизнь. 2014. №3 (10). С. 77–90
4. Слядников Е.Е. Модель распределенной информационно-телекоммуникационной системы с пакетной передачей данных [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.tusur.ru/filearchive/reports-magazine/2009-2/89-93.pdf> (дата обращения: 10.05.2017)
5. Соловьев В.И. Инновационный инжиниринг – эффективный инструмент инновационной деятельности / В.И. Соловьев // Инновации в жизнь. 2015. № 4 (15). С. 75–82
6. Соловьев В.И. Венчурные фонды / В.И. Соловьев, Я.А. Иванова // Инновации в жизнь. 2013. № 1 (3). С. 75–83
7. Харгадон, Э. Управление инновациями. Опыт ведущих компаний / Э. Харгадон. – М.: Вильямс, 2007. 304 с.
8. RTTN [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.rtn.ru/> (дата обращения 02.04.2017)
9. Wessner C. W., National Research Council (U.S.). Committee on Capitalizing on Science, Technology, and Innovation: An Assessment of the Small Business Innovation Research Program – 2004 [Электронный ресурс]. – URL: www.6cp.net/downloads/03vancouver_wessner.ppt (дата обращения: 10.04.2017.)

UDK 338.492.1

THE NETWORK POLICY AS A FORM OF COMMUNICATION INTEGRATION OF INNOVATIVE INFRASTRUCTURE

Vasily I. Solovjev

Ph. D., associate Professor, Professor, Department of business Informatics,
e-mail: v.i.solovjev@edu.nsuem.ru

Federal state budgetary educational institution of higher professional education "Novosibirsk state University of Economics and management NINH", 630099, Novosibirsk, St. Kamenskaya 56

Abstract. The article presents the author's position and role network policy as a form of integration of innovative infrastructure for promotion of high-technology products

(technology, engineering objects, services, etc.) through the achievement of communicative interaction. All this requires a highly developed innovation infrastructure as the key backbone components are information and communication technologies (ICT), one of the modern representatives of which are the network of technology transfer. Kernel functions the ICT tools perform some templates, called technological profiles, which in turn, depending on the preferences of the entity that owns the innovation, called "technological offer" or "process request". Along with networks of technology transfer an important infrastructure element of the system to promote innovation at the regional level are the technology transfer centres (TTC) that performs some kind of function cells and interfaces of innovation.

Keywords: network, network, policy, integration, communication, transportation, technology center, information and communications technology

References

1. Ilyin P.V. Zarubezhnyj opyt transfera tekhnologij v rossijskuyu praktiku [Foreign experience of technology transfer in the Russian practice] / P.V. Ilyin // the Economic and social changes: facts, trends, forecast. 2013. № 1 (25). Pp. 206–213. (in Russian)
2. Koval E.D. Formirovanie innovacionnoj infrastruktury dlya obespecheniya tekhnologicheskogo-transfera v Rossii [Formation of an innovative infrastructure to provide technological transfer in Russia] / E.D. Koval // Ehkonomika i upravlenie: sb. nauch.tr. Ch. I / pod. red. d-ra ehkon. nauk, prof. A. E. Karlika. Spb.: Izd-vo SPbGUEHF. 2013. Pp. 56-64 (in Russian)
3. Maleeva, K.N. Mesto i rol transfera i kommercializacii tekhnologij v povyshenii ehffektivnosti biznes-processov [The place and role of transfer and commercialization of technologies in improving the efficiency of business processes] / K.N. Maleeva, V.I. Solovjev // Innovation in life. 2014. №3 (10). Pp. 77–90. (in Russian)
4. Slyadnikov E.E. Model raspredelennoj informacionno-telekommunikacionnoj sistemy s paketnoj peredachej dannyh [the Model of distributed information-telecommunication system with batch data transmission] [Electronic resource]. – URL: <http://www.tusur.ru/filearchive/reports-magazine/2009-2/89-93.pdf> (date accessed: 10.05.2017) (in Russian)
5. Solovjev V.I. Innovacionnyj inzhiniring – ehffektivnyj instrument innovacionnoj deyatel'nosti [Innovative engineering is an effective tool of innovative activity] / V.I. Solovjev // Innovation in life. 2015. № 4 (15). Pp. 75–82. (in Russian)
6. Solovjev V.I. Venchurnye fondy [Venture capital funds] / V.I. Solovjev, J. A. Ivanova // Innovation in life. 2013. № 1 (3). Pp. 75–83. (in Russian)
7. Hargadon, E. Upravlenie innovაციями. Opyt vedushchih kompanij / E. Hargadon. M.: Williams. 2007. 304 p.
8. RTTN [Ehlektronnyj resurs] – URL: <http://www.rtt.ru/> (data-obrashcheniya 02.04.2017)
9. Wessner C.W., National Research Council (U.S.). Committee on Capitalizing on Science, Technology, and Innovation: An Assessment of the Small Business Innovation Research Program – 2004 [Electronic resource]. – URL: www.6cp.net/downloads/03vancouver_wessner.ppt (дата обращения: 10.04.2017.)

УДК 65.014

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПОТРЕБНОСТЕЙ СУБЪЕКТОВ ИННОВАЦИОННОЙ ЭКОСИСТЕМЫ ВУЗА НА ОСНОВЕ СЦЕНАРНОГО ПОДХОДА

Пашков Петр Михайлович

К.э.н., доцент, заведующий кафедрой бизнес-информатики, e-mail: p.m.pashkov@nsuem.ru
Новосибирский университет экономики и управления «НИНХ»
630099, г. Новосибирск, ул. Каменская, 56

Аннотация. В представленной статье рассматриваются пути развития инновационной экосистемы вуза на основе построения поддерживающего ее информационного пространства. Ключевым фактором в процессе проектирования информационного пространства является выявление информационных потребностей участников экосистемы. Для формулирования бизнес-требований предлагается использовать метод описания бизнес-сценариев.

Ключевые слова: архитектура предприятия, бизнес-сценарий, предприятие-платформа, инновационная экосистема, информационное пространство.

Введение. В процессе построения общества знаний, переход к которому является одной из стратегических задач развития страны, важную роль играют университеты, осуществляющие генерацию и распространение интеллектуальных ресурсов. В свете стратегии формирования информационного общества, принятой в РФ в 2017 г. [8], университеты могут стать лидерами в области становления цифровой экономики путем перевода существующей бизнес-модели, которая в настоящее время ориентирована на традиционные формы распространения знаний, на новую бизнес-модель, предполагающую развитие вуза как инновационной платформы. Такая бизнес-модель за счет возможностей информационных технологий позволит предприятиям и организациям обеспечить более эффективный доступ к накопленным в вузах знаниям и превратить эти знания в производительную силу.

Переход на новую бизнес-модель требует от университета не только существенных изменений на всех уровнях архитектуры, но и проработки вопросов реализации новых технологий взаимодействия со своими партнерами в процессе производства и передачи знаний в рамках своей инновационной экосистемы путем развития информационного пространства.

Вопросы построения информационного пространства для инновационных экосистем освещаются в трудах известных отечественных авторов [4, 9]. Однако, в связи со сложностью информационных пространств как объекта проектирования, возникает потребность в развитии методов их моделирования, в частности, методов выявления информационных потребностей субъектов инновационной экосистемы с целью формулирования требований к информационному пространству, что является определяющим этапом любой системной разработки.

Для разработки методов определения информационных потребностей участников инновационной экосистемы университета необходимо: осветить тенденции в области

развития предприятий как инновационных платформ, рассмотреть понятие инновационной экосистемы университета и пути его развития, уточнить понятия информационного пространства применительно к инновационной экосистеме университета и определить принципы его проектирования, проанализировать принципы построения информационного пространства и методы определения информационных потребностей предприятий в процессах взаимодействия.

1. Предприятие как инновационная платформа. Переход на цифровую экономику, понимаемую как «хозяйственная деятельность, в которой ключевым фактором производства являются данные в цифровом виде, обработка больших объемов и использование результатов анализа которых по сравнению с традиционными формами хозяйствования позволяют существенно повысить эффективность различных видов производства, технологий, оборудования, хранения, продажи, доставки товаров и услуг» [8], предполагает изменение бизнес-моделей предприятий. Формирование новой бизнес-модели предприятия, соответствующую требованиям цифровой экономики, требует изменения на всех уровнях архитектуры предприятия и называется цифровой трансформацией предприятий.

Существует ряд бизнес-моделей для цифровой трансформации, наиболее известными из которых являются:

1. Онлайн-бизнес-модель, в которой процессы бизнес-модели реализуются в форме онлайн-автоматического взаимодействия;
2. Бизнес-модель сотрудничества, процессы в которой реализуются в форме транзакций сотрудничества или участия в коллективной деятельности [2].

Первая модель достаточно проста для понимания и широко используется на практике, например, в рамках электронной коммерции или при использовании биллинговых систем. Более сложными являются бизнес-модели сотрудничества, к которым можно отнести «виртуальное практическое сообщество», «исключение фирм-посредников» и «предприятие-платформа».

Последняя бизнес-модель играет наиболее важную роль в цифровой трансформации предприятий. Эта модель предполагает организацию коллективного взаимодействия участников путем создания инструментов индивидуальных и коллективных действий на основе ИТ-платформы. Для этого предприятие, поддерживающее платформу, предлагает своим партнерам такие инструменты, как «личный кабинет» или «виртуальный офис». Именно эта бизнес-модель привела к появлению новых типов предприятий, которые начинают играть чрезвычайно важную роль в мировой экономике.

В работе Зиндера Е.З [3] приводится следующая классификация предприятий-платформ: транзакционная платформа, инвестиционная платформа, модель информационного включения, инновационная платформа, интеграционная платформа (объединяющая выше перечисленные).

Применительно к нашему исследованию следует кратко остановиться на модели «инновационной платформы». «Инновационная платформа» - это технология, продукт или услуга, служащие основой, на которой другие фирмы разрабатывают дополнительные технологии, продукты или услуги. Она позволяет повысить конкурентоспособность и качество инновационных продуктов в процессе их создания, а также создать условия для постоянного их обновления путем привлечения потребителей с целью сотворчества и

совместной деятельности. Примерами такой деятельности являются коллективная дистанционная работа над совместными проектами и применение методов краудсорсинга.

Основной эффект предприятий-платформ заключается в возможности быстрого роста участников платформы, в том числе и клиентов, что позволяет предприятиям извлечь существенную экономическую выгоду. Совокупность всех субъектов, использующих платформу, называется экосистемой. Стратегически важной задачей для предприятий-платформ является развитие экосистемы.

2. Моделирование инновационной экосистемы вуза и пути его развития. В настоящее время в экономических исследованиях широко развивается подход к моделированию процессов взаимодействия и конкурирования предприятий и организаций, как производящих продукты, так и заинтересованных в их потреблении в форме моделей экосистем по аналогии с биологическими экосистемами [11]. В Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017-2030 годы дается следующее определение экосистемы: экосистема цифровой экономики – партнерство организаций, обеспечивающее постоянное взаимодействие принадлежащих им технологических платформ, прикладных интернет-сервисов, аналитических систем, информационных систем органов государственной власти Российской Федерации, организаций и граждан» [8].

Наиболее существенными аспектами в процессе моделирования экосистемы является описание различных процессов взаимодействия между участниками экосистемы и определение механизма саморегулирования.

В научной литературе встречаются различные типы экосистем. Для нашего исследования наиболее важными являются следующие три типа: бизнес-экосистема, экосистема знаний, инновационная экосистема.

Бизнес-экосистема ориентирована на моделирование ценностного предложения, экосистема знаний позволяет моделировать процессы производства и распространения знаний, а целью инновационной экосистемы является моделирование процессов коммерциализации знаний [7].

Следует заметить, что все три модели между собой связаны. Более подробно остановимся на инновационных экосистемах, метод построения которых пришел на смену традиционным подходам к организации взаимодействия ключевых участников рынка инноваций. Модель инновационной экосистемы предприятия или региона включает активные субъекты, генерирующие и распространяющие знания, предприятия или организации, внедряющие инновации, внешнее окружение, а также взаимосвязи между этими элементами.

Под инновационной экосистемой будем понимать сеть устойчивых взаимоотношений между организациями, формируемую и/или развивающуюся для ускорения инновационного процесса [7, 10].

В публикации [5] в целях перехода к концепции «Университет 3.0» рекомендуется ставить университет в центр экосистемы. В дальнейшем под инновационной экосистемой университета будем понимать сеть устойчивых взаимоотношений между вузом и субъектами инновационной деятельности в процессе производства и потребления научно-технических услуг, которые играют роль в процессах коммерциализации инноваций. Инновационная экосистема вуза аккумулирует человеческие, финансовые и иные ресурсы для оптимизации и обеспечения эффективности процесса коммерциализации инноваций.

Для моделирования инновационной экосистемы вуза необходимо решить следующие задачи

1. Изучить научную подсистему вуза, выявить субъекты, играющие роль в процессах производства и потребления научно-технических услуг.
2. Обследовать инновационную экосистему региона, включая инновационно-активные предприятия, научно-исследовательские институты, вузы, а также структуры, обеспечивающие и поддерживающие институциональное окружение.
3. Изучить механизмы производства и распространения знаний в вузе.
4. Определить связи между субъектами инновационной экосистемы вуза.
5. Построить модель инновационной экосистемы вуза [1].

К субъектам научной подсистемы вуза можно отнести:

1. Субъекты управления и обеспечения научной деятельности (научно-технический совет, управление научной политики и исследований, научная библиотека, студенческое научное общество (СНО), редакционно-издательский отдел, отдел по взаимодействию с органами государственной власти и бизнес-сообществом и др.).
2. Персональные субъекты вуза, создающие объекты интеллектуальной собственности (преподаватели, научные работники, студенты, магистранты, аспиранты).
3. Коллективные субъекты вуза, создающие объекты интеллектуальной собственности (научные школы, бизнес-инкубатор, кафедры, научные лаборатории, исследовательские коллективы, малые инновационные предприятия и др.).

К участникам инновационной экосистемы региона относятся:

1. Партнерский сектор (школы, колледжи, вузы, технопарковые структуры, научные организации, профессиональные сообщества и др.);
2. Бизнес-сектор (коммерческие организации как потребители проектов вуза, потребители образовательных услуг в форме повышения квалификации, кластерные образования, потребители консалтинговых услуг и результатов НИОКР и др.);
3. Государственный сектор (органы государственной власти и местного самоуправления, государственные институты, правительственные агентства и др.);
4. Негосударственный некоммерческий сектор (потребители культурных ценностей, экологические организации, отечественные и зарубежные фонды, меценаты, гражданское общество в целом).

К основным бизнес-процессам для продвижения научно-технических услуг вуза, основанным на взаимодействии с контрагентами, относятся: проведение НИР, подготовка кадров высшей квалификации, выполнение грантов, осуществление инновационной деятельности.

Описание связей между участниками инновационной экосистемы позволяют построить ее графическую модель. Эта модель отражает сложность существующей архитектуры экосистемы, но не позволяет решать задачи развития инновационных процессов. Для этого необходимо обеспечить информационное взаимодействие между участниками экосистемы, что может быть реализовано в процессе перехода вуза на бизнес-модель инновационной платформы. Ключевым фактором для этого является организация эффективного взаимодействия элементов научной подсистемы вуза и ее окружения на основе информатизации процессов взаимодействия путем развития информационного пространства.

3. Проектирование информационного пространства инновационной экосистемы вуза. В соответствии с терминологией, определенной в Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017-2030 годы, под информационным пространством будем понимать «совокупность информационных ресурсов, созданных субъектами информационной сферы, средств взаимодействия таких субъектов, их информационных систем и необходимой информационной инфраструктуры» [8]. По сути, информационное пространство можно считать специфическим классом систем. Такого рода системы, наряду с информационными системами, могут быть объектом проектирования и развития. Однако в связи с большим количеством разнообразных субъектов, участвующих в информационном пространстве, задачи построения таких систем отличаются значительным масштабом и сложностью. Поэтому развитие путей и методов построения информационных пространств относится к фундаментальным научным проблемам, исследование которых имеет существенную практическую ценность для решения сложных социально-экономических задач, в том числе, повышения эффективности функционирования инновационных экосистем вузов.

Одним из факторов, определяющих сложность построения информационных пространств, является отсутствие индустриальных стандартов их проектирования. Существующие ИТ-стандарты ориентированы на построение информационных систем, имеющих единого владельца. Применение этих стандартов для информационных пространств ведет к упрощенным подходам, когда часть информации домысливается, что существенно снижает значимость таких разработок. В работах Тельнова Ю.Ф. и Зиндера Е.З. рассматриваются пути решения задач построения информационно-образовательных пространств на основе формирования системы базовых требований к информационному пространству [4, 9]. Данный подход можно применить для проектирования информационного пространства инновационной экосистемы университета.

Процесс проектирования информационного пространства инновационной экосистемы университета можно представить в виде трех этапов:

- анализ текущего состояния инновационной экосистемы университета;
- исследование возможностей развития инновационной экосистемы университета;
- формирование целевой архитектуры информационного пространства инновационной экосистемы университета.

В процессе анализа модели текущего состояния инновационной экосистемы университета необходимо решить следующие задачи:

- описать основные понятия, ценности, цели и основные результаты инновационной экосистемы университета;
- разработать критерии обеспечения ценности и достижения целей;
- сформировать укрупненную текущую архитектуру инновационной экосистемы университета и его информационного пространства;
- построить модели текущего состояния информационных объектов, процессов и текущих потребностей в информации, а также производимых знаний.

На этапе исследования возможностей развития инновационной экосистемы университета необходимо решить следующие задачи:

- идентифицировать потребителей знаний;

- исследовать перспективные потребности в информации и в представлениях производимых знаний;
- определить источники получения информации;
- оценить разрывы между существующим состоянием и перспективными потребностями информационного пространства инновационной экосистемы университета.

На заключительном этапе проектирования информационного пространства инновационной экосистемы университета необходимо решить следующие задачи:

- разработать онтологическую модель информационного пространства верхнего уровня;
- построить модель актуальных знаний инновационной экосистемы университета, гармонизированную с потребностями клиентов;
- разработать требования к построению и развитию информационного пространства инновационной экосистемы университета;
- построить прототип информационного пространства инновационной экосистемы университета;
- разработать дорожную карту перехода к целевой архитектуре.

Одной из ключевых задач проектирования архитектуры информационного пространства инновационной экосистемы университета является определение информационных потребностей участников инновационной экосистемы.

5. Разработка методов определения информационных потребностей субъектов информационной экосистемы университета. Анализ информационных потребностей стейкхолдеров является ключевым этапом проектирования информационных систем. Решение этой задачи рассматривается в рамках методологии бизнес-анализа [6]. Под бизнес-анализом понимается деятельность, которая, на основе выявления потребностей, позволяет организации обосновывать и внедрять изменения, разрабатывать и описывать ИТ-решения, имеющие ценность для заинтересованных лиц. В настоящее время существуют индустриальные стандарты и своды знаний, регламентирующие деятельность бизнес-аналитиков, наиболее известным из них является свод знаний в области бизнес-анализа BABOK, в котором описано большое количество методов анализа бизнес-потребностей и формулирования бизнес-требований к информационным системам. В частности, в BABOK для анализа потребностей рекомендуется использовать следующие методы: моделирование бизнес-процессов, анализ персонажей, интервью, метод мозгового штурма, семинары по определению требований, определение критериев приемки и оценки и др.

Однако эти методы в большей мере рассчитаны на исследование потребностей пользователей информационных систем. В случае с информационными пространствами задача анализа потребностей выглядит сложнее: необходимо учесть не только потребности внутренних пользователей, но и потребности пользователей других субъектов инновационной экосистемы. Это требует анализа и моделирования процессов взаимодействия между различными типами субъектов экосистемы и разработки методов выявления потребностей в цепочках взаимодействия.

В связи с тем, что описание процессов взаимодействия выполняется в контексте взаимодействия предприятий, то выявляемые потребности должны отвечать потребностям предприятия в целом и предполагают применение комплексного взгляда на потребности

предприятия, что диктует необходимость использования архитектурного подхода. Следует заметить, что существующие методологии построения архитектуры предприятия декларируют необходимость исследования бизнес-потребностей, однако, конкретным методикам анализа бизнес-потребностей в них не уделяется внимания. Исключения составляют BIZBOK (свод знаний в области бизнес-архитектуры) и TOGAF (методология разработки архитектуры предприятия The Open Group), которые развивают подход к выявлению бизнес-потребностей на основе метода бизнес-сценариев.

Бизнес-сценарий – это законченное описание бизнес-проблемы в терминах бизнеса и архитектуры, которое дает возможность рассматривать индивидуальные требования во взаимозависимости с проблемами предприятия. Методика построения бизнес-сценариев позволяет выявлять и документировать бизнес-требования с целью описания видения архитектуры предприятия.

Основной смысл бизнес-сценария заключается в создании, описании «историй» возможных вариантов взаимодействия, которые существуют в настоящее время и могут появиться в будущем.

Согласно TOGAF, бизнес-сценарий описывает: бизнес-процессы и приложения; среду бизнеса и технологии; людей и вычислительные компоненты, которые выполняют сценарии; желаемый результат [12].

Создание бизнес-сценария предполагает выполнение следующих действий:

1. Идентификация, документирование и ранжирование проблемы.
2. Идентификация бизнес- и технической среды.
3. Идентификация и документирование желаемых результатов успешного решения проблем.
4. Идентификация участников и их места в бизнес-модели.
5. Идентификация компьютерных элементов.
6. Идентификация и документирование ролей, ответственностей.
7. Проверка соответствия цели и уточнение.

Методика сценарного проектирования имеет итеративный характер и предполагает три фазы: сбора, анализа и обзора информации. На каждой фазе происходит уточнение информации по всем шести выше перечисленным областям бизнес-сценария.

Для моделирования бизнес-сценария удобно применять методы описания прецедентов и диаграммы UML, характерные для объектно-ориентированного проектирования.

Заключение. Для развития инновационной экосистемы университета необходимо формировать информационное пространство, включающее информационные ресурсы и информационные технологии, необходимые для поддержки взаимодействия между субъектами экосистемы в процессе внедрения инноваций. Ключевым фактором в построении информационного пространства является выявление информационных потребностей участников экосистемы с целью определения бизнес-требований. Эффективным методом выявления бизнес-требований в условиях построения систем, поддерживающих взаимодействие между различными субъектами, является моделирование бизнес-сценариев.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Галицкая Л.В., Зиндер Е.З., Пашков П.М., Соловьев В.И. Методы и модели развития информационного пространства инновационной экосистемы университета //

- «Инжиниринг предприятий и управление знаниями» (ИП&УЗ-2017) : сборник научных трудов XX юбилейной Российской научно-практической конференции.. Т.1. Москва: ФБГОУ ВО «РЭУ им. Г.В. Плеханова». 2017. С. 231–236.
2. Зиндер Е.З. Бизнес-модели трансформации цифрового общества – основа развития архитектур предприятий // Инжиниринг предприятий и управление знаниями» (ИП&УЗ-2017) : сборник научных трудов XIX Российской научно-практической конференции. Москва: ФБГОУ ВО «РЭУ им. Г.В. Плеханова». 2016. С. 23–28.
 3. Зиндер Е.З. Расширяющаяся парадигма инжиниринга предприятий // Бизнес-информатика. 2016. № 4(38). С. 7-18
 4. Зиндер Е.З. Электронное правительство, информационные пространства и архитектурный подход // Современные информационные технологии и ИТ-образование. И.: Фонд содействия развитию интернет-медиа, ИТ-образования, человеческого потенциала "Лига интернет-медиа" (Москва). 2015. том 1. № 11. С. 46–52.
 5. Кузнецов Е. Университеты 3.0 в НТИ [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://iz.ru/news/650622> (дата обращения 3.07.2017)
 6. Пашков П. М. Методология бизнес-анализа: учеб. Пособие. Новосибирск : Новосиб. гос. ун-т экономики и управления «НИНХ». 2015. 212 с.
 7. Соболев А.А., Малеева К.Н., Соловьев В.И. Инновационная экосистема как системообразующий фактор инициации и продвижения инноваций // Инновации в жизнь. 2016. № 2 (17). С. 31–44.
 8. Стратегия развития информационного общества в Российской Федерации на 2017-2030 гг. Утверждена Указом Президента Российской Федерации от 9 мая 2017 г. № 203 [Электронный ресурс] // Официальный интернет-портал правовой информации. Режим доступа: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201705100002> (дата обращения 3.07.2017)
 9. Тельнов Ю.Ф., Казаков В.А. Онтологическое моделирование сетевых взаимодействий организаций в информационно-образовательном пространстве // Пятнадцатая национальная конференция по искусственному интеллекту с международным участием: сб. трудов. Смоленск : Универсум. 2016 . С. 106–114.
 10. Яковлева А.Ю. Факторы и модели формирования и развития инновационных экосистем : дис. ... канд. экон. наук. М.: Изд-во НИУ "Высшая школа экономики". 2012. 157 с.
 11. Moore, J. F. 1996. The Death of Competition: Leadership and Strategy in the Age of Business Ecosystems. New York, NY: HarperBusiness. 324 p.
 12. The Open Group. TOGAF 9.1 [Электронный ресурс].] // The Open Group Publications Server. Режим доступа: URL: <http://pubs.opengroup.org/architecture/togaf9-doc/arch/index.html> (дата обращения: 03.07.2017)

UDK 65.014

**DEFINITION OF INFORMATION NEEDS THE INNOVATION ECOSYSTEM
BASED ON THE SCENARIO APPROACH**

Petr M. Pashkov

Ph. D., associate Professor, head of the Department of business Informatics, e-mail:

p.m.pashkov@nsuem.ru

Novosibirsk State University of Economics and Management, Novosibirsk, Russia
630099, Novosibirsk, Kamenskaya str., 56

Abstract: In this article the ways of development of the innovation ecosystem based on the construction of its supporting information space. A key factor in the process of designing an information space is to identify the information needs of the ecosystem participants. To formulate business requirements it is proposed to use a method of describing business scenarios.

Keywords: enterprise architecture, business scenario, enterprise platform, innovation ecosystem, information space.

References

1. Galitskaya L.V., Zinder E.Z., Pashkov P.M., Solovov V.I. Metody i modeli razvitiya informatsionnogo prostranstva innovatsionnoy ekosistemy universiteta [Methods and models for the development of the information space of the university's innovation ecosystem] // «Inzhiniring predpriyatiy i upravlenie znaniyami» (IP&UZ-2017): sbornik nauchnykh trudov XX yubiley noy Rossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. 26-28 aprelya 2017 g. T.1. Moskva: FBGOU VO «REU im. G.V. Plehanova». 2017. Pp. 231–236. (in Russian)
2. Zinder E.Z. Biznes-modeli transformatsii tsifrovogo obschestva – osnova razvitiya arhitektur predpriyatiy [Business models of digital society transformation – the basis for the development of architectures of enterprises] // Inzhiniring predpriyatiy i upravlenie znaniyami» (IP&UZ-2016) : sbornik nauchnykh trudov XIX Rossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. 26-27 aprelya 2016 g. Moskva: FBGOU VO «REU im. G.V. Plehanova». 2016. Pp. 23–28. (in Russian)
3. Zinder E.Z. Rasshiryayuschayasya paradigma inzhiniringa predpriyatiy [Expanding the Enterprise Engineering Paradigm] // Biznes-informatika = Business Informatics. 2016. № 4(38). Pp. 7–18 (in Russian)
4. Zinder E.Z. Elektronnoe pravitelstvo, informatsionnyie prostranstva i arhitekturnyyi podhod [Electronic government, information spaces and architectural approach] // Sovremennyye informatsionnyie tehnologii i IT-obrazovanie. I.: Fond sodeystviya razvitiyu internet-media, IT-obrazovaniya, chelovecheskogo potentsiala "Liga internet-media" (Moskva). 2015. tom 1. № 11. Pp. 46–52. (in Russian)
5. Kuznetsov E. Universitety 3.0 v NTI [Elektronnyiy resurs]. Rezhim dostupa: <http://iz.ru/news/650622> (data obrascheniya 3.07.2017) (in Russian)

6. Pashkov P.M. Metodologiya biznes-analiza: ucheb. Posobie [Business analysis methodology: study guide]. Novosibirsk : Novosib. gos. un-t ekonomiki i upravleniya «NINH». 2015. 212 p. (in Russian)
7. Sobolev A.A., Maleeva K.N., Solovev V.I. Innovatsionnaya ekosistema kak sistemoobrazuyushiy faktor initsiatsii i prodvizheniya innovatsiy [Innovation ecosystem as a system initiation factors and promote innovation] // Innovatsii v zhizn = Innovation in life. 2016. № 2 (17). Pp. 31–44. (in Russian)
8. Strategiya razvitiya informatsionnogo obshchestva v Rossiyskoy Federatsii na 2017-2030 gg. Utverzhdena Ukazom Prezidenta Rossiyskoy Federatsii ot 9 maya 2017 g. № 203 [Elektronnyy resurs] // Ofitsialnyy internet-portal pravovoy informatsii. Rezhim dostupa: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201705100002> (data obrascheniya 3.07.2017) (in Russian)
9. Telnov Yu.F., Kazakov V.A. Ontologicheskoe modelirovanie setevyih vzaimodeystviy organizatsiy v informatsionno-obrazovatelnom prostranstve [Ontological modeling of network interactions of organizations in the information-educational space] // Pyatnadsataya natsionalnaya konferentsiya po iskusstvennomu intellektu s mezhdunarodnym uchastiem: sb. trudov. Smolensk : Universum. 2016 . Pp. 106–114. (in Russian)
10. Yakovleva A. Yu. Faktory i modeli formirovaniya i razvitiya innovatsionnyih ekosistem : dis. ... kand. ekon. nauk. M.: Izd-vo NIU "Vysshaya shkola ekonomiki", 2012. 157 s. (in Russian)
11. Moore, J. F. 1996. The Death of Competition: Leadership and Strategy in the Age of Business Ecosystems. New York, NY: HarperBusiness. 324 p.
12. The Open Group. TOGAF 9.1 [Электронный ресурс].] // The Open Group Publications Server. Режим доступа: URL: <http://pubs.opengroup.org/architecture/togaf9> – doc/arch/index.html (data obrascheniya: 03.07.2017)

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОЕКТНОГО ПОДХОДА К ИССЛЕДОВАНИЯМ В ОБЛАСТИ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Галицкая Любовь Владимировна

к.т.н., доцент кафедры бизнес-информатики, e-mail: l.v.galickaya@edu.nsuem.ru

Пашков Петр Михайлович

к.э.н., заведующий кафедрой бизнес-информатики, e-mail: p.m.pashkov@edu.nsuem.ru

Соловьев Василий Иванович

к.т.н., профессор кафедры бизнес-информатики, e-mail: v.i.solojev@edu.nsuem.ru

Новосибирский университет экономики и управления «НИНХ»

630099, г. Новосибирск, ул. Каменская, 56

Аннотация. В статье описаны концептуальные основы методологии Design science research. Рассмотрены базовая модель и её актуализированный вариант для моделирования процесса генерации новых знаний в проектных научных исследованиях. Установлена возможность использования Design science research и её основных положений в решении задач исследований информационных систем, а также показана перспектива распространения проектного метода исследований в части реализации образовательного процесса по программам магистратуры и аспирантуры

Ключевые слова: Design science research, знания, информационные системы, научный артефакт, проектный метод исследования

Введение. В связи с развитием информационных технологий автоматизированные информационные системы являются неотъемлемыми элементами обеспечения функционирования любых предприятий (в широком смысле этого понятия). Разработка информационных систем (ИС) является широко распространённой практикой, выполняемой множеством различных проектных коллективов на разных предприятиях. В то же время, в ряде случаев, задачи построения ИС зачастую являются неординарными, требующими определенной квалификации и компетенции разработчиков [1, 4, 5]. При этом возникают сложные задачи, которые определяются принципиально новыми объектами информатизации или потенциалом новых информационных технологий. В этом случае разработчики сталкиваются с необходимостью проведения исследовательской деятельности, характерной для инженерных наук – проектированием принципиально новых систем для достижения целей в условиях ограничений, задаваемых внешней средой.

Такого рода исследования в области построения ИС не являются уникальными для зарубежных исследователей и проводятся творческими коллективами и отдельными исследователями в рамках функционирования различных научных школ в исследовательских организациях и вузах. Однако анализ литературных источников в области организации этой деятельности свидетельствует о дефиците публикаций в российском сегменте научной литературы о методологических основах исследований в области построения ИС, что отрицательно сказывается на результативности этой деятельности [2]. Зачастую задачи научного исследования сводятся к решению простых инженерных задач, а исследователи

затрудняются в формулировках научной новизны своих результатов и с доказательством их полезности. Поэтому целью статьи является обоснование методологического подхода к проведению исследований в области информационных систем. Для этого необходимо рассмотреть методологические аспекты системных проектных исследований, описать структуру процесса системного проектного исследования и принципы генерации знаний генерации знаний в рамках DSR, определить возможности применения методологии DSR в области исследования информационных систем.

1. Design science research как методологическая база современных проектных наук. Рассматривая методологию, как науку о методах, необходимо учитывать два принципиально разных аспекта этой категории:

– теоретический, в котором методология рассматривается как раздел теории познания в философии. Среди авторов, занимающихся исследованием данной тематики, можно выделить П. П. Щедровицкого - выдающегося мыслителя XX века, организатора и идейного лидера ММК (Московского Методологического Кружка), создателя мощнейшей интеллектуальной культуры – СМД-методологии (системо-мыследеятельностная методология); Г.С. Альтшуллера – автора теории решения изобретательских задач (ТРИЗ); А.М. и Д.А. Новиковых – профессоров и докторов наук, авторов многих научных работ по методологиям, теориям и механизмам управления организационными системами. Среди зарубежных исследователей следует выделить Герберта А. Саймона – американского ученого, Нобелевского лауреата, изучавшего принципы и процессы принятия решений в различных областях человеческой деятельности, а также занимавшегося психологией и искусственным интеллектом.

– практический, когда под методологией понимается способ организации деятельности человека, состоящий в определении цели и предмета исследования, подходов и ориентиров в его проведении, выборе средств и методов, определяющих наилучший результат [3]. Данный аспект представляет особый интерес при решении таких задач, как информатизация предприятий и проведение научных исследований в области построения ИС.

Идеи Г. Саймона [6], заключающиеся в структурировании процесса проектирования артефактов¹ в дальнейшем были развиты в трудах зарубежных ученых при формировании методологии исследований в области создания искусственных систем (инженерных, экономических, управленческих и др.), которые получили широкое распространение в развитых странах под названием «Design science research - DSR» (проектные научные исследования).

В работах Оуэна (Owen, 1997) дана классификация наук [9], позволяющая выявить место и роль проектных наук, нацеленных на разработку продуктов, их связь с классом аналитических/синтетических наук, ориентированных на генерацию артефактов, в форме фундаментальных знаний.

Из анализа исследований зарубежных авторов следует, что DSR можно воспринимать как методологическую базу проектных наук. Основным смыслом этой методологии заключается в генерации знаний путем конструирования и анализа артефактов. При этом проектирование выступает в качестве метода исследования.

¹ Артефакт – объект, который проектируется и несет научные знания

На рис. 1 представлена базовая модель цикла генерации и использования знаний в процессе проектных научных исследований, в рамках которой знание генерируется и накапливается посредством обобщения результатов использования на практике спроектированных, сконструированных артефактов, далее полученные знания используются для дальнейшего совершенствования артефактов.



Рис. 1. Базовая модель цикла генерации и использования знаний

Процессы отражения и абстрагирования, играющие важную роль в цикле генерации знаний, основываются на структуре и принципах организации каналов (см. рис. 1). В свою очередь, каналы содержат системы соглашений и правил, используемых в предметной области, воплощающие меры и ценности, которые были эмпирически развиты как «способы познания», по мере развития конкретной науки касательно данной предметной области. Каналы для разных наук могут быть схожи по структуре и содержанию, но, в сущности, они являются специфическими для каждой научной дисциплины и являются продуктами ее эволюции.

2. Генерация знаний в рамках DSR. Научные знания в области проектных научных исследований формируются на основе проектирования и разработки научных артефактов. Возможные варианты таких артефактов представлены в табл. 1.

Таблица 1. Классификация артефактов проектных научных исследований

Название	Описание
Конструкты	Концептуальный словарный запас предметной области (рубрикатор, элементы глоссария)
Модель	Формализованное описание объекта, группа утверждений или формулировок, которые описывают отношения (связи) между элементами
Метод	Способ решения поставленной задачи
Рамка (подход), Framework	Реальные и концептуальные проводники, которые поддерживают или направляют процесс построения, проектирования
Архитектура	Высокоуровневая структура системы
Концепция	Система научно обоснованных, теоретико-методологических взглядов на определение сущностей, целей, задач и методов
Парадигма	Доминирующая концепция
Теория	Предписывающий набор утверждений (формулировок), которые описывают последовательность достижения конкретной цели. Теория обычно включает другие абстрактные артефакты, такие, как элементы, модели, Framework, архитектуры, концепции и методы

На рис. 2 представлена модель процесса генерации знаний в рамках DSR, разработанная Takeda и др. [10]. Несмотря на то, что разные этапы процесса проектирования и проектного научного исследования схожи, смысл деятельности, осуществляемой на различных этапах DSR, значительно отличается. Основной смысл проектного научного исследования заключается в том, чтобы сделать вклад новых (истинных) знаний в существующую или формируемую область знания. Поэтому данную модель можно рассматривать как процесс проектирования научного знания.

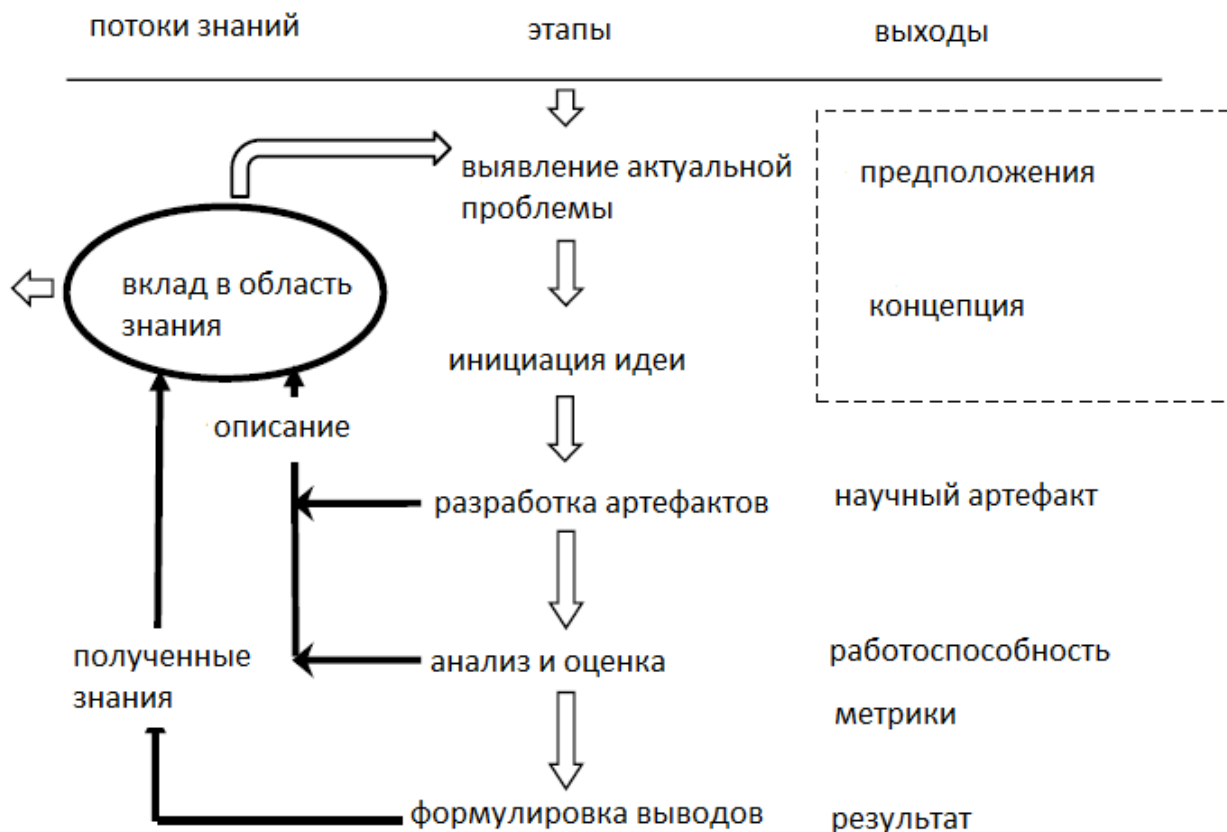


Рис. 2. Актуализированная модель процесса генерации новых знаний в проектных научных исследованиях [10]

Для того, чтобы можно было рассматривать результаты процесса как вклад в область знания, необходимо понимать, как можно оценивать полученные в результате проектных научных исследований знания по отношению к существующей базе знаний. На рис. 3 представлена модель, позволяющая определять возможные варианты вклада в область знания в зависимости от различных типов задач проектирования.

По горизонтальной оси отражается степень изученности проблемной области, по вертикальной оси отражается степень проработанности решения. Если проблемная область хорошо изучена и существует множество вариантов решений для этой области, то это решение относится к тривиальным задачам и не вносит вклада в область знаний. Наоборот, если проблема тщательно не изучена и отсутствуют варианты ее решения, то вклад в область знаний от успешного решения подобной проблемы является значительным, такое решение можно назвать изобретением. Если проблема изучена в полной мере, но отсутствуют «продвинутые» решения в этой области, то вклад в область знания называется усовершенствованием.

Здесь усовершенствование связано в первую очередь, с нахождением новых решений для хорошо изученных проблем. В случае, если проблема тщательно не изучена, но существует множество новых решений, то вклад в область знания называется адаптацией и он связан с применением существующих решений для не изученных тщательно проблемных областей.



Рис. 3. Модель вклада в область знания для различных типов задач проектирования [7]

Разработанные в результате исследования артефакты, такие, как конструкты, модели, методы и т. д., являются составными частями сгенерированных знаний, но сами по себе не являются новыми знаниями, если не выполнены требования, связанные с оценкой, валидацией и обоснованием знаний.

3. Применение методологии DSR в области исследования информационных систем. Методология DSR применима к любым областям, связанным с созданием искусственных систем, в том числе и к исследованиям в области построения информационных систем, о чем свидетельствует значительный поток научных публикаций [8, 11, 12].

Рассмотрим подход к исследованию информационных систем (рис. 4), разработанный Nevner и др. [8].

Исходным пунктом для проведения исследований в области ИС являются бизнес-потребности, определяемые во внешней среде, представленной людьми, организациями и технологиями, что определяет актуальность проводимого исследования.

Исследования ИС могут содержать две фазы: поведенческую (разработка и обоснование теории) и проектную (построение и оценка артефактов, перечисленных в табл. 1). Цель поведенческого научного исследования – это истина, цель проектного научного исследования – полезность. Авторы рассматриваемого подхода полагают, что истина и полезность неразделимы. С одной стороны, проектирование и полезность артефактов подтверждают теорию, с другой стороны, полезность слабо изученных артефактов может привести к расширению теории.

Научную строгость проводимым исследованиям обеспечивает использование базы знаний, которая включает основы и методологию. Основы содержат результаты ранее выполненных исследований, методология содержит рекомендации по проведению процессов оценки и подтверждения результатов исследования. Для поведенческой фазы основным инструментарием является сбор и эмпирический анализ данных, для проектных научных исследований чаще используются математические методы объяснения явлений.

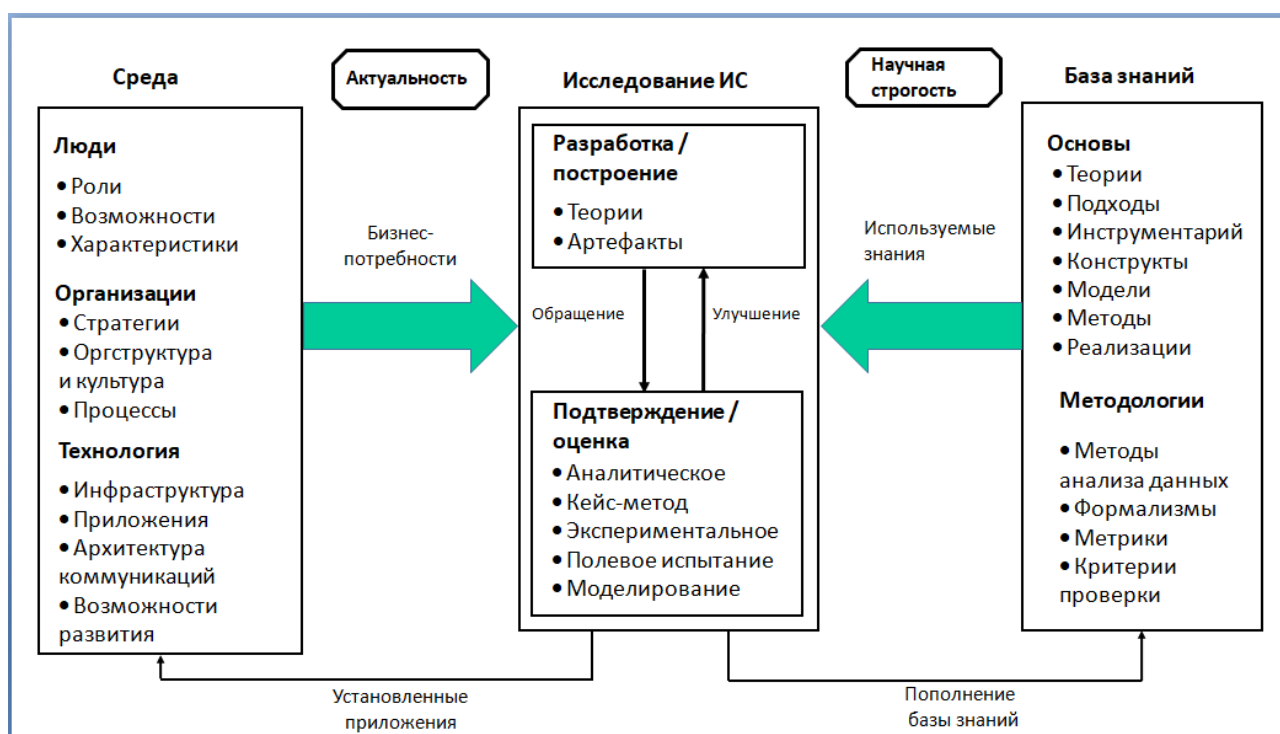


Рис. 4. Подход к исследованию информационных систем

Вклад научных исследований ИС определяется тем, как результаты исследований позволяют удовлетворить потребности бизнеса и расширяют область знаний. При этом следует различать тривиальные решения и решения уникальных или инновационных проблем, характеризующихся:

- нестабильностью требований и турбулентной внешней средой;
- потребностями в обеспечении гибкости процесса проектирования;
- критической зависимостью от когнитивных функций человеческих способностей для нахождения эффективных решений;
- критической зависимостью от социальных аспектов, например, коллективная деятельность и др. [8].

Особенность исследований в области информационных систем определяется тем, что информационные технологии, лежащие в их основе, находятся на острие постоянных научных революций. В связи с этим проектное научное исследования ИС должно быть адаптивным, процессно-ориентированным и отвечающим следующим принципам:

- работоспособность проектируемого артефакта;
- направленность артефакта на решение важной и актуальной бизнес-проблемы;
- полезность, эффективность и качество артефакта;
- подтверждение научной значимости артефакта;
- применение строгих методов построения и оценки артефакта;
- исследовательский подход к построению новых артефактов, позволяющих решить важную проблему;
- ориентация на решение, как бизнес-, так и технологических проблем [8].

Артефакты, полученные в процессе научного проектирования ИС, представляют собой инновации, позволяющие разрабатывать более эффективные информационные системы.

Заключение. Таким образом, изучение основных положений методологии DSR позволяет использовать их при разработке базовой модели проектного подхода для генерации новых знаний в процессе исследования информационных систем. Сущность проектного подхода заключается в проектировании и разработке научных артефактов с последующим их использованием в создании информационных систем. Данный подход имеет перспективы в его реализации в процессе проведения исследований по программам магистратуры и аспирантуры не только по направлению информатика и вычислительная техника, но и по другим образовательным направлениям в области ИТ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бобров Л.К., Медянкина И.П., Осипов А.Л., Пашков П.М., Родионова З.В. О компетенциях менеджера бизнес-информации // НТИ. Серия 1: Организация и методика информационной работы. 2016. № 5. С. 5–14.
2. Галицкая Л.В., Князева Я.Н., Родионова З.В., Пашков П.М. Управление качеством дополнительного ИКТ образования в сети образовательных центров // Система профессионального ИКТ-образования: опыт Европы, России, Казахстана. Саратов: ООО «Автограф». 2016. С. 151–168.
3. Новиков А.М., Новиков Д.А. Методология. М.: СИН-ТЕГ. 2007. 668 с.
4. Пашков П.М. Управление компетенциями в процессе подготовки ИТ-специалистов // Совершенствование подготовки ИТ-специалистов по направлению "Прикладная информатика" для инновационной экономики Сборник научных трудов V Международной научно-методической конференции. 2009. С. 160–164.
5. Пашков П.М. Формирование профессиональных компетенций специалистов в области архитектуры предприятий // Инжиниринг предприятий и управление знаниями. Сборник научных трудов (ИП&УЗ-2015). Московский государственный университет экономики, статистики и информатики (МЭСИ), Учебно-методическое объединение по образованию в области прикладной информатики. 2015. С. 312–319.
6. Саймон Г. Науки об искусственном. М.: «Мир». 1972. 147 с.
7. Gregor, S., Hevner, A Positioning and presenting design science research for maximum impact // MIS Quarterly Vol. 2013. 37 (2). Pp. 337–355.
8. Hevner, R., March, S., Park, J., Ram, S. Design science in information systems research. MIS Quarterly Vol. 28 No. 1, 2004. Pp. 75-105
9. Owen, C. Understanding design research. Toward an achievement of balance // Journal of the Japanese Society for the science of design. 1997.5(2). Pp. 36–45.
10. Takeda, H., P. Veerkamp, T. Tomiyama, and H. Yoshikawam. Modeling design processes. AI Magazine. Winter. 1990. Pp. 37–48.
11. Vaishnavi V., Kuechler W. Design science research methods and patterns: innovating information and communication technology. Auerbach Publications. 2008. 226 p.
12. Wieringa. Roel J. Design science methodology for information systems and software engineering. Springer. 2014. 332 p.

UDK 167

APPLICATION OF THE DESIGN APPROACH TO RESEARCH IN THE FIELD OF INFORMATION SYSTEMS

Lybov V. Galickaya

Ph. D., associate Professor Department of business Informatics,

e-mail: l.v.galickaya@edu.nsuem.ru

Petr M. Pashkov

Ph. D., associate Professor head of the Department of business Informatics,

e-mail: p.m.pashkov@edu.nsuem.ru

Vasiliy I. Solovjov

Ph. D., Professor Department of business Informatics, e-mail: v.i.solojev@edu.nsuem.ru

Novosibirsk State University of Economics and Management, Novosibirsk, Russia
630099, Novosibirsk, Kamenskaya str., 56

Abstract. The article describes the conceptual foundations of the methodology of the Design Science Research. The basic model and its actualized version for modeling the process of generation of new knowledge in project scientific research are considered. The possibility of using the Design science research and its main provisions in solving research problems of information systems has been established, as well as the perspective of the extension of the project research method in the part of implementing the educational process through the Master's and Postgraduate programs.

Keywords: Design science research, knowledge, information systems, scientific artifact, project research method.

References

1. Bobrov L.K., Medyankina I.P., Osipov A.L., Pashkov P.M., Rodionova Z.V. O kompetentsiyakh menedzhera biznes-informatsii [About the competence of the Manager business information] // NTI. Seriya 1: Organizatsiya i metodika informatsionnoy raboty = Scientific and technical information. Series 1: organization and methods of outreach. 2016. № 5. Pp. 5–14. (in Russian)
2. Galitskaya L.V., Knyazeva YA.N., Rodionova Z.V., Pashkov P.M. Upravleniye kachestvom dopolnitel'nogo IKT obrazovaniya v seti obrazovatel'nykh tsentrov [Quality management of additional ICT education in the network of educational centers] // Sistema professional'nogo IKT-obrazovaniya: opyt Yevropy, Rossii, Kazakhstana = System of professional ICT-education: experience of eu, russia, kazakhstan. Saratov: OOO «Avtograf». 2016. Pp. 151–168. (in Russian)
3. Novikov A.M., Novikov D.A. Metodologiya [Methodology]. M.: SIN-TEG. 2007. 668 p. (in Russian)
4. Pashkov P.M. Upravleniye kompetentsiyami v protsesse podgotovki IT-spetsialistov [Management competences in the process of training IT-specialists] // Sovershenstvovaniye podgotovki IT-spetsialistov po napravleniyu "Prikladnaya informatika" dlya innovatsionnoy

- ekonomiki Sbornik nauchnykh trudov V Mezhdunarodnoy nauchno-metodicheskoy konferentsii. 2009. Pp. 160–164. (in Russian)
5. Pashkov P.M. Formirovaniye professional'nykh kompetentsiy spetsialistov v oblasti arkhitektury predpriyatiy [Formation of professional competences of specialists in the field of enterprise architecture] // Inzhiniring predpriyatiy i upravleniye znaniyami. Sbornik nauchnykh trudov (IP&UZ-2015). Moskovskiy gosudarstvennyy universitet ekonomiki, statistiki i informatiki (MESI), Uchebno-metodicheskoye ob"yedineniye po obrazovaniyu v oblasti prikladnoy informatiki. 2015. Pp. 312–319. (in Russian)
 6. Saymon G. Nauki ob iskusstvennom. M., 1972, 147 p. (in Russian)
 7. Gregor, S., Hevner, A Positioning and presenting design science research for maximum impact // MIS Quarterly Vol. 2013. 37 (2). Pp. 337–355.
 8. Hevner, R., March, S., Park, J., Ram, S. Design science in information systems research. MIS Quarterly Vol. 28 No. 1, 2004. Pp. 75-105
 9. Owen, C. Understanding design research. Toward an achievement of balance // Journal of the Japanese Society for the science of design. 1997.5(2). Pp. 36–45.
 10. Takeda, H., P. Veerkamp, T. Tomiyama, and H. Yoshikawam. Modeling design processes. AI Magazine. Winter. 1990. Pp. 37–48.
 11. Vaishnavi V., Kuechler W. Design science research methods and patterns: innovating information and communication technology. Auerbach Publications. 2008. 226 p.
 12. Wieringa. Roel J. Design science methodology for information systems and software engineering. Springer. 2014. 332 p.

**ВОЗМОЖНОСТИ АНАЛИЗА ТЕКСТОВОЙ ИНФОРМАЦИИ
НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ НАПРАВЛЕННОСТИ
ДЛЯ ОБОСНОВАНИЯ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ ЭНЕРГЕТИКИ**

Михеев Алексей Валерьевич

к.т.н., ученый секретарь

Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН,
664130 г. Иркутск, ул. Лермонтова 130, e-mail: mikheev@isem.irk.ru

Аннотация. Приведен краткий обзор современного состояния методов анализа текстовой информации в доступных электронных ресурсах в сфере науки и технологий. Рассмотрены основные преимущества комбинации методов анализа текстовых источников с методами системного анализа, применяемыми при разработке отраслевого прогноза научно-технологического развития в энергетике. Предложена концепция интеграции информации, получаемой при такой комбинации, для формирования инновационных индикаторов развития энергетических технологий.

Ключевые слова: анализ текстовых данных, tech mining, научно-технологическое прогнозирование, инновационное развитие, системный анализ, инновационные индикаторы, энергетические технологии.

Введение. Технологические инновации в энергетике, обусловленные в основном структурными и количественными изменениями в секторе конечного потребления энергии, характеризуются, как правило, изначальным несовершенством, высокой стоимостью, медленными темпами внедрения, и, как следствие, несут в себе высокие инвестиционные риски. Более того, успех инноваций в энергетическом секторе конкретной страны сильно зависит не только от внутренних условий и существующей инфраструктуры, задающих инерцию, но и от внешнеэкономических факторов, с трудом прогнозируемых. Например, прогноз научно-технологического развития отраслей топливно-энергетического комплекса России на период до 2035 года [3] опирается на три совершенно различных сценария предполагаемого развития мировой энергетики: 1) эволюционный («новая эпоха углеводородов»), 2) долговременные низкие цены на углеводородное топливо, 3) сценарий «энергетической революции», связанный с вводом в широкий оборот генерации на возобновляемых источниках энергии (и не только) при ускорении жизненного цикла энергетических инноваций в целом. Второй и третий сценарии содержат большие вызовы и проблемы для российской энергетики и экономики. При этом вероятность реализации любого из приведенных сценариев характеризуется высокой неопределенностью, которая размывает границы технологического прогноза и тормозит формирование необходимых стратегических ориентиров и приоритетов инновационного развития энергетики России.

С другой стороны, в мире предпринимаются попытки уменьшить уровень неопределенности выбора пути научно-технологического развития через применение методов интеллектуального анализа больших массивов постоянно накапливаемой научно-

технической текстовой информации в электронном виде о ведущихся в мире исследованиях и разработках с целью выявления ключевых технологических трендов, идентификации перспективных и прорывных технологий, более глубокого проникновения в непрерывно идущие и значительно ускорившиеся в последние годы инновационные процессы, в том числе и в такой достаточно консервативной отрасли, как энергетика, [4].

1. Методы анализа текстовой информации в научно-технологической сфере.

Глубокий анализ текстовых массивов из электронных ресурсов научно-технологической направленности и извлечение знаний из них в целях лучшего понимания *инновационных* процессов получил за рубежом наименование Tech Mining [8] по аналогии с термином Data Mining (интеллектуальный анализ данных). Однако, если последний термин на практике чаще имеет дело со структурированными массивами числовых данных, то Tech Mining ориентирован в основном на текстовые источники информации, содержащие структурированные (даты публикаций, авторы, организации, ключевые слова) и неструктурированные (семантика заголовков, тексты аннотаций и статей) данные. Данный подход представляет собой форму контекстного анализа и является естественным развитием таких аналитических способов обработки информации, как традиционный исследовательский обзор литературы, библиометрия (как наукометрия или технометрия), анализ текстов (Text Mining), патентный анализ и т.п. Рецензируемые научно-технические публикации из полнотекстовых баз ведущих международных издательств или международных баз цитирования Web of Science, Scopus, Springer и других, сведения из патентных баз данных, как наиболее доступные и обладающие достаточно высоким уровнем доверия, это наиболее часто используемые источники исходной текстовой информации для Tech Mining. Также используют открытые источники сети Интернет: новостные подборки, презентации, аналитические отчеты, научно-технические блоги, геоданные, соцсети и т.п. Источниками информации для анализа могут выступать также результаты экспертных или социальных опросов.

Сама процедура анализа текстовой информации по методологии Tech Mining универсальна и состоит из 10 основных этапов [9]:

1. Выбор предметной области решаемой проблемы, постановка задачи исследования.
2. Выбор релевантных источников (базы данных, интернет, люди) и обеспечение доступа к ним.
3. Поиск информации по выбранным источникам, по выбранной предметной области.
4. Извлечение текстовых данных, например, аннотаций, ключевых слов, полного текста статей, ссылок.
5. Первичная обработка извлеченной информации, в том числе приведение к однотипному формату, очистка от шума и ошибок, фильтрация, структурирование.
6. Глубокий анализ обработанных данных, в том числе через обработку естественного языка (Natural Language Processing, NLP), включая выделение содержательных терминов и фраз, выявление шаблонов и перекрестных ссылок, взаимосвязей и фактов, расчет статистических характеристик, классификация, кластерный анализ, построение семантических сетей и т.д.
7. Расчет специальных количественных / качественных индикаторов инноваций.
8. Когнитивная визуализация полученных результатов.

9. Интерпретация и обобщение полученных результатов с учетом мнения экспертов, их интеграция с базой знаний, изготовление информационного продукта, представляющего результаты в комфортной, легко доступной форме для лиц, принимающих решения.

10. Стандартизация и автоматизация по мере возможности всех предыдущих шагов.

Процедура Tech Mining и отдельные ее этапы могут выполняться итеративно. На каждом этапе может применяться большой набор методов и средств, в том числе систематическим становится использование семантических технологий с опорой на онтологии [11]. Привлечение экспертов в исследуемой предметной области и учет их мнения, особенно на начальных 1-2 и финальных 8-10 этапах из списка выше, является обязательным для обеспечения достижения поставленных целей и корректности результатов анализа.

Обобщенно подход Tech Mining может быть представлен в виде «плавильной печи» (см. рис. 1), осуществляющей конверсию текстовой информации доступных научно-технических электронных ресурсов в наборы взаимосвязанных измерений с помощью набора статистических и семантических техник. Измерения содержат данные по записям (статьям), технологическим терминам/концептам, перекрестным ссылкам между ними по множественным разрезам, а именно по тематическим доменам и связям между ними, персоналиям (исследователям), организациям (центрам исследований и разработок), видам источников, географической привязки, временной шкалы и т.п.

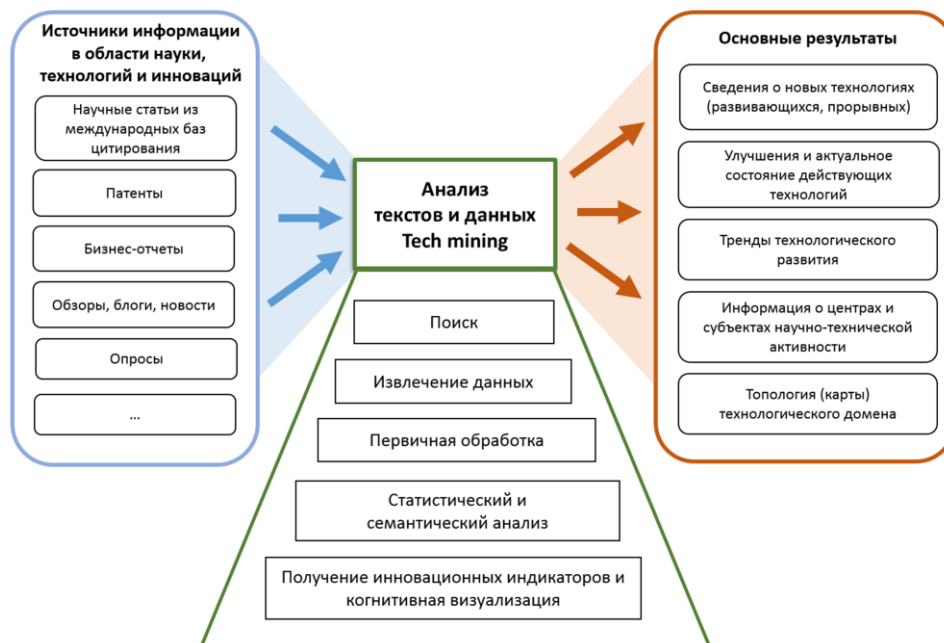


Рис. 1. Tech Mining как способ конверсии информации из ресурсов в области науки и технологий в полезные информационные продукты для управления инновационным развитием.

Важной составляющей является получение количественных и качественных индикаторов, обеспечивающих полезные для оценки и обоснования перспектив научно-технологического развития функции, а именно:

1. Идентификация активно развивающихся, потенциально перспективных на конечном временном горизонте, недавно появившихся (новых) технологий, отслеживание прогресса в действующих технологиях сегодняшнего дня, получение сведений о ключевых свойствах и компонентах технологий, в том числе выявление неявных факторов, влияющих на их развитие.
2. Систематизация знаний в предметной области, определение топологии и связей технологического домена, построение карт технологических кластеров, визуализация ландшафта исследований и разработок, в том числе определение ведущих исследовательских центров и групп разработчиков по тематике и географическому местоположению.
3. Получение наборов временных рядов данных для аппроксимации технологических трендов с их дальнейшей экстраполяцией в будущее, для разработки моделей роста технологий в русле концепции жизненного цикла (life-cycle) технологий, в том числе оценка степени зрелости технологий и их проникновения на рынок.

Комплексная индикативная оценка, получаемая в итоге, может существенно облегчить разработку таких часто используемых аналитиками и консультантами информационных продуктов и средств, как научно-технологический мониторинг, научно-технологические прогнозы, построение дорожных карт инновационного развития технологий, информационное обеспечение для системного оценивания сравнительной эффективности технологий и систем поддержки принятия решений по управлению инновационным развитием.

Tech Mining имеет ограничения, подробно обсуждаемые в [6, 8, 9], среди которых наиболее существенным является трудность обеспечения полноты и репрезентативности исходной информации. Например, далеко не все результаты исследований в сфере передовых технологий в принципе публикуются, патентуются и упоминаются в Интернете, будучи используемы в качестве «ноу-хау» или имплицитных знаний. Часто они становятся доступны с большим временным лагом, который может достигать нескольких лет.

2. Примеры Tech Mining для анализа развития технологий энергетики. Применимость различных способов анализа научно-технологических текстовых данных для выявления трендов развития технологий в различных областях уже показана в большом количестве работ, среди которых исследования по технологиям энергетики занимают значительную часть. Как правило, предметом анализа становится одно из основных направлений развития мировой энергетики последних лет – технологии возобновляемых источников энергии и альтернативной энергетики.

В основополагающей для концепции Tech Mining работе [8] приведен пример пошагового выполнения анализа текстовых данных на основе статистики публикаций из международных баз цитирования Web of Science, EI Compendex и мирового патентного индекса Derwent в области технологий топливных элементов (fuel cells). Целевые установки анализа – выявление и сравнение ведущих центров исследований в этой области, исследования трендов развития технологий различных типов топливных элементов (например, био- или твердооксидных), выявление основных сфер применения топливных элементов в будущем. В [5] интеграция результатов библиометрического и патентного анализа с логистической моделью жизненного цикла технологии (S-кривая роста) применена для оценки зрелости

развития водородной энергетики и ряда технологий топливных элементов с последующими рекомендациями по формированию стратегии инновационного развития.

В [12] приведен пример построения конечного информационного продукта - технологической дорожной карты, отражающей динамику изменений показателя эффективности конверсии энергии в солнечных элементах на базе обобщенной технологии сенсibilизированных красителей (Dye-Sensitized Solar Cells или DSSC). Для этой же DSSC-технологии проведена идентификация технологических трендов и построение дорожных карт на основе методологии SAO (subject-action-object) [10], которая, в отличие от классических количественных библиометрических оценок трендов развития по ключевым терминам и словам, представляет развитие технологий в контексте будущей проблематики индустриальных задач технологического домена и путей их решения.

Универсальный, независимый от предметной области подход автоматической идентификации и мониторинга технологических трендов описан в [7]. В качестве работоспособного примера рассмотрена по полным текстам корпуса статей из Web of Science и Scopus обобщенная сфера энергетических технологий в разрезе одного из семантических индикаторов - «стабильности». Важным достоинством предложенного авторами подхода является комбинация использования семантических методов (онтология индикаторов технологических трендов) и гибридного процессора естественного языка (hybrid NLP) с использованием лингвистических паттернов, что позволяет более точно извлекать необходимые значимые терминологические концепты. На основе статистических значений и семантических индикаторов с учетом мнения экспертов проведена оценка степени зрелости для ряда технологий в области энергетики через их соотнесение с расположением на кривой Гартнера, представляющей субъективную модель восприятия человеком этапов технологического развития.

3. Возможности анализа научно-технологической информации для обоснования инновационного развития энергетики России. По итогам краткого и далеко неполного обзора применения различных методов Tech Mining представляется важным, чтобы подход был встроен на формальной основе в существующую методологию разработки отраслевого прогноза научно-технологического развития в энергетике [1], как в части обеспечения работы коллективной экспертной деятельности (экспертные панели, опросы, форсайтные исследования), так и в части дополнения системных исследований на математических моделях. Однако, существует проблема формальной интеграции между Tech Mining и методологией системного анализа, которая является в настоящее время основным средством обоснования научно-технологического развития в энергетике и ее отраслях [2]. Методы системного анализа позволяют получать сравнительные качественные и количественные оценки для совокупности технологий сложной структуры, включают оценку потенциала совершенствования каждой из сопоставляемых технологий и закономерностей ее освоения, выявление благоприятных условий и эффективных областей применения энергетической технологии, анализ механизмов конкуренции энергетической технологии с альтернативными решениями, оптимизацию схем и параметров технологии, решений на ее основе. Основные с функциональной точки зрения этапы системного анализа развития технологий в энергетике представлены на рис. 2.

Анализ научно-технологической текстовой информации Tech Mining будет более всего востребован на подготовительном этапе сбора и систематизации необходимых данных

в целях повышения контекстной осведомленности экспертов, участвующих в разработке прогноза, а также для формирования базы предварительных прогнозно-аналитических материалов. Инструментарий Tech Mining позволяет автоматизировать процедуры, обычно трудоемкие и вручную выполняемые исследователями. В методологии системного анализа подготовительная фаза соответствует анализу внешних и внутренних условий этапа 1, оказывающих влияние на развитие энергетических технологий.

Преимуществом использования Tech Mining также является более полный охват и систематизация информации сектора исследований и разработок, включая области, имеющие опосредованное отношение к энергетике. Через взаимосвязи между технологиями энергетики и смежных областей науки, таких, как физика, химия, материаловедение, нано, информационные технологии и других, при наличии прогресса в последних могут быть косвенно выявлены ожидаемые точки роста первых. К примеру, идентификация серьезного прогресса в создании долговечных устойчивых к высоким температурам свыше 2700°K материалов может привести к возобновлению разработок эффективных энергетических установок на основе МГД-генераторов открытого цикла.

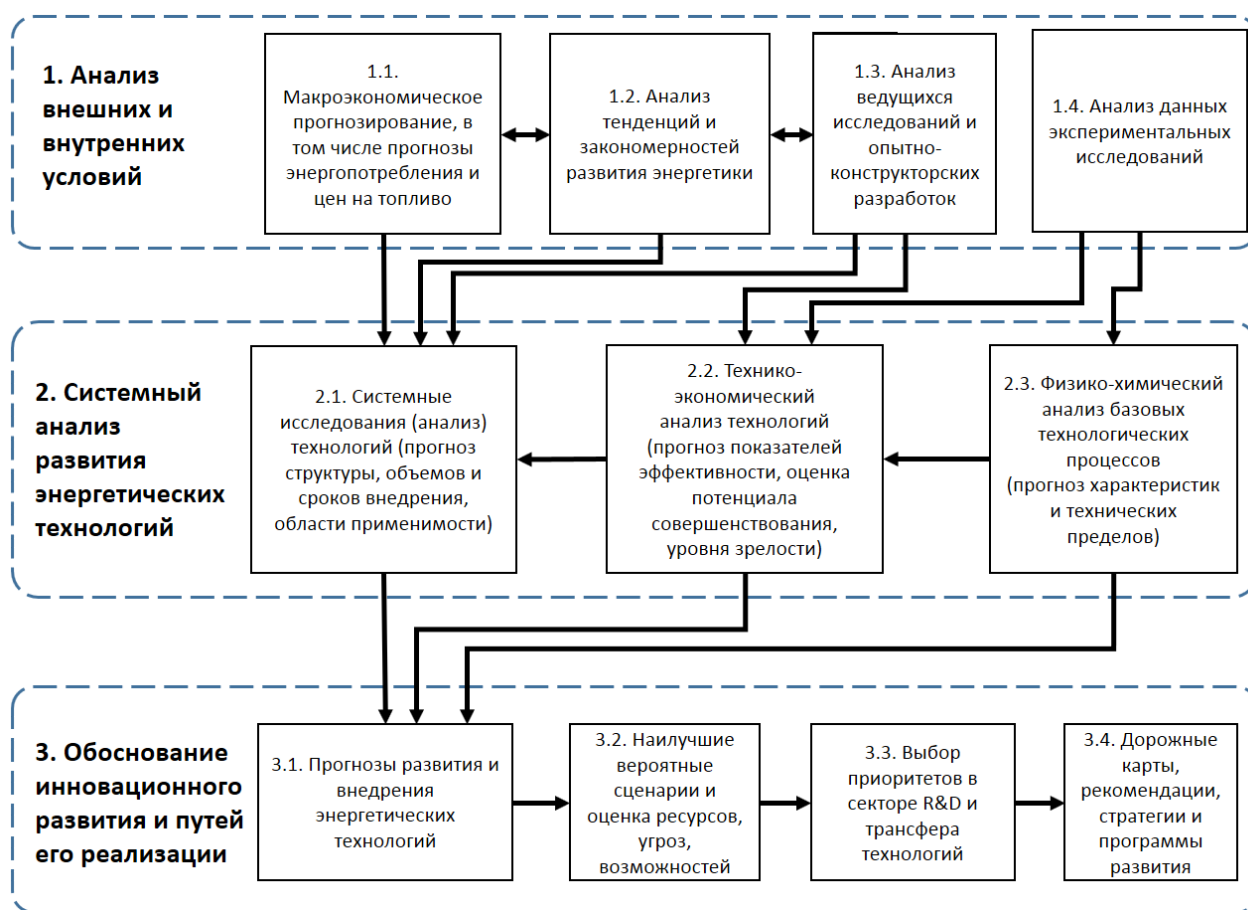


Рис. 2. Методология системного анализа для обоснования инновационного развития энергетики.

Вместе с тем с методической точки зрения важно прояснить, каким образом полученные в результате Tech Mining количественные и качественные индикаторы могут быть формально переданы, согласованы между собой и использованы в блоках на последующем этапе 2, где выполняется собственно системный анализ развития энергетических технологий. Для этого на текущем этапе предварительных исследований разработана концептуальная

диаграмма (рис. 3) взаимодействия основных укрупненных групп данных, используемых для формирования значений инновационных индикаторов развития в сфере энергетических технологий. Состав характеристик и индикаторов внутри групп приведен в качестве репрезентативного примера для отражения содержательной сущности каждой группы. Он может быть расширен или редуцирован в зависимости от поставленной задачи.

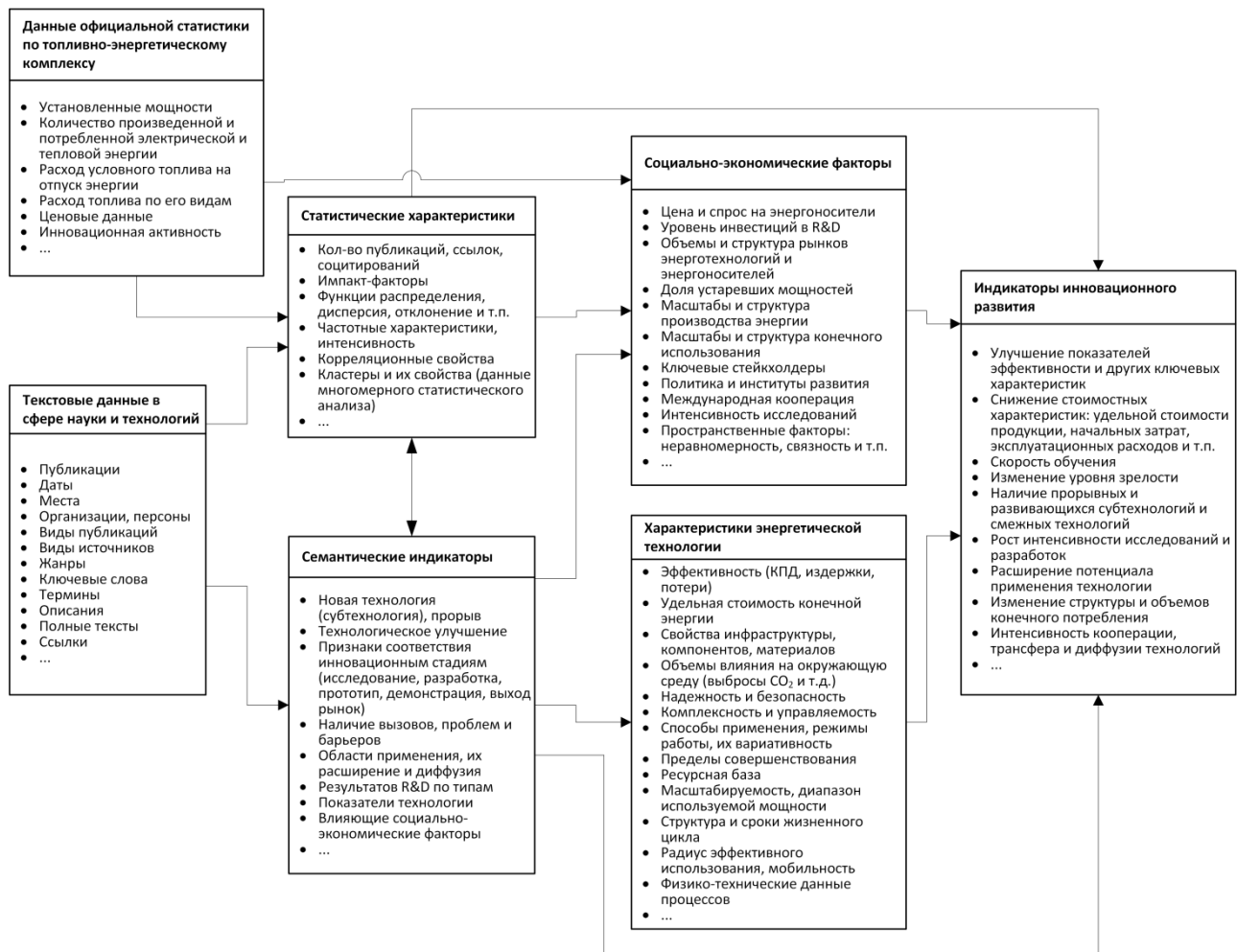


Рис. 3. Общая схема интеграции основных групп данных, используемых для формирования инновационных индикаторов развития энергетических технологий.

Группа данных официальной статистики по топливно-энергетическому комплексу содержит количественные макропоказатели по отрасли, которые малоприменимы для оценки конкретной энергетической технологии, однако отражают состояние энергетики в целом. Это официальные данные в структурированном (табличном) виде государственной статистики, Международного энергетического агентства и т.п.

Группа текстовых данных в сфере науки и технологий представляет извлеченную и прошедшую первичную обработку информацию из электронных источников научно-технологической направленности.

Статистические характеристики вычисляются для различных видов текстовых данных и данных официальной статистики с помощью методов статистического анализа.

Семантические индикаторы позволяют с помощью набора лингвистических паттернов и маркеров извлечь из полнотекстовых записей различные признаки и свойства энерге-

тической технологии. Простой утилитарной функцией группы «Семантических индикаторов» может быть прямое извлечение конкретных значений показателей энергетической технологии (например, коэффициента конверсии или стоимости произведенной электроэнергии). Получение более сложных параметров, например, уровня зрелости (положения на S-образной кривой развития) требует комбинации семантических индикаторов с группой статистических характеристик.

Группа характеристик энергетической технологии является предметно-ориентированной, в основном отражает спектр показателей эффективности технологии и является основой для формирования инновационных индикаторов типа technology-push, отражающих давление научно-технологического прогресса на инновационную систему.

Социально-экономические факторы, прямо или косвенно влияющие на развитие энергетических технологий, используются для генерации инновационных индикаторов типа market-pull, отвечающих за учет ключевых запросов, потребностей и условий рыночной среды.

Результирующая группа индикаторов инновационного развития содержит значения качественной и количественной индикативной оценки динамики развития энергетической технологии и ее компонентов в первую очередь через ожидаемый рост показателей эффективности, а также с точки зрения места и перспектив конкретной технологии в рамках инновационной системы. Значения индикаторов используются на финальном этапе методологии системного анализа, а именно при обосновании инновационного развития энергетики и путей его реализации (рис. 2).

Заключение. Предложенная схема дает общие контуры структурной интеграции разнородных данных, полученных в ходе анализа текстовых научно-технических ресурсов и данных, и данных, используемых в системных энергетических исследованиях (в разделе оценки и сопоставления технологий). Реализация представленной схемы возможна на основе:

1. Онтологии всех классов и объектов данных в составе групп индикаторов/характеристик, приведенных на рис. 3. Также дополнительно к онтологии необходимо разработать информационно-математическую модель, описывающую правила последовательного взаимодействия и преобразования данных между объектами.

2. Онтологии предметной области энергетических технологий, свойства которых являются подмножеством онтологии информационных объектов. Эта онтология описывает структуру информации, необходимой для работы блока системного технологического моделирования.

Хотя разработка подобных онтологий и моделей представляет сложность в силу комплексной природы используемых характеристик и индикаторов и решаемых с их помощью задач, но это позволит на формальной основе интегрировать подход Tech Mining в методологию системного анализа для автоматизации формирования и повышения качества научно-технологического прогноза и обоснования возможных путей инновационного развития в энергетике.

Исследование выполнено при частичной финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 17-07-01341, а также в рамках научного проекта по государственному заданию ИСЭМ СО РАН № АААА-А17-117030310436-7.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Афанасьева М.В., Березной А.В., Дементьев В.В. и др. Концепция системы мониторинга и прогнозирования научно-технического прогресса в энергетике / Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». М.: НИУ ВШЭ. 2015. 16 с.
2. Обоснование развития электроэнергетических систем: Методология, модели, методы, их использование / отв. ред. Н.И. Воропай. Новосибирск: "Наука". 2015. 448 с.
3. Прогноз научно-технологического развития отраслей топливно-энергетического комплекса России на период до 2035 года. Минэнерго РФ. 2016. Режим доступа: <http://minenergo.gov.ru/system/download-pdf/6365/66647> (дата обращения: 11.11.2017) (in Russian)
4. Anticipating Future Innovation Pathways through Large Data Analysis / Eds. T.U. Daim, D. Chiavetta, A.L. Porter, O. Saritas. In book series "Innovation, Technology, and Knowledge Management". Springer. 2016. 360 p. DOI: 10.1007/978-3-319-39056-7.
5. Chen Y.H., Chen C.Y., Lee S.C. Technology forecasting and patent strategy of hydrogen energy and fuel cell technologies // International Journal of Hydrogen Energy. 36. 2011. P. 6957–6969. DOI: 10.1016/j.ijhydene.2011.03.063.
6. Cunningham S.W., Porter A.L., Newman N.C. Special issue on tech mining. Technological Forecasting and Social Change, 73 (8). 2006. P. 915–922. DOI: 10.1016/j.techfore.2006.06.004.
7. Efimenko I.V., Khoroshevsky V.F. Peaks, Slopes, Canyons and Plateaus: Identifying Technology Trends Throughout the Life Cycle // International Journal of Innovation and Technology Management. Vol. 14. No. 2. #1740012, 2017. P 28. DOI: 10.1142/S0219877017400120.
8. Porter A.L., Cunningham S.W. Tech Mining: Exploiting New Technologies for Competitive Advantage. New York. John Wiley. 2005. 384 p.
9. Porter A.L., Zhang Y. Tech mining of science & technology information resources for future-oriented technology analyses // In Glenn, J.C. and Gordon, T.J. (eds.) Futures research methodology version 3.1. Режим доступа: https://www.thevantagepoint.com/data/documents/FRM_3.0_chapter_20-Tech_Mining-3-7-15yz.pdf (дата обращения: 11.11.2017).
10. Wang X., Qiu P., Zhu D., Mitkova L., Lei M., Porter A.L. Identification of technology development trends based on subject–action–object analysis: The case of dye-sensitized solar cells // Technological Forecasting & Social Change. 98. 2015. P. 24–46. DOI: 10.1016/j.techfore.2015.05.014.
11. Wimalasuriya D.C., Dou D. Ontology-based information extraction: an introduction and a survey of current approaches. Journal of Information Science. 36(3). 2012. P. 306–323. DOI: 10.1177/0165551509360123.
12. Zhang Y., Porter A., Zhengyuan H. et al. "Term clumping" for technical intelligence: A case study on dye-sensitized solar cells // Technological Forecasting & Social Change. Vol. 85. 2014. P. 26–39. DOI: 10.1016/j.techfore.2013.12.019.

FEASIBILITY OF TECH MINING FOR FORECASTING INNOVATION PATHWAYS IN ENERGY SECTOR

Alexey V. Mikheev

Dr. of Eng.

Melentiev Energy Systems Institute

Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences

130, Lermontov Str., 664033, Irkutsk, Russia, e-mail: mikheev@isem.irk.ru

Abstract. The paper reviews the state-of-art of tech mining approach, which is a special form of large data analytics applied to rich information text resources on science and technology. Main advantages of tech mining approach for national energy technology development forecasting system are considered. A conception of information integration between tech mining results and system analysis data is proposed to generate a set of innovation indicators for energy technology development assessment and forecasting.

Keywords: large data analysis, tech mining, technology forecasting, innovation development, system analysis, innovation indicators, energy technology.

References

1. Konceptija sistemy monitoringa i prognozirovaniya nauchno-tehnicheskogo progressa v jenergetike [Conception of the technology monitoring and forecasting system in energy sector] / Afansieva M.V., Bereznoi A.B., Dementiev V.V. et al.; Nat. research. univ. «High school of economy». M.: HSE, 2015. 16 p. (in Russian).
2. Obosnovanie razvitija jelektrojenergeticheskikh sistem: Metodologija, modeli, metody, ih ispol'zovanie [Feasibility of energy power systems development: Methodology, models, methods and its use] / Eds. Voropai N.I. Novosibirsk: "Nauka", 2015. 448 p. (in Russian).
3. Prognoz nauchno-tehnologicheskogo razvitija otraslej toplivno-jenergeticheskogo kompleksa Rossii na period do 2035 goda [Technology forecasting of Russian fuel and energy sector up to 2035]. Ministry of Energy. Russia. 2016. Available at: <http://minenergo.gov.ru/system/download-pdf/6365/66647> (accessed 11.11.2017) (in Russian)
4. Anticipating Future Innovation Pathways through Large Data Analysis / Eds. T.U. Daim, D. Chiavetta, A.L. Porter, O. Saritas. In book series "Innovation, Technology, and Knowledge Management". Springer. 2016. 360 p. DOI: 10.1007/978-3-319-39056-7.
5. Chen Y.H., Chen C.Y., Lee S.C. Technology forecasting and patent strategy of hydrogen energy and fuel cell technologies // International Journal of Hydrogen Energy. 36. 2011. P. 6957–6969. DOI: 10.1016/j.ijhydene.2011.03.063.
6. Cunningham S.W., Porter A.L., Newman N.C. Special issue on tech mining. Technological Forecasting and Social Change, 73 (8). 2006. P. 915–922. DOI: 10.1016/j.techfore.2006.06.004.

7. Efimenko I.V., Khoroshevsky V.F. Peaks, Slopes, Canyons and Plateaus: Identifying Technology Trends Throughout the Life Cycle // International Journal of Innovation and Technology Management. Vol. 14. No. 2. #1740012, 2017. P 28. DOI: 10.1142/S0219877017400120.
8. Porter A.L., Cunningham S.W. Tech Mining: Exploiting New Technologies for Competitive Advantage. New York. John Wiley. 2005. 384 p.
9. Porter A.L., Zhang Y. Tech mining of science & technology information resources for future-oriented technology analyses // In Glenn, J.C. and Gordon, T.J. (eds.) Futures research methodology version 3.1. Режим доступа: https://www.thevantagepoint.com/data/documents/FRM_3.0_chapter_20-Tech_Mining-3-7-15yz.pdf (accessed: 11.11.2017).
10. Wang X., Qiu P., Zhu D., Mitkova L., Lei M., Porter A.L. Identification of technology development trends based on subject–action–object analysis: The case of dye-sensitized solar cells // Technological Forecasting & Social Change. 98. 2015. P. 24–46. DOI: 10.1016/j.techfore.2015.05.014.
11. Wimalasuriya D.C., Dou D. Ontology-based information extraction: an introduction and a survey of current approaches. Journal of Information Science. 36(3). 2012. P. 306–323. DOI: 10.1177/0165551509360123.
12. Zhang Y., Porter A., Zhengyuan H. et al. “Term clumping” for technical intelligence: A case study on dye-sensitized solar cells // Technological Forecasting & Social Change. Vol. 85. 2014. P. 26–39. DOI: 10.1016/j.techfore.2013.12.019.

Правила приема статей в журнал

В 2016-2017 гг. отобранные и отрецензированные статьи по материалам докладов, представленных на конференции «Информационные и математические технологии в науке и управлении», публикуются в одноименном научном журнале, который издается как периодическое издание четыре раза в год (март, июнь, сентябрь, декабрь). Журналу присвоен международный индекс ISSN 2413-0133. Оргкомитетом конференции заключен лицензионный договор с E-library. С авторами заключаются авторские соглашения, полные тексты статей помещаются в E-library с индексацией в РИНЦ.

Тематика журнала совпадает с тематикой конференции:

1. Теоретические и методологические аспекты информационных и математических технологий.
2. Математическое моделирование в научных исследованиях, вычислительная математика, оптимизация.
3. Методы, технологии и инструментальные средства создания интеллектуальных энергетических систем.
4. Методы и системы искусственного интеллекта, интеллектуальные вычисления.
5. Ситуационное управление, системы интеллектуальной поддержки принятия решений в управлении, ситуационные центры.
6. Информационное и семантическое моделирование, семантические вычисления.
7. Корпоративные информационные, геоинформационные, интеллектуальные системы.
8. Параллельные, распределенные, агентные и облачные вычисления.
9. Кибербезопасность (защита информационных систем критически важных инфраструктур).

Статьи участников, приславших свои статьи к 20 февраля и/или 25 марта, публикуются до начала конференции. Статьи участников конференции, присланные к 25 июня (или привезенные с собой на конференцию), публикуются после конференции (в текущем году). Статьи, присланные к 25 сентября, публикуются в следующем (2018) году. Предусматриваются как очное, так и заочное участие в конференции (только публикация, с частичной оплатой оргвзноса), но при большом количестве статей предпочтение будет отдаваться очным участникам (статьи заочных участников могут быть перенесены в следующий выпуск).

Для публикации статьи необходимо подписать авторское соглашение во время регистрации на сайте (подтвердить согласие на публикацию статьи в журнале и размещение полного текста статьи в E-Library). Статьи заочных участников, не зарегистрированных на сайте, могут быть приняты при наличии авторского соглашения (твердая копия или скан-копия).

С 2018 г. вводится более строгое рецензирование статей. При рецензировании статей обращается внимание на соответствие тематике журнала, научный уровень работы, ссылки на предшествующие работы (желательно не менее 11-15 ссылок), соответствие требованиям к оформлению статей. **Для оценки научного уровня работы рекомендуется в заключении статьи выделять новизну и оригинальность методов и/или результатов.** Для аспирантов, студентов, магистрантов требуется рекомендация (или соавторство) руководителя.

Требования к оформлению статей по сравнению с предыдущими годами изменены и приводятся в отдельных файлах (требования и шаблон статьи) на сайте конференции <http://imt.isem.irk.ru>. По возникающим вопросам можно обращаться в Оргкомитет конференции e-mail: imt@isem.irk.ru