

**Институт системного анализа
Федерального исследовательского центра
«Информатика и управление» РАН**

**Институт информатики и математического
моделирования технологических процессов
Кольского научного центра РАН**

**XI Всероссийская конференция
(с международным участием)**

**МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ
МАКРОСИСТЕМАМИ**

**Апатиты, 26 марта – 3 апреля 2016 года
Материалы докладов**

*Конференция организована при поддержке РФФИ
Проект № 16-07-20069 г*

Апатиты 2016

XI Всероссийская конференция "Методологические проблемы управления макросистемами" (Апатиты, 26 марта- 3 апреля 2016 года.). Материалы докладов. - Апатиты: КНЦ РАН, 2016. – 112 с.

Сборник содержит материалы докладов XI Всероссийской конференции "Методологические проблемы управления макросистемами". Конференция организуется Институтом системного анализа РАН и проводится в различных городах, начиная с 1985 года. В ее работе принимали участие отечественные и зарубежные ученые. С 2004 года конференция проводится регулярно один раз в два года в г. Апатиты на базе Института информатики и математического моделирования технологических процессов Кольского научного центра РАН. В 2016 году в рамках конференции проводится молодежная школа-семинар «Информационные технологии и математическое моделирование».

Тематика конференции включает в себя общие вопросы развития методологии системного подхода и системного анализа. Большое внимание уделяется как теоретическим вопросам исследования макросистем, так и практическим проблемам разработки информационных технологий управления макросистемами. В рамках конференции представляются исследования макросистем различной природы, но основное внимание традиционно уделяется социально-экономическим и технологическим макросистемам.

Ответственный редактор д.т.н. Олейник А.Г.

Аннотация. Предлагается информационная технология поддержки принятия решений в области управления государственными закупками бюджетной организации на основе концептуального моделирования. Применение функционально-целевого подхода для формирования критериев выбора и оценок государственных закупок обеспечивает повышение качества планирования закупочной деятельности организации.

Введение в действие с 01.01.2014 года Федерального закона «О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для государственных и муниципальных нужд» [1] обязало государственные бюджетные организации осуществлять деятельность, связанную с закупками в соответствии с требованиями данного документа. Понадобились информационные технологии и системы, позволяющие решить данную задачу, обеспечив условия достоверности, оперативности и эффективности принимаемых решений в сфере закупок для организаций, попадающих под действие Закона. Действующее законодательство, регулирующее закупочную деятельность для государственных и муниципальных нужд, предъявляет следующие требования к описанию планов закупок [2]: «При описании объекта закупки заказчик обязан описывать его объективно и не должен включать требования или указания, которые влекут за собой ограничение количества участников закупки, за исключением случаев, если не имеется другого способа, обеспечивающего более точное и четкое описание характеристик объекта закупки». Основным критерием выбора поставщика является цена контракта. Очевидно, возникают следующие проблемы: отсутствие единого реестра заявок; отсутствие рационального обоснования спецификации заявки и, соответственно, критериев выбора; отсутствие количественной оценки соответствия объекта закупки стратегическим целям предприятия.

Первая проблема решена путем создания автоматизированной информационной системы «Закупки», целью которой является повышение качества управления государственными закупками [3]. АИС «Закупки», реализована на платформе Microsoft SharePoint и предназначена для автоматизации процесса формирования первичной потребности, планов закупок и планов-графиков размещения заказов на основании обязательств предприятия и потребностей в товарах (работах, услугах). АИС «Закупки» внедрена в Поволжском государственном технологическом университете и вносит существенные изменения в бизнес-процесс управления государственными закупками высшего учебного заведения. Настраиваемый рабочий процесс SharePoint позволяет контролировать путь согласования каждой заявки. Функция контроля лимитов денежных средств позволяет контролировать распределение денежных средств по статьям расходов, осуществляет поддержку принятия решений в части выбора способа размещения заказа и других требований федерального закона.

Внедрение АИС «Закупки» обеспечило необходимый задел для решения следующих двух проблем с помощью концептуального моделирования. В процессе управленческой деятельности предприятие разрабатывает стратегический план развития, включающий в себя основные цели организации. Каждая заявка на закупки на этапе согласования должна быть оценена на соответствие стратегическим целям. Основной проблемой в области формирования плана закупок является оценка степени соответствия приобретаемых товаров стратегическим целям предприятия. Применение функционально-целевого подхода [4] обеспечивает формальное соответствие целей различных уровней декомпозиции стратегической цели организации, что позволит оценить соответствие планируемых государственных закупок стратегической цели. Централизованное хранение информации (заявки, распределенные по направлениям, и планы закупок) в системе АИС «Закупки» обеспечивает поддержку формирования концептуальной модели данной предметной области в виде многоуровневой древовидной системы целей [5]. Концептуальная модель создается с помощью функционально-целевого подхода. Декомпозиция стратегических целей вуза при создании концептуальной модели производится экспертным

методом. Для экспертов обязательными являются: ограничение на структуру создаваемого фрагмента концептуальной модели - он должен быть древовидным; единая идентификация компонентов нижнего уровня концептуальной модели и глубина декомпозиции. Глубина декомпозиции определяется экспертами по достижении примитивных целей (примитивов), то есть неделимых в пределах исследуемой системы. Полученные различными экспертами альтернативные варианты декомпозиции фрагментов концептуальной модели проверяются на непротиворечивость. Два альтернативных варианта декомпозиции фрагмента концептуальной модели считаются непротиворечивыми, если равны соответствующие им подмножества примитивов. Окончательным вариантом декомпозиции компонента концептуальной модели является объединение всех вариантов декомпозиции, где из каждого класса альтернативных вариантов выбран один представитель, предпочтительный с точки зрения принятых критериев качества.

Реализация концептуальной модели в виде базы знаний обеспечивает возможность использования экспертных знаний автономно (без участия экспертов) при решении задач оценки соответствия закупок стратегическим целям вуза. Для формирования данной оценки определяется примитив, которому должна соответствовать закупка. Для решения этой задачи предложены формальные процедуры на основе методов распознавания. На выходе процедуры получаем вектор примитивов, ранжированный по степени соответствия конкретной закупке. Далее оценивается качество распознавания и принимается решение о выборе примитива. Экспертным методом оценивается степень соответствия объекта закупки примитиву, далее, с помощью формальных процедур, использующих данные концептуальной модели, вычисляется степень соответствия закупки глобальной цели организации.

Таким образом, уже на этапе формирования плана закупок для каждой заявки на закупку имеется возможность вычислить значение безразмерного коэффициента, определяющего степень ее соответствия стратегической цели предприятия, что служит рациональным обоснованием принятия решений при формировании плана государственных закупок данного предприятия.

Применение современных информационных технологий в задачах управления государственными закупками позволило обеспечить поддержку принятия управленческих решений на этапе формирования плана закупок организации. Применение принципа целеполагания в качестве основного критерия планирования закупочной деятельности обеспечивает поддержку принятия решений о закупках согласно стратегическим целям. Предлагаемая информационная технология дает количественную оценку соответствия каждой планируемой закупки стратегическим целям организации.

Литература

1. Федеральный Закон РФ от 5 апреля 2013 г. (в ред. от 31.12.2014) №44 ФЗ «О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд» // Российская газета от 12 апреля 2013 г. N 6056. (с изм. и доп., вступающими в силу с 31.12.2014).
2. Официальный сайт Российской Федерации для размещения информации о размещении заказов [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://zakupki.gov.ru/wps/portal/base/topmain/home> (дата обращения 10.01.2015).
3. Амбарян, Ц. О., Царегородцев, А. С. Разработка системы управления государственными закупками высшего учебного заведения на платформе Microsoft SharePoint / Ц. О. Амбарян, А. С. Царегородцев // Интернет-журнал Науковедение. - 2014. - №4 (23). - С.59-68.
4. Кузьмин, И.А., Путилов, В.А., Фильчаков, В.В. Распределенная обработка информации в научных исследованиях./ И.А. Кузьмин, В.А. Путилов, В.В. Фильчаков - Л.: Наука, 1991. – 304 с.
5. Амбарян, Ц.О. Разработка системы поддержки управления государственными закупками с использованием концептуального моделирования / Ц.О. Амбарян // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс : Периодическое научное издание. – Пенза: Изд-во Пенз. гос. технол. ун-т, 2015. – № 06(28). - С.281-286.

Бойченко В.С.¹, Заболева-Зотова А.В.², Петровский А.Б.³

МОДЕЛЬ ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СИСТЕМЫ ЭКСПЕРТИЗЫ ПРОЕКТОВ В НАУЧНОМ ФОНДЕ

Москва, ¹Российский гуманитарный научный фонд, ²Российский фонд фундаментальных исследований,

³Институт системного анализа ФИЦ «Информатика и управление» РАН

Аннотация. Рассмотрены направления совершенствования конкурсной деятельности научного фонда и развития информационно-аналитического обеспечения системы экспертизы проектов.

Государство, общество и наука рассматриваются сегодня как компоненты единой системы институциональных отношений, где каждый компонент имеет специфические цели, задачи и обусловленную ими мотивацию своих действий, а также сферу и характер ответственности, которые не всегда совпадают. Формой взаимоприемлемого компромисса между ними служат механизмы государственного финансирования и общественной поддержки науки, среди которых существенное значение приобретает грантовая поддержка исследований [1]. Научные фонды, осуществляющие конкурсный отбор заявок на гранты и финансирование поддержанных проектов, начинают всё активнее выполнять новые функции, становясь информационно-аналитическими центрами, которые участвуют в формировании и реализации национальной научной политики.

Особое место, которое занимают гранты среди альтернативных механизмов поддержки науки, обуславливает акцент на информационно-аналитическое и методическое обеспечение развития и модернизации системы грантов. Актуальность проблемы совершенствования аналитического и методического обеспечения грантовой системы определяется, прежде всего, новой ролью и, соответственно, ответственностью фондов в поддержке фундаментальной науки. Необходимым условием совершенствования грантовой формы поддержки науки и адаптации реализующих её механизмов конкурсного отбора проектов является разработка системы экспертно-аналитического и информационно-методического обеспечения деятельности фондов.

Такая система должна включать две взаимосвязанные составляющие: информационную и прогнозно-аналитическую и опираться на организационную и технологическую инфраструктуру, обеспечивающую формирование и использование многофункциональных информационно-аналитических ресурсов, которые ориентированы на решение широкого круга задач анализа и поддержки решений. Информационная составляющая предусматривает разработку комплекса мероприятий по сбору и периодической актуализации, обработке, передаче и представлению данных о тематике и результатах научных исследований, поддерживаемых фондами, а также организацию наполнения информационных массивов. Прогнозно-аналитическая составляющая предусматривает создание интерактивной экспертной системы, включающей алгоритмы и процедуры автоматической классификации больших массивов информации в соответствии с заданными требованиями по нескольким критериям, многоаспектного анализа данных о результатах исследований, и др.

Исходя из перспективных требований к информационному обеспечению конкурсной деятельности научного фонда, разработаны общие требования к структуре и составу информационно-аналитических ресурсов, предложены схема формирования ресурсов; унифицированные форматы документов, используемых при конкурсном отборе проектов и других видах деятельности фондов, а также требования к программным средствам обработки и хранения массивов данных.

Центральным звеном конкурсной деятельности фонда является экспертиза проектов, которая состоит из нескольких этапов и сочетает индивидуальную оценку независимых экспертов и последующее коллективное обсуждение экспертных заключений на экспертном совете фонда по соответствующей области знаний. Первоначально каждый проект независимо рассматривается несколькими экспертами, как правило, тремя или двумя, которые дают аргументированную многокритериальную оценку содержания заявки, а также

рекомендацию по поддержке исследования. Экспертный совет фонда рассматривает рекомендации экспертов, их оценки заявок, даёт свое заключение о поддержке новых проектов, объемах их финансирования. Окончательное решение о поддержке проектов и распределении денежных средств принимает совет фонда, опираясь на заключения соответствующих экспертных советов.

Качество исследования оценивается по специальным критериям, включенным в экспертные анкеты. В разных видах конкурсов применяются свои наборы критериев оценки, но во всех конкурсах критерии имеют вербальные (качественные) шкалы с развернутыми словесными формулировками градаций качества. Такой подход позволяет оперировать оценками, в определенной степени унифицированными для представителей разных областей знаний, и получить от экспертов более достоверную информацию. Для принятия обоснованных решений о поддержке или отклонении проектов, полезно иметь в обобщенном и концентрированном виде мнение экспертного сообщества, основанного на многокритериальных экспертных оценках и заключениях многих экспертов, которые могут быть как схожими, так и противоречивыми.

На основе проведенного анализа выделены следующие направления развития системы экспертизы: улучшение качества и доступности информационных ресурсов, используемых для подготовки и обоснования управленческих решений; совершенствование инструментария для структурирования больших массивов экспертных оценок, многоаспектного анализа современного состояния и перспектив развития исследований, выявления приоритетных областей, конкурсного отбора проектов.

В рамках совершенствования действующей в РГНФ системы экспертизы:

- сформирован новый перечень критериев оценки проектов и полученных результатов, которые позволяют дать достаточно полную и многоаспектную характеристику проекта, обосновать обобщенную рекомендацию эксперта;

- построены качественные (вербальные) шкалы критериев, отражающие как позицию фонда, так и содержание научного проекта;

- разработаны процедуры получения, методы и алгоритмы обработки экспертных оценок на всех этапах оценки и отбора проектов, учитывающие субъективность экспертных заключений;

- разработаны различные схемы представления в обобщенном и концентрированном виде мнения экспертного сообщества, выявленного с помощью автоматизированной обработки формализованной экспертной информации и её содержательной интерпретации.

Предложенная модель системы экспертизы включает два основных функциональных блока: (1) многокритериальная экспертиза заявок и отчетов, формирование массива экспертной информации; (2) разработка решающих правил для подготовки предложений по финансированию проектов по результатам экспертизы. Решающие правила формализованного отбора проектов дают возможность, исходя из предпочтений экспертного сообщества: моделировать научную политику на языке критериальных оценок; выявлять коллективные предпочтения экспертного сообщества; ранжировать проекты на основе оценок по критериям и рекомендаций экспертов; группировать проекты по вариантам решений об их поддержке на основе рекомендаций экспертов. Новый методический инструментарий, который был использован для анализа итогов конкурсов проектов, выполняемых по грантам РГНФ, основан на методах группового вербального анализа решений [2-7].

Одним из направлений усиления прогностно-аналитической работы фондов является совершенствование процедур определения приоритетов фундаментальных и поисковых исследований. Основой для выбора приоритетов служит оценка роли направлений, программ и проектов исследований в выполнении наукой её функций в социально-экономической системе страны. Приоритеты выделяются по критериям общественной и государственной актуальности, значимости и перспективности для развития соответствующих областей знания. Единый системный подход к выбору научно-технологических приоритетов

опирается на чётко сформулированный понятийный аппарат; многоуровневую экспертную инфраструктуру; методическое обеспечение экспертных процедур; прогнозно-аналитический инструментарий [1]. Предложенные процедуры определения приоритетов фундаментальных и поисковых исследований в гуманитарной сфере были апробированы на реальном массиве данных при формировании конкурсной тематики РГНФ.

Разработанные алгоритмы и программные средства включены в технологический процесс обработки данных в эксплуатируемой в настоящее время системе Информационной Системе РГНФ. Разработанное методическое, информационное и программное обеспечение было апробировано при проведении экспертизы проектов в конкурсе РГНФ 2016 года. Практическое применение разработанной системы экспертизы позволило:

- реализовать главный принцип грантовой формы поддержки науки, согласно которому оценки и рекомендации независимых экспертов и их аргументированная содержательная интерпретация на всех этапах экспертизы служат единственной основой для выбора проектов;

- создать инструментарий для выявления мнения экспертного сообщества и предпочтений органов, принимающих решения;

- привести единую логику в рассмотрение проектов и чётко определить функции второго и третьего уровня экспертизы – секций и экспертных советов фонда;

- учесть специфику проектов фундаментальных исследований, как объектов сравнительной оценки, и субъективный характер экспертных заключений;

- сформировать хорошо структурированные массивы экспертных оценок, необходимые для проведения многоаспектного анализа состояния и тенденций развития научных направлений, содержательного обоснования приоритетов.

Работа поддержана программой фундаментальных исследований президиума РАН «Интеллектуальные информационные технологии и системы», Российским фондом фундаментальных исследований (проекты 14-29-05025, 15-07-02956, 15-07-04760, 16-07-01125), Российским гуманитарным научным фондом (проект 16-02-00473).

Литература

1. Гранты в науке: накопленный потенциал и перспективы развития / под ред. А.Б. Петровского. – М.: ПолиПринтСервис, 2014. – 444 с.
2. Бойченко, В.С., Заболеева-Зотова, А.В., Петровский, А.Б. Многокритериальный подход к формированию политики научного фонда и экспертного сообщества / В.С.Бойченко, А.В.Заболеева-Зотова, А.Б.Петровский // Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем: Материалы V международной научно-технической конференции. – Минск: БГУИР, 2015.
3. Петровский А.Б. Теория принятия решений. – М.: Образовательно-издательский центр «Академия», 2009.
4. Петровский А.Б. Методы групповой классификации многопризнаковых объектов. // Искусственный интеллект и принятие решений (часть 1). 2009. - №3. - С.3-14; (часть 2). 2009. - №4. - С.3-14.
5. Петровский А., Бойченко В., Заболеева-Зотова А., Шитова Т. Многокритериальные методы конкурсного отбора проектов в научном фонде // International Journal “Information Technologies and Knowledge”. 2015. - Vol. 9. - No 1. - P.59-71.
6. Петровский А.Б., Заболеева-Зотова А.В., Бойченко В.С. Многометодная технология конкурсного отбора проектов // VI Всероссийская научная конференция «Теория и практика системной динамики». Материалы докладов. – Апатиты, КНЦ РАН, 2015. - С. 67-70.
7. Петровский А.Б., Лобанов В.Н. Многокритериальный выбор в пространстве признаков большой размерности: мультиметодная технология ПАКС-М // Искусственный интеллект и принятие решений. - 2014. - № 3. - С.92-104.

Богатиков В.Н.¹, ТузА.А.²

ПОДХОДЫ К МОДЕЛИРОВАНИЮ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ

¹Тверь, Тверской государственный технический университет (ТвГТУ)

²Апатиты, Институт информатики и математического моделирования Кольского НЦ РАН, АО Ковдорский ГОК

Аннотация: в материале рассматриваются подходы к моделированию технологических процессов измельчения, сравниваются различные типы имитационного моделирования, показана модель прогнозного управления.

Математическое моделирование на основе численного представления об измельчительном оборудовании требует определенной концептуальной основы для моделирования поведения цикла измельчения. Из-за сложности физических процессов, происходящих внутри схем измельчения и классификации, почти все модели измельчения являются нелинейными [1].

Математические модели можно разделить на две группы:

- Феноменологические (или механистические) модели, и
- Модели черного ящика (или аналоговые) модели.

Феноменологические модели (механистический подход) -это модели физического явления, характерные процессу измельчения [1].

«Черный ящик» (аналоговый) подход, с другой стороны, оценивает функциональное соотношение между переменными цикла измельчения и численными параметрами этих функций, без предварительного знания о физическом характере моделируемой системы.

Моделирование по принципу «Черного ящика»

Цель моделирования черного ящика заключается в том, чтобы связать вместе вход и выход переменных систем без моделирования физических процессов, присущих измельчению и классификации (рис 1).

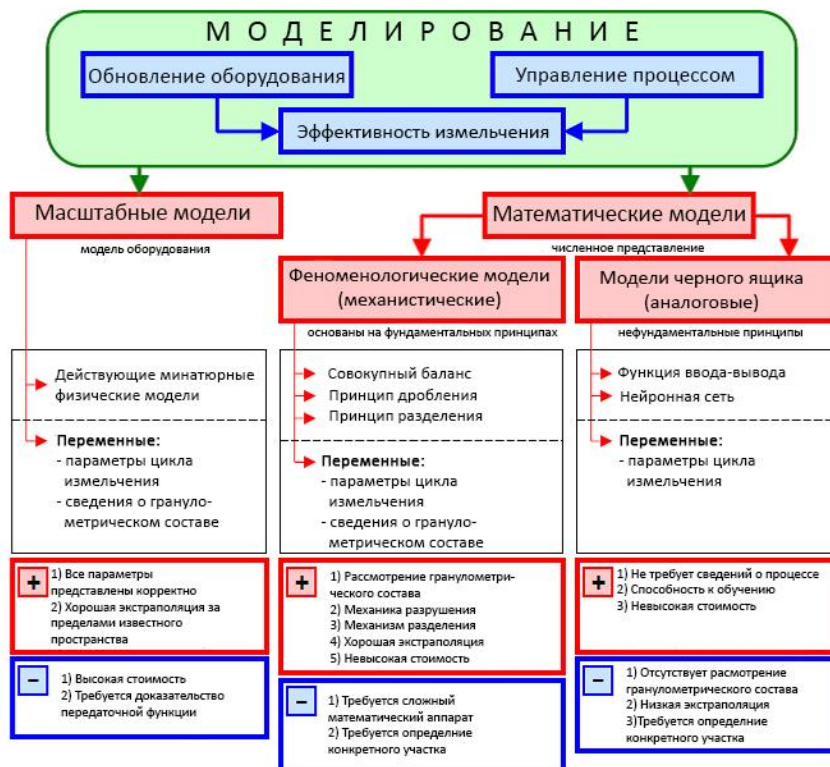


Рис. 1. Сравнение различных типов имитационного моделирования процесса измельчения

Примеры подходов «черный ящик» включают многочлен регрессии и нейронные сети.

Вначале используется аппроксимация кривой, а после используется так называемое «обучение» в целях получения искомым функциональных связей.

Авторы [2] предложили модель многомерного «черного ящика» закрытого цикла, которая была применена в разработке стратегии управления линейно-квадратичным процессом измельчения. В рамках этой стратегии, две выходных переменные (отказы и расход продукта) регулировались с помощью двух входных переменных (расход подачи свежего сырья и скорость разделения измельченной смеси в классификаторе).

Ядро модели было представлено системой из четырех дифференциальных уравнений первого порядка, описывающих работу схемы вокруг определенной номинальной точки и связывая вместе четыре вышеуказанные переменные. Контроль тонкости помола не был включен в модели и был выполнен традиционным ручным изменением скорости разделения в классификаторе. Улучшение стабильности цикла было получено в результате индустриального применения предлагаемой модели.

Различные вариации моделей «черного ящика» стали активно появляться в 2000 годах, одним из примеров является искусственная нейросеть [3, 4].

Разработка модели нейронной сети разбивается на две части: обучение модели и проверка модели.

В период обучения, используются технологические данные, поступающие в режиме реального времени, либо заархивированные данные. Они используются для создания параметров и функций модели.

Затем в ходе проверки созданная модель оценивает различия в данных, сформированных в периоде обучения.

Из-за сильных нелинейных характеристик процесса измельчения, экстраполяция работы схемы в пределах диапазона данных обучения является серьезным испытанием для нейросетевых моделей, несмотря на их высокую адаптивную способность.

Отсутствие знаний о принципах измельчения уменьшает функциональность эмпирических моделей, таких как нейронные сети за пределами нормального рабочего диапазона [1].

Модель прогнозирующего управления (управление с предсказанием), или MPC, является передовым методом управления технологическими процессами, которая применяется в перерабатывающих производствах, таких как химические заводы и нефтеперерабатывающие заводы, горно-обрабатывающая промышленность, с 1980-х годов. MPC как следует из названия использует точные модели технологических процессов, чтобы предсказать будущее поведение контролируемых переменных.

На основе прогнозирования, контроллер вычисляет будущие шаги на регулируемых переменных по решению задачи оптимизации в режиме реального времени. Здесь регулятор пытается минимизировать ошибку между прогнозируемым и фактическим значением на горизонте управления и реализуется первое управляющее воздействие. Прогностические модели контроллеров полагаются на динамические модели процесса, чаще всего линейные эмпирические модели, полученные по системе идентификации.

MPC также упоминается как удаляющийся горизонт управления или перемещающийся горизонт управления [4] (рис.2).

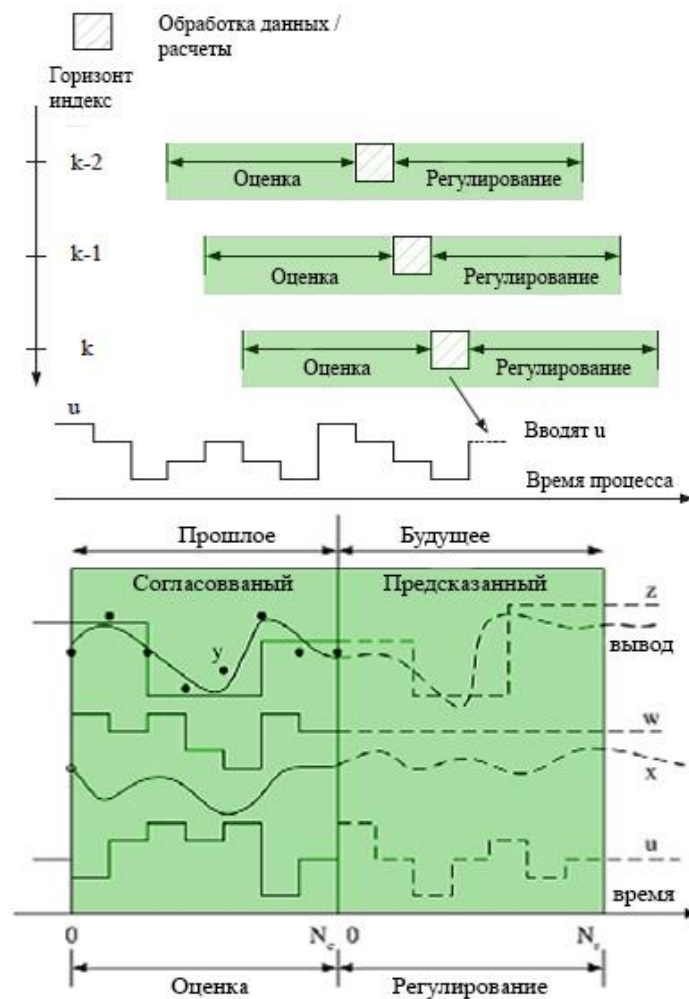


Рис. 2. Принцип перемещения горизонта оценки и регулирования

Ниже приводятся экспериментальные данные полученные при моделировании, с использованием моделей с предсказанием (рис. 3). На графиках видны скачкообразное возмущение и результат отработки данного возмущения регулятором [5].

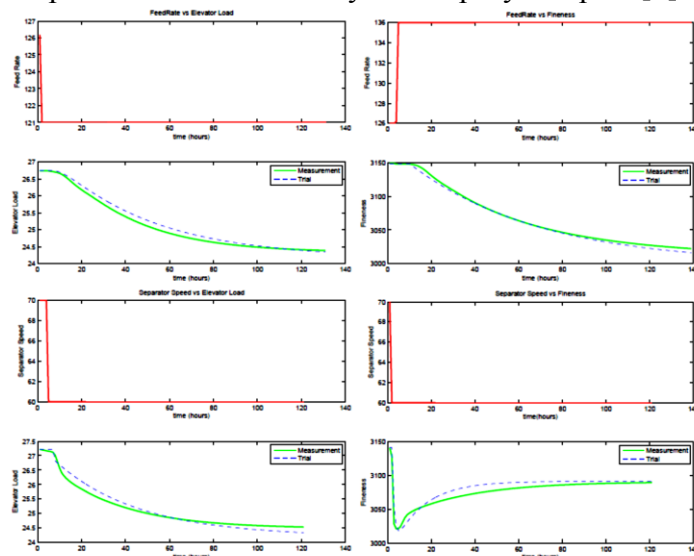


Рис. 3. Идентификационная модель, включающая скорость классификации, загрузку мельницы, скорость подачи сырья и тонкость помола, в зависимости от скачкообразного возмущения [5]

Данное исследование включает в себя информацию о скорости классификации, загрузки мельницы, скорости подачи сырья и тонкости помола, в зависимости от скачкообразного возмущения.

Литература

1. King, R. Modeling and simulation of mineral processing systems / R.King - Butterworth-Heinemann, Oxford, United Kingdom. - 2001. - 404 p.
2. Van Breusegem, V. Multivariable linear quadratic control of a cement mill: an industrial application/ V.Van Breusegem, L.Chen, V.Werbrouck, G. Bastin, V.Wertz //Control Engineering Practice, 1994. – Vol. 2. - №4. - Pp.605-611.
3. Martin, G., McGarel, S. Nonlinear mill control / G.Martin, S.McGarel //ISA Transactions. - 2001. – Vol. 40 - Issue 4. – Pp.369-379.
4. Qin, S. J., Badgwell, T. A. A survey of industrial model predictive control technology/ S. J.Qin, T. A.Badgwell //Control Engineering Practice. – 2003. - №11. – Pp.733-764.
5. Guruprasath, M. Robust Model Predictive control of Cement Mill Circuits: Doctor of philosophy thesis - 2011. – 172 p.

Бритков В. Б., Ройзензон Г.В.

БОЛЬШИЕ ДАННЫЕ В НАУКОМЕТРИИ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ*

Москва, Институт системного анализа ФИЦ «Информатика и управление» РАН, МФТИ

Аннотация. В работе рассматриваются особенности использования больших данных в наукометрических исследованиях. Предлагается новое определение больших данных. Представлена концепция синергетического подхода в обработке больших данных. Синергетический подход в обработке больших данных основан на множественном описании объектов исследований, а также на использовании комбинации различных нормативных методов. В рамках представленного подхода предполагается комбинированное использование статистического аппарата и методов многокритериальной порядковой классификации. Представлены примеры решения практических наукометрических задач: анализа перспективных направлений инновационного развития и проведения патентных исследований.

Наукометрия - дисциплина, изучающая эволюцию науки через многочисленные измерения и статистическую обработку научной информации. Термин «наукометрия» введен В. В. Налимовым в монографии [1]. Современные технологии коммуникаций позволили собрать и сделать достаточно доступными огромные объемы различной научно-технической информации. Поэтому крайне актуальными и востребованными являются разнообразные инструменты анализа таких огромных массивов разнородных данных для решения различных наукометрических задач (например, определения перспективных научных направлений [2], проведения патентных исследований [3] и ряда других). В этой связи исследователи сталкиваются с проблемой обработки больших данных применительно к задачам прогноза научно-технического прогресса (в последнее время все чаще используется термин «Форсайт»). Термин «большие данные» был введен в сентябре 2008 года Клиффордом Линчем в специальном выпуске журнала Nature. В соответствии с классическим определением, большие данные характеризуются пятью основными свойствами (5V), а именно: (1) Volume (физический объем), (2) Velocity (необходимость высокоскоростной обработки), (3) Variety (многообразие, необходимость обработки различных типов структурированных и полуструктурированных данных), (4) Veracity (достоверность), (5) Validity (обоснованность). В частности, под большими данными понимаются такие данные, объем которых превосходит текущие возможности оперирования ими в обозримый период.

* Работа поддержана Российским фондом фундаментальных исследований (проекты 14-29-05095, 16-07-00865).

Альтернативный вариант определения больших данных, который предлагается авторами настоящей работы, состоит в следующем. Под большими данными понимаются массивы разнородной (структурируемой, слабо структурируемой и неструктурируемой) информации, которые не могут быть непосредственно использованы в человеко-машинных процедурах многокритериального принятия решений. Особенностью предлагаемого варианта определения больших данных является тот факт, что признак их огромного объема в данном случае не рассматривается как решающий. Типичным примером подобной проблемы является задача принятия решения в чрезвычайных ситуациях. При этом объемы информации, которые необходимо проанализировать могут быть весьма небольшие (например, несколько вариантов тушения пожара), но время, необходимое для принятия решения (выбора варианта), жестко регламентировано (например, несколько десятков секунд). Таким образом, необходимы специальные подходы и инструменты, позволяющие корректно преобразовывать большие данные в новую форму для удобного человеко-машинного взаимодействия.

Одним из хорошо известных системных подходов, который широко применяется в наукометрии, является интеллектуальный анализ данных «Data Mining» [4]. В частности, необходимо упомянуть различные алгоритмы анализа семантических конструкций на естественном языке.

Доступ к огромному объему научно-технической информации (в частности, статей, патентов и т.п.) и современные высокопроизводительные вычислительные ресурсы позволяют оперативно решать различные новые наукометрические задачи. Прежде всего, важно отметить следующие: ретроспективный анализ перспективных научных направлений (отслеживание актуальности тех или иных научных направлений во времени); смена сфер научных интересов как для одного конкретного исследователя, так и для научных коллективов и организаций, научных сообществ и даже стран; поиск «ложных» (т.е. зачастую искусственно навязываемых) перспективных научных направлений, исследования по которым заведомо приводят к неудовлетворительным результатам, мониторинг патентной активности. Тем не менее, подход семантического анализа текстов в ряде наукометрических задач не всегда позволяет получить удовлетворительный результат (например, выявить новые, в какой-то степени, уникальные перспективные научные направления, оценить качество патентной заявки и т.п.).

Для преодоления этой проблемы представляется полезным дополнить богатые возможности семантического анализа текстов (например, различные механизмы, используемые в интернет-технологиях) методами многокритериального экспертного оценивания [2, 5, 8]. В этой ситуации подобные два подхода будут гармонично дополнять друг друга, что позволит получить синергетический эффект [5] при решении различных наукометрических задач. Под синергетическим эффектом понимается возрастание эффективности деятельности в результате интеграции, слияния отдельных частей в единую систему. При этом в качестве таких «частей» могут выступать различные алгоритмы, математические аппараты, методологические подходы и т.п. Соответственно, в задачах анализа больших данных синергетический эффект может быть получен при применении комбинаций различных нормативных методов, базирующихся на разнообразных математических аппаратах (например, статистический и экспертный подходы) и использовании сразу нескольких вариантов систем критериев, характеризующих те или иные объекты исследования в рамках наукометрических задач (например, перспективные научные направления, патентные заявки и т.п.).

Рассмотрим подробнее, в качестве примера, одну из актуальных наукометрических задач, а именно: мониторинг патентной активности. Данная задача является важной составляющей для оценки научно-технического прогресса в самых разных отраслях народно-хозяйственной деятельности. Прежде всего, такой подход позволяет избегать дублирования изобретений, повтора разработки новых технологий и т.п., правильно направляет творческий потенциал исследователей на решение актуальных задач, что приводит к рациональному

распределению ресурсов. Соответственно, в процессе мониторинга патентной активности целесообразно применение различных подходов, которые хорошо себя зарекомендовали в рамках решения широкого круга наукометрических задач [3]. Тем не менее, в области патентных исследований есть свои особенности и существенные отличия от других известных наукометрических задач (например, оценки качества публикаций [9]). Прежде всего, это сознательное сокрытие владельцем патента подробной технологии, которая необходима для развертывания массового производства продукта. Поэтому необходима тщательная экспертиза определенных типов (изобретений, технологий и т.п.) патентов на предмет быстрой промышленной реализуемости новинок.

Хорошо зарекомендовавшим примером из отечественной практики в этом смысле могут служить реферативные журналы и базы данных Всероссийского института научной и технической информации (ВИНИТИ) [6], в которых для каждой отраженной в них записи приведены сведения о классификации и ключевых словах. Кроме того, соответствующий специалист в определенной предметной области составляет реферат (развернутое экспертное заключение), дающий представление о содержимом и качестве работы (патента). Очевидно, что такая концепция может приводить к определенной задержке в оценке качества патента (от нескольких месяцев до года), что при современных темпах научно-технического прогресса в ряде случаев достаточно критично. Это отчасти продиктовано лавинообразным ростом числа поданных заявок на патентование и дефицитом высококвалифицированных специалистов (экспертов), а также их занятостью в других экспертных процессах. В этой связи исследователи, как уже было рассмотрено, сталкиваются с проблемой обработки больших данных в наукометрии применительно к задачам прогноза научно-технического прогресса (в частности, патентных исследований). Поэтому определенный интерес представляют различные автоматические системы отслеживания патентной активности (прежде всего в сети Интернет) с использованием различных семантических технологий анализа текстов, но они позволяют только оперативно очертить круг новых “родственных” патентов и не дают возможность сделать вывод об их быстрой промышленной реализуемости. В Российской федерации патентные исследования регламентированы специальным ГОСТом (ГОСТ Р 15.011-96), что отчасти позволяет несколько упорядочить процесс мониторинга патентной активности.

В ряде работ [7] мониторинг патентной активности зачастую сопоставляется с различными глобальными историческими процессами (например, войнами, волнами научно-технических революций, демографией, стратегиями ведения бизнеса и т.п.) в самых разных отраслях экономики (транспорт, строительство и т.п.). В то же время для различных как государственных, так и коммерческих структур все более актуальна разработка специальных новых процедур для формирования и проведения целенаправленной политики в рамках патентных исследований. При этом крайне важной задачей является разработка системы критериев (или сразу нескольких различных систем критериев) для оценки качества тех или иных типов патентов (а также патентных заявок) в рамках решения конкретных крупных научно-технических программ (например, импортозамещение в той или иной отрасли промышленности). Нужно отметить, что формирование универсальной системы критериев оценки качества патентов малоэффективно, т.к. система критериев оценки при патентовании торговых марок не всегда применима при патентовании изобретений, компьютерных программ, технологий и т.п. Все перечисленные выше аспекты предполагают эффективное применение и использование для поставленной наукометрической задачи мониторинга патентной активности многокритериальных методов принятия решений [5, 8] для оценки качества рассматриваемых патентов с целью их дальнейшего использования в той или иной сфере деятельности (например, патентование отечественных разработок за рубежом). При этом патенты (или патентные заявки) разделяются на упорядоченные группы (классы) с помощью метода многокритериальной порядковой классификации (человеко-машинной процедуры) [3, 8]. В результате работы метода формулируются решающие правила, которые относят патенты (или патентные заявки) к тому или иному классу качества (классу решений).

Литература

1. Налимов, В.В., Мульченко, З.М. Наукометрия. Изучение развития науки как информационного процесса./ В.В.Налимов, З.М. Мульченко – М.: Наука, 1969. – 192 с.
2. Бритков, В. Б., Ройзензон, Г. В. Анализ больших данных в наукометрии / В.Б.Бритков, Г.В.Ройзензон // Управление развитием крупномасштабных систем MLSD 2015. Материалы восьмой международной конференции в 2 т. / Под ред. С. Н. Васильева, А. Д. Цвиркуна. — М.: ИПУ РАН, 2015. - Т. 2. — С. 363–366.
3. Бритков, В.Б., Ройзензон, Г.В. Комбинированный подход в проведении патентных исследований/ В.Б.Бритков, Г.В.Ройзензон // Наука и Образование. — 2015.— № 4(11).— С. 48–51.
4. Бритков, В.Б., Булычев, А.В. Методы анализа больших объемов слабоструктурированной информации/ В.Б.Бритков, А.В.Булычев // Информационные технологии и вычислительные системы. — 2010. — № 1. — С. 36–44.
5. Ройзензон, Г.В. Синергетический эффект в принятии решений / Г.В. Ройзензон // Системные исследования. Методологические проблемы. Ежегодник / Под ред. Ю. С. Попкова, В. Н. Садовского, В. И. Тищенко. — № 36. 2011-2012. М.: УРСС, 2012. — С. 248–272.
6. Руководство по наукометрии: индикаторы развития науки и технологии / М.А. Акоев, В.А. Маркусова, О.В. Москалева, В.В. Писляков — М.: Издательство Уральского университета, 2014. — 250 с.
7. Эйрес, Р. Научно-техническое прогнозирование и долгосрочное планирование./ Р.Эйрес — М.: Мир, 1971. — 296 с.
8. Ларичев, О.И. Вербальный анализ решений. / О.И. Ларичев – М.: Наука, 2006. – 181 с.
9. Глотов, В. А., Кузнецова, Н. Н., Ларичев, О. И. Метод оценки качества журнальных статей / В.А.Глотов, Н.Н.Кузнецова, О.И.Ларичев // Тезисы докладов VI симпозиума по кибернетике. Часть III. Проблемы коллективных решений и экспертных оценок. — Тбилиси: Институт кибернетики АН ГССР, 1972. — С. 58–61.

Вицентий А.В.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ КОГНИТИВНОЙ ГЕОВИЗУАЛИЗАЦИИ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ МАКРОСИСТЕМАМИ

Апатиты, Институт информатики и математического моделирования Кольского НЦ РАН;
Кольский филиал Петрозаводского государственного университета

Аннотация. Рассматривается структура системы когнитивной геовизуализации, предназначенной для информационной поддержки принятия решений по управлению сложными территориально-распределенными системами. Система позволяет проводить визуальный анализ данных с использованием веб-интерфейса, настраивая отображение данных в соответствии с потребностями конечного пользователя.

Современные системы информационной поддержки принятия решений по управлению сложными пространственно-распределенными системами могут предоставить лицу, принимающему решения (ЛПР) огромные объемы разнородных данных. В настоящее время, все чаще проблемой становится не недостаток, а переизбыток информации. Поэтому необходимы специальные средства предварительной обработки выдаваемой ЛПР информации. Такие средства, с одной стороны, смогут отфильтровывать значительный объем заведомо не относящейся к решаемой задаче информации, а с другой, смогут подготовить выдаваемую ЛПР информацию для ее лучшего восприятия. Особенно это актуально для визуальной информации.

Такое направление в анализе данных, как интерактивный визуальный анализ становится все более популярным для изучения больших объемов данных. Такая популярность обусловлена возможностями человеческого мозга по восприятию и обработке

визуальной информации, которые, для ряда задач, существенно превосходят возможности современных ЭВМ.

Таким образом, возникает актуальная проблема разработки методов и информационных систем, обеспечивающих эффективный визуальный анализ данных человеком. Одним из важных направлений работ по решению этой проблемы, является разработка принципов и систем визуализации наборов разнородных данных. А для разработки средств информационной поддержки принятия решений по управлению сложными пространственно-распределенными системами включение геоданных в процесс визуализации позволяет повысить эффективность принятия решений.

Визуализацию данных мы понимаем в общем смысле, как процесс, а также средства и приемы представления числовой информации или физического явления в виде, удобном для зрительного наблюдения и анализа. Визуализация в компьютерных интерфейсах — это набор инструментов и методов интерпретации данных и генерации визуальных образов на основе сложных многомерных наборов данных.

Эффективность визуализации напрямую связана с пониманием принципов мышления человека, интерпретацией им сложных данных и с возможностью правильного представления ментальных моделей пользователя при работе с различными предметными областями. Такое понимание компьютерной визуализации ставит ее в один ряд с интерактивным визуальным анализом (Interactive Visual Analysis) и интеллектуальным анализом данных (Data Mining).

Для того чтобы средство визуализации могло выполнять свое основное назначение - представлять информацию в простом и доступном для человеческого восприятия виде, недостаточно придерживаться лишь законов соответствия выбранного решения содержанию отображаемой информации и ее функциональному назначению. Необходимо также учитывать перцептивные особенности пользователей, на которых рассчитан результат визуализации. Потенциально лучшим, но, к сожалению, пока недостижимым, вариантом является такой, когда при взгляде на визуальное представление пространственной информации пользователь мог бы сразу выявить закономерности в исходных данных и принимать на их основе решения. Такую визуализацию, которая выполняет не только иллюстративную функцию, но и способствует естественно-интеллектуальному процессу получения новых знаний можно называть когнитивной геовизуализацией, а ее результат — когнитивным геоизображением.

Таким образом, мы называем когнитивной геовизуализацией процесс получения когнитивного геоизображения, а под когнитивным изображением понимаем геоизображение, которое подготовлено специальным образом для наилучшего восприятия пользователем.

Получить когнитивное геоизображение можно различными способами. Как правило, этот процесс проходит в несколько стадий. Одним из вариантов могут быть, например, такие: 1) семантическое редуцирование геоизображения на основе интерпретации запроса пользователя в терминах предметной области; 2) отображение данных средствами «когнитивной графики»; 3) синтезирование результирующего геоизображения в соответствии с моделью восприятия пользователя.

Для обеспечения эффективного семантического редуцирования синтезированных геоизображений необходимо проводить оценку качества когнитивной геовизуализации. В основу её расчет и оценка двух критериев: критерий информативности геоизображения; критерий когнитивной загрузки геовизуализации. Критерий информативности позволяет оценить формальные потери информации геоизображения как набора графических примитивов. Этот критерий используется на первом этапе редуцирования. Его значение показывает, какое количество графической информации может быть удалено из геоизображения без ущерба для его дальнейшего анализа. Этот критерий может быть применен как к изображению в целом, так и к его отдельным фрагментам, что актуально в условиях частого масштабирования геоизображений. Критерий когнитивной загрузки изображения позволяет оценить качество геовизуализации с учетом особенностей

пользовательского представления. Оценка этого критерия дает представление о том, насколько удачно была произведена визуализация набора графических примитивов с точки зрения пользователя.

Результатом когнитивной визуализации будет являться синтезированное геоизображение, построенное с учетом когнитивных особенностей восприятия визуальной информации конкретного пользователя.

В результате использования средств когнитивной геовизуализации должны быть получены наглядные и выразительные, ясные и простые изображения за счет использования разнообразных средств: цвета, контраста, границ, пропорций, масштаба и т.д. Конечное качество геовизуализации часто определяется соблюдением основных принципов компоновки визуальных представлений информации: лаконичность, акцент на основных смысловых элементах, автономность, структурность, стадийность и использование привычных ассоциаций и стереотипов восприятия.

Дубовский С.В.

ВНЕШНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА РОССИЙСКУЮ ЭКОНОМИКУ

Москва, Институт системного анализа Федерального исследовательского центра «Информатика и управление» РАН

Глобализация неизбежно делает все страны взаимозависимыми через парные взаимодействия, мировой рынок и мировую среду. Эта взаимозависимость накладывает на развитие каждой страны определенные ограничения. **Основные ресурсы развития** – идеология и информация, капитал, труд, рабочие места, технологии, природные ресурсы сегодня свободно перемещаются через границы государств. Но перемещаются они преимущественно туда, где максимальна прибыль на вложенный капитал. Универсальный принцип максимизации прибыли представляется основным в XXI веке при выборе вариантов развития в мировой рыночной системе с доминированием частной собственности и частной инициативы. Поэтому мировое развитие может быть описано как максимизация суммарной коммуникационной энтропии прибылей с учетом политических, демографических, социально-экономических, экологических, природно-ресурсных ограничений и рисков [1].

Вместе с глобализацией корпорации и предприниматели получили новый мощный инструмент воздействия на рынок труда и норму прибыли: ввоз в более богатые страны дешевого труда из бедных стран и вывоз высокопроизводительных рабочих мест из стран с дорогим трудом и жесткими экологическими ограничениями в бедные страны с дешевым трудом и нежесткими экологическими ограничениями. В обоих случаях себестоимость производства продукции понижается, а норма прибыли растет. Однако, этот выигрыш корпораций и предпринимателей сопровождается негативными процессами в социуме. Растут безработица и уровень социальной напряженности в странах, откуда уходят рабочие места. Появляются проблемы мультикультурности и интеграции между аборигенами и мигрантами в странах, куда приходит дешевый труд. Возможность получения высокой прибыли за счет дешевого труда ведет к снижению востребованности новых технологий, тормозится их обновление. Самое главное – мир в целом быстрее подходит к ограничениям в потреблении природных ресурсов, что выражается в росте их цен. Лучшей иллюстрацией этого общего тезиса стала история симбиоза США и Китая с 90-х годов прошлого века до наших дней.

Понять современные экономические процессы помогает уравнение (1), которое было опубликовано в [2]. В нем темп роста НТП выражен как произведение двух показателей

$$\frac{\dot{U}}{U} = \frac{I}{K} \left(\frac{u}{U} - 1 \right), \quad (1)$$

где U – средний показатель по всем рабочим местам всех возрастов (например, выработка ВВП на одного занятого или энергопотребление на выработку единицы продукции), I – инвестиции, K – производственные фонды, отношение I/K – скорость обновления

производственных фондов, u – тот же показатель, что и U , но на самых новых поколениях рабочих мест, разность $[(u/U) - 1]$ эффективность инноваций. Это уравнение позволяет оценить эффективность инноваций на исторических интервалах.

В 70-х годах прошлого века в США эффективность инноваций упала с 30% до 12-13%, что не позволяло получать высокую прибыль. Зато было привлекательно создание рабочих мест в Китае, где оплата труда была примерно в 10 раз ниже и отсутствовали экологические ограничения. Переведя производство «ширпотреба» в Китай и открыв для него западные рынки, ТНК получили рекордные прибыли. Китай получил экономическое чудо, развиваясь в 90-ых и 2000-ых годах со средними темпами 8-9% в год. Одновременно на отрезке 2000-2008 г.г. цена нефти на мировом рынке выросла в 7-10 раз, что позволило российской экономике расти со средним темпом около 7% в год.

Математическое описание экономической и финансовой динамики с учетом цен на природные ресурсы представлено в публикациях [3-5]. В частности, для описания динамики обменного курса $E(t)$ (руб./дол.) предложена регрессия, построенная на месячной статистике с января 2014г. по июль 2015 г.:

$$E(t) = 8,75 + 3160/P(t) - 40,61S(t), \quad (2)$$

где $R=0,99$; $R^2=0,98$; $R^2_{\text{ном}}=0,98$; t -статистика: 6,47; 27,41; -3,81.

$P(t)$ – цена нефти Брент (дол./бар.), $S(t)$ – учетная ставка Центробанка.

Период процветания для экспортеров нефти закончился мировым кризисом 2008-09 г.г., который довольно быстро был пройден, но развитие мировой экономики затормозилось, во второй половине 2014 г. начался спад цен на мировом рынке нефти. К тому же в июле 2015 г. произошел локальный обвал на фондовых рынках Китая, вслед за которым начались неприятности у стран, находящихся в симбиозе с китайской экономикой. Восстановление высоких цен нефти на мировом рынке, по-видимому, зависит от выхода Китая из своего кризиса.

Следующее мощное воздействие на российскую экономику оказывают мировые кризисы, которые связаны с циклами Кондратьева. Ниже представлена таблица с указанием начала таких кризисов на историческом интервале и прогнозов.

Таблица состоявшихся и прогнозируемых кризисов.

1 группа	2 группа	3 группа	4 группа
1825	1837	1847	1857
1873	1893	1907	1914
1929	1946	1957	1968
1987	1997	2008	2020
2039	2049	2060	2072

В этой таблице кризисы расположены в хронологическом порядке по строкам. Интервалы между соседними значениями состоявшихся кризисов в строках колеблются от 7 до 20 лет и в среднем составляют 13,07 лет, а интервалы между соседними значениями в столбцах колеблются от 48 до 60 лет и в среднем составляют 52,29 года. Цифры прогнозов вычислены добавлением 52 лет к прошлым кризисам в столбцах.

В настоящее время политическая структура мира складывается, примерно, из 200 государств – членов ООН, а этническая структура по разным оценкам - из 2200-2400 этносов. Кроме того, есть Центр и Периферия. В этой структуре существуют 8 типов конфликтов, которые проходя различные фазы развития, могут тлеть на уровне проблем или разгораться до состояния вооруженного столкновения. С 1990 г. только в Европе и на постсоветском пространстве разными путями возникли 30 государств, включая непризнанные. Кризисы обостряют существующие проблемы и трансформируют их в конфликты. Эти процессы неизбежно затрагивают и Россию [6].

Литература

1. Попков, Ю.С. Математическая демоэкономика. Макросистемный подход. / Ю.С. Попков – М: URSS, 2012. – 560 с.
2. Дубовский, С.В. Научно-технический прогресс в глобальном моделировании. / С.В.Дубовский //Системные исследования, ежегодник 1988 год.- М: Наука, 1989. – С. 112-135.
3. Дубовский, С.В. Обменный курс рубля как результат денежной эмиссии, внешней торговли и блуждающих финансовых потоков / С.В.Дубовский // Экономика и математические методы. - 2002. – Т. 38. - №2. - С. 84-96.
4. Дубовский, С.В. Энергетика и распределение доходов в экономическом развитии/ С.В.Дубовский - ИСА РАН, 2004. – 48 с. 3,0 п.л. Препринт. Распространяется Интернет-магазинами.
5. Дубовский С.В. Моделирование циклов Кондратьева и прогнозирование кризисов./ С.В.Дубовский // Альманах «Кондратьевские волны. Аспекты и перспективы» - Волгоград: «Учитель», 2012. - С.179-188.
6. Дубовский С.В. Механизмы развития и конфликты в XXI веке./ С.В.Дубовский // Общественные науки и современность. - М. Наука, 2015. - №2. - С. 157-165.

Дюфур М.С.¹, Игнатьев М.Б.², Катермина Т.С.³, Коновалов М.А.⁴, Ненашев В.А.², Соколов Б.В.⁵, Шепета А.П.², Юсупов Р.М.⁵

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ЛИТОСФЕРНЫХ ПЛИТ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЛИТОСФЕРНОЙ ПОГОДЫ

¹Санкт-Петербургский государственный университет, ²Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, ³Нижевартовский государственный университет, ⁴Российский институт радионавигации и времени, ⁵Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации РАН

Аннотация. В работе рассматривается проблема прогнозирования литосферной погоды по аналогии с прогнозированием атмосферной и космической погоды. Прогнозирование литосферной погоды осуществляется путем моделирования движения литосферных плит и террейнов и сопоставлением точных реальных координат реперных точек с модельным представлением. Система прогнозирования должна состоять из блока моделирования, блоков измерения реального положения реперных точек и блока учета дополнительных факторов, влияющих на литосферную погоду, экстремальными проявлениями которой являются землетрясения. Создание реально действующей системы прогнозирования литосферной погоды является глобальной проблемой и требует широкого международного сотрудничества на основе интенсивного использования данных.

В настоящее время наблюдается усиление изменений природной среды и созрела необходимость обобщения обширной информации, которой располагают различные науки о Земле на основе интеллектуальных информационно-вычислительных систем, что позволит улучшить прогнозирование изменений природной среды [3-7]. В настоящее время сложилось представление о погоде как о целостном комплексе природных явлений, и прогнозирование атмосферной погоды опирается на развитую систему метеостанций на Земле и в космосе, объединенных глобальной информационной системой с суперкомпьютерами, сложилось представление и о космической погоде. В настоящее время складывается представление о литосферной погоде. Прогнозирование землетрясений старая, но очень актуальная проблема. На нашей планете во время землетрясений гибнут многие тысячи людей. Прогнозирование землетрясений позволит уменьшить количество пострадавших, но в настоящее время эти прогнозы оказываются очень неточными, поэтому актуальным является прогнозирование литосферной погоды. Существует множество гипотез о природе движения литосферы, одна из распространенных гипотез связывает источник землетрясений с местами столкновений литосферных плит, которые как бы плавают на поверхности астеносферы. Сейчас движение плит подтверждено прямыми измерениями их скорости методами интерферометрии и с помощью спутниковых навигационных систем.

Как показывают геологические исследования, расположение материков в прошлом было совсем не такое, как в наше время. Литосферные плиты продолжают двигаться, вызывая землетрясения. Вокруг Тихого океана сформировалось огненное кольцо – зона повышенной сейсмической активности.

Геологи выделяют 8 крупнейших плит, которые покрывают 90% поверхности Земли, среди них плиты - Австралийская, Антарктическая, Африканская, Евразийская, Индостанская, Северо-Американская, Тихоокеанская, Южно-Американская. Имеются еще плиты среднего размера, их значительно больше.

Каждую из плит мы можем рассматривать как отдельное слово и методом лингво-комбинаторного моделирования [1, 2] определить структуру уравнений с произвольными коэффициентами. Эти уравнения задают всю структуру взаимодействий между плитами, всю комбинаторику взаимодействий. Очевидно, что при большом числе плит структура эквивалентных уравнений будет содержать большое количество произвольных коэффициентов, что и определяет трудность прогнозирования. Моделирование движения плит является важным направлением исследований и нужно определить предельные возможности этого метода.

Если обозначить через A_1^1 характеристику Австралийской плиты, через A_2^1 характеристику Антарктической плиты, A_3^1 – Африканской плиты, A_4^1 – Евразийской плиты, A_5^1 – Индостанской плиты, A_6^1 – Северо-Американской, A_7^1 – Тихоокеанской, A_8^1 – Южно-Американской, то в соответствии с [3, 4] уравнение поверхности Земли будет

$$A_1^1 * E_1 + A_2^1 * E_2 + \dots + A_8^1 * E_8 = 0$$

где E_1 – изменение характеристики Австралийской плиты, ..., E_8 – изменение характеристики Южно-Американской плиты, и если учесть, что плиты располагаются на поверхности геоида, что является вторым ограничением на переменные системы

$$A_1^2 * E_2 + A_2^2 * E_3 + \dots + A_8^2 * E_8 = 0$$

то структура эквивалентных уравнений будет содержать

$$S = C_8^3 = 56$$

произвольных коэффициентов, а сама структура будет иметь вид

$$E_1 = U_1 * D_{23}^1 + U_1 * D_{24}^1 + \dots + U_{21} * D_{78}^1;$$

$$E_2 = -U_1 * D_{13}^2 - U_2 * D_{14}^2 + \dots + U_{36} * D_{78}^2;$$

.....

$$E_8 = U_6 * D_{12}^8 + U_{11} * D_{13}^8 + \dots + U_{56} * D_{67}^8$$

где $U_1, U_2, \dots, U_{56}$ – произвольные коэффициенты, которые могут быть использованы для задания различных движений континентальных плит на модели геоида, а

$$D_{12} = A_1^1 * A_2^2 - A_2^1 * A_1^2 \text{ и т.д.}$$

Каждая из плит имеет свои очертания. Для моделирования движения плит и наглядного представления этих движений в ускоренном масштабе времени каждая из плит представляется как пересечение конуса, прямые образующие которого исходят из центра земли и проходят через границы плиты на поверхности геоида. Так мы можем разместить эти плиты на модели земного шара, и задать движение плит, назначая соответствующие значения произвольным коэффициентам, не задумываясь пока о тех силах, которые влияют на движение плит. Для простоты моделирования мы можем каждую из плит разместить на отдельном шаре, а потом рассматривать эти шары совместно, анализируя возможности столкновения плит, исходя из их очертаний [1]. При решении этих сложных вычислительных задач целесообразно использовать облачные рекурсивные структуры [2].

Общая схема прогнозирования литосферной погоды должна включать блоки моделирования движения плит и блоки измерений положения и скорости реальных плит с помощью спутниковой навигации. Параметры модели должны корректировать по результатам измерений. Чем будет больше точек измерения этих параметров, тем точнее

будет прогнозирование. Следует отметить, что уже складывается мировая карта напряжений (World Stress Map, WSM), анализируется структурно-вещественный состав земной коры по данным глобальной модели CRUST 2.0, существуют и другие глобальные подходы и модели, которые могут быть объединены в рамках прогнозирования литосферной погоды. Для создания реально действующей системы прогнозирования литосферной погоды необходимо провести дополнительные научные исследования и наладить международное сотрудничество на основе интенсивного использования данных в планетарном масштабе.

Литература

1. Ignatyev, M., Katermina, T., Nenashev, V. Simulation of the continental plates movement for the earthquake investigation/ M. Ignatyev, T. Katermina, V. Nenashev //Journal geological resource and engineering. - 2013. - Vol.1, Number 1 - P.39-45.
2. Ignatyev, M., Litovkin, A., Sheinin, Yu. From digital analogs through recursive machines to quantum computers/ M.Ignatyev, A.Litovkin, Yu.Sheinin // Journal of Mathematics and System Science. – 2014. - Vol.4, Number 2. - P.91-98.
3. Создание интеллектуальных информационных систем оперативного прогнозирования речных наводнений / Алабян А.М. и др. //Вестник РАН. - 2016. - Том 86, №2. - С.23-32.
4. Современные глобальные изменения природной среды: в 2 т. / отв. редакторы Н.С.Касимов и Р.К.Клиге. - М.: Научный мир, 2006.
5. Дюфур, М.С. Ранне-палеозойские гранитоиды в киммерийско-альпийской структуре Памиро-Гималайского пояса/ М.С. Дюфур // Труды Санкт-Петербургского общества естествоиспытателей. - серия 2, том 85. - «Геологические минералогические проблемы». – 2000. - С.46-66.
6. Аплонов, Г.В. Геодинамика/ Г.В.Аплонов - Изд.СПбГУ, 2001. - 360 с.

Зуенко А.А.

КАЧЕСТВЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАТРИЦ ОГРАНИЧЕНИЙ

Апатиты, Институт информатики и математического моделирования КНЦ РАН

Аннотация. В статье описаны разработанные автором методы распространения ограничений, предназначенные для решения определенного круга задач качественного моделирования технических систем. В отличие от аналогов, предлагаемые методы опираются на применение оригинальных матрицеподобных структур, анализ свойств которых позволяет существенно ускорить традиционные алгоритмы-пропагаторы.

На практике бывает трудно выявить точные соотношения между переменными в моделируемой системе, но остается возможность установить некоторые качественные зависимости между ними. Кроме того, даже при наличии строгой аналитической модели, для ее применения требуется знать значения всех параметров модели, измерение которых может быть сильно осложнено. В такой ситуации пользователь пытается заменить значения неизвестных параметров предполагаемыми значениями. Применение качественных моделей позволяет избежать необходимости выдвижения необоснованных предположений.

К типичным задачам, где качественное моделирование является более предпочтительным, относятся функциональные рассуждения, диагностика и проектирование на основе «исходных принципов», например, законов физики. Заметим также, что с точки зрения конечного пользователя задача разработки качественных моделей является более простой по сравнению с созданием количественных моделей.

Функциональные рассуждения связаны с поиском ответов на вопросы, каким образом работает устройство или система. Причем, интерес представляет (качественный) механизм работы системы: если числовые значения параметров системы немного изменяются, обычно основной функциональный механизм остается тем же.

При решении диагностической задачи интерес представляют неисправности, которые вызвали наблюдаемое аномальное поведение системы.

Проблема структурного синтеза на основе использования «исходных принципов» состоит в следующем. Даны некоторые основные блоки. Требуется найти такую комбинацию этих блоков (структуру), которая позволяет реализовать заданную функцию.

Однако задачи качественного моделирования технических систем не ограничиваются только рассмотрением статических аспектов их функционирования. Часто требуется произвести анализ динамики подобных систем. В таком случае, технические системы бывает удобно моделировать в виде динамических систем, основанных на правилах, или динамических интеллектуальных систем (ДИС) [1].

Под определение динамической системы, основанной на правилах, подпадает широкий спектр довольно сильно отличающихся друг от друга систем искусственного интеллекта. Результаты, полученные Г.С. Осиповым, фундаментальны и касаются, прежде всего, вопросов управляемости интеллектуальных динамических систем без конкретизации способа представления знаний в интеллектуальной системе, а также методов замыкания текущего состояния и переходов к следующему состоянию. Тем не менее, реализация этих функций сильно зависит от того, каким именно образом представлены знания в интеллектуальной системе. По мнению автора, разработка методов и алгоритмов, реализующих данные функции, является довольно сложной задачей. Дело в том, что соответствующие методы относятся к классу методов комбинаторного поиска. В совокупности со способом представления знаний подобные методы составляют основу любой технологии моделирования рассматриваемых динамических систем и могут существенно повлиять на ее масштабируемость (размерность решаемых с ее помощью задач).

Общим для рассматриваемых в работе качественных моделей статических и динамических систем является то, для описания состояния технической системы предполагается использовать только переменные, области определения которых конечны, а, значит, информация о системе может быть представлена с помощью ограничений над конечными доменами. Другой особенностью исследуемых систем является то, что их состояния могут содержать недоопределенные параметры: значение переменной может быть полностью не определено и задаваться в виде всего домена (области определения), полностью определено – представлять одноэлементное подмножество домена и недоопределено – задаваться в виде некоторого подмножества домена. Формализация описания таких состояний осуществляется с помощью векторов, где в качестве компонент выступают не единичные (изолированные) значения, а некоторые подмножества областей истинности соответствующих переменных.

Качественная машинная модель позволяет решить задачу путем перебора всех возможных качественных вариантов поведения, которые соответствуют всем возможным сочетаниям значений параметров в модели. Поэтому для использования качественных моделей требуются эффективные методы проведения качественных рассуждений, позволяющие избежать полного перебора всех возможных комбинаций значений переменных. Данные методы неизбежно обладают высокой вычислительной сложностью, что затрудняет, а иногда и делает невозможным, применение обобщенных схем вычислений, где не учитываются особенности представления знаний в памяти компьютера и не уделяется должного внимания вопросам ускорения вычислительных процедур.

Для решения обозначенного круга задач предлагается использовать разработанные автором методы распространения ограничений, основанные на матричном представлении ограничений над конечными доменами [2]. Другими словами, перечисленные выше задачи, в том числе и задачу пополнения описания состояния динамической системы, предлагается решать в виде задач удовлетворения ограничений (Constraint Satisfaction Problem – CSP) [3]. Представление ограничений в матричной форме, а именно в виде набора C - и D – систем [4], позволяет “сжато” описывать множества кортежей, содержащихся в многоместных отношениях, с помощью которых часто выражаются ограничения (особенно в Prolog-

системах). Помимо экономии памяти, использование предложенного подхода к обработке ограничений позволяет существенно ускорить традиционные алгоритмы-пропэгаторы [2].

Предлагаемые методы позволяют успешно распространять ограничения, опираясь на анализ компонент, находящихся в одном столбце матрицы ограничений. В отличие от базовых алгоритмов удовлетворения ограничений, предложенных ранее [2] и обеспечивающих достижение совместности в узлах, разработанные методы реализуют достижение дуговой совместности на основе анализа отношений доминирования одних значений над другими в рамках одного домена (столбца) матрицы ограничений. Подобный анализ существенно ускоряет обработку ограничений над конечными доменами по сравнению с традиционными алгоритмами, работающими с их табличным представлением.

Благодарности. Работа выполнена при поддержке РФФИ (проекты №№ 14-07-00205-а, 16-07-00313-а, 16-07-00377-а).

Литература

1. Осипов, Г.С. Методы искусственного интеллекта / Г.С. Осипов. – М.: Физматлит, 2011. – 296 с.
2. Зуенко, А.А. Вывод на ограничениях с применением матричного представления конечных предикатов / А.А. Зуенко // Искусственный интеллект и принятие решений, 2014. – Вып. 3. – С.21-31.
3. Ruttkay Zs. Constraint satisfaction a survey // CWI Quarterly.1998. V. 11. P. 163–214.
4. Кулик, Б.А. Алгебраический подход к интеллектуальной обработке данных и знаний / Б.А. Кулик, А.А. Зуенко, А.Я. Фридман. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2010. – 235 с.

Игнатьев М.Б.¹, Соколов В.Б.², Юсупов Р.М.³

МОДЕЛИРОВАНИЕ ГЛОБАЛЬНОГО СОЦИО-КУЛЬТУРНОГО ЦИКЛА КАК ОСНОВЫ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ

Санкт-Петербург, ¹Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, ²Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации РАН

Аннотация. Рассматривается глобальный социо-культурный цикл, который начал формироваться еще в эпоху великих географических открытий в 15 веке и который к настоящему времени достиг колоссального развития на основе информационно-вычислительных систем и стал основой инновационного развития человечества.

Основой социо-культурного цикла являются люди-творцы в различных сферах деятельности, которые изобретают различные устройства, машины, лекарства, материалы, новые формы бизнеса, новые песни, литературные произведения, теории и т.д. под воздействием все возрастающего потока информации по аналогии и на основе озарения. Осуществился переход от традиционной культуры к мозаичной культуре, которая все больше напоминает войлок, насыщенный случайными связями и ассоциациями по времени и месту восприятия исходя из случайности биографий участников процесса. В результате возникает генерация нововведений во всех сферах человеческой деятельности, которая, проходя через микросреду и цензуру, попадает в средства массовой информации и опять обрушивается на общество, замыкая положительную обратную связь. Часть нововведений попадает в конструкторские и проектные бюро, а оттуда на производство и уже в виде разнообразных вещей обрушивается на общество, замыкая еще один контур положительной обратной связи. Таким образом складываются миры вещей и идей, которые непрерывно обновляются, и в которых живет современное человечество [11, 12]. При этом возникает много проблем. Во-первых, как оценить полезность или вредность и даже большую опасность от тех или иных нововведений. Во-вторых, какие новые идеи должны быть реализованы в виде вещей при наличии ограниченных ресурсах. В-третьих, как миры вещей

и идей взаимодействуют с обществом, не нарушаются ли принципы справедливости, не образуются ли антагонистические группы, подталкивая мир к войне.

В качестве одного из объектов исследований в докладе были выбраны современные социо-киберфизические системы (СКФС), которые представляют собой сложные взаимосвязанные сетевые структуры, включающие в себя наряду с реально существующими физическими объектами соответствующие информационно-управляющие (кибернетические) системы, решающие в автоматическом (автоматизированном) режиме задачи наблюдения и управления указанными объектами, а также социальные (организационные) структуры, которые определяют целевое предназначение указанных систем и являются основными потребителями результатов их деятельности [4-6, 9]. В основу СКФС положены существующие и разрабатываемые технологии Интернета вещей и производства продукции, технологии повсеместных вычислений и коммуникаций, технологии многомодальных интерфейсов, радиочастотной идентификации, беспроводных сенсорных сетей и межмашинного взаимодействия [4-5, 9]. В отличие от кибер-физических систем (КФС) [7] в СКФС важнейшую роль начинают играть их активные социальные подсистемы, осуществляющие целенаправленную деятельность в соответствии с принимаемыми решениями и способные к рефлексии по поводу своих действий и действий других субъектов. Способность субъектов, входящих в состав СКФС, к изменению стратегии и тактики на основе рефлексии без привязки к изменению внешних условий делает социальные подсистемы в СКФС внутренне неустойчивыми. Неустойчивость социальных подсистем приводит к тому, что согласованное взаимодействие субъектов становится возможным лишь при четко налаженном управлении (самоуправлении), причем интенсивность управляющих воздействий должна превышать определенный «порог синхронизации». Возможность проактивного управления СКФС, с одной стороны, ограничена эквифинальностью систем данного класса, с другой стороны, именно от управляющего воздействия зависит, в каком из имеющихся аттракторов (многоструктурном макросостоянии) в конечном итоге окажется конкретная самоорганизующаяся система [1-3]. Для эффективного управления СКФС необходимо знать структуру имеющихся аттракторов, а также способы перевода системы из одного аттрактора в другой. Одна из основных особенностей СКФС состоит в том, что для их динамического развития необходимы определенная доля хаоса, т.е. доля спонтанной самоорганизации, и определенная доля управления, внешнего контроля, и что эти две составляющие - самоорганизация снизу и организация сверху - должны быть сбалансированы. Проведенный анализ также показал, что на всех этапах жизненного цикла (ЖЦ) СКФС наблюдается их структурная динамика, вызываемая объективными, субъективными, внешними, внутренними причинами или их комбинациями. Для того, чтобы указанные процессы имели целенаправленный характер необходимо их сделать управляемыми, т.е. обеспечить проактивное управление структурной динамикой [3,6]. Таким образом, основным предметом исследований в докладе являются модели, методы и алгоритмы проактивного управления структурной динамикой СКФС. Задачи управления структурной динамикой СКФС по своему содержанию относятся к классу задач структурно-функционального синтеза облика СКФС и формирования соответствующих программ управления их развитием. Главная трудность и особенность решения задач рассматриваемого класса состоит в следующем. Определение оптимальных программ управления основными элементами и подсистемами СКФС может быть выполнено лишь после того, как станет известен перечень функций и алгоритмов обработки информации и управления, который должен быть реализован в указанных элементах и подсистемах. В свою очередь, распределение функций и алгоритмов по элементам и подсистемам СКФС зависит от структуры и параметров законов управления данными

элементами и подсистемами. Трудность разрешения данной противоречивой ситуации усугубляется ещё и тем, что под действием различных причин во времени изменяется состав и структура СКФС на различных этапах ее жизненного цикла [3, 6, 7]. Анализ работы известного кибернетика XX века С. Бира [1] показывает, что конструктивное определение необходимых управляющих воздействий в перечисленных условиях, обеспечивающих ограниченную самоорганизацию и контролируемую нестабильность СКФС, лежит на пути обеспечения динамического соответствия разнообразий состояний как внешней среды, так и соответствующей системы управления (СУ) СКФС. В докладе приводятся и анализируются различные подходы к формализации и решению различных классов задач анализа и синтеза перспективных СУ СКФС [3, 6, 8-10].

Исследования, выполненные по данной тематике, проводились при финансовой поддержке ведущих университетов Российской Федерации: СПбГПУ (мероприятие 6.1.1), ИТМО (субсидия 074-U01), Программы НТС Союзного государства «Мониторинг-СГ» (проект 1.4.1-1), грантов РФФИ №№15-07-08391, 15-08-08459, 15-07-01230, 16-07-00779, 16-08-00510, 16-08-01277, гранта РНФ №16-19-00199, Программы фундаментальных исследований ОНИТ РАН (проект №2.11).

Литература

1. Бир, С. Мозг фирмы / С.Бир – М.:УРСС, 2005. – 315 с.
2. Герасименко, В.А. Информатика и интеграция в технике, науке и познании/ В.А. Герасименко // Зарубежная радиоэлектроника. - 1993. – № 05. – С. 22-42.
3. Соколов, Б.В. Юсупов, Р.М. Концептуальные основы оценивания и анализа качества моделей и полимодельных комплексов/ Б.В. Соколов, Р.М. Юсупов // Теория и системы управления. - 2004. - № 6. - С. 5–16. .
4. Хиценко, В.Е. Самоорганизация: элементы теории и социальные приложения. / В.Е. Хиценко - М.: КомКнига, 2005. – 224 с.
5. Черняк, Л. От адаптивной инфраструктуры – к адаптивному предприятию/ Л.Черняк // Открытые системы. - 2004. - № 9. - С. 30-35.
6. Юсупов, Р.М., Соколов, Б.В. Проблемы развития кибернетики и информатики на современном этапе / Р.М.Юсупов, Б.В. Соколов // Кибернетика и информатика - СПб.: Издательство СПбГПУ, 2006. - С. 6–21.
7. Edward A. Lee Cyber Physical Systems: Design Challenges //International Symposium on Object/Component/Service-Oriented Real-Time Distributed Computing (ISORC) May 6, 2008, Orlando, FL,USA - Pp. 245-257
8. Foerster von H. Cybernetics. Encyclopedia of Artificial Intelligence. John Wiley and Sons, 1987.
9. Hyotyniemi, H. Neocybernetics in Biological Systems. / H.Hyotyniemi – Espoo: Helsinki University of Technology, Department of Automation and Systems Technology, Control Engineering Laboratory, 2006. - 275 p.
10. Maruyama M. The Second Cybernetics. Deviation Amplifying mutual causal process // American Scientist, 1963, №51.
11. Лотман, Ю.М. Непредсказуемые механизмы культуры. / Ю.М. Лотман - Таллинн, 2010. - 232 с.
12. Игнатьев, М.Б. Кибернетическая картина мира. Сложные киберфизические системы. / Игнатьев М.Б. - СПб, 3-е издание, 2014 - 472 с.

Игнатьев М.Б., Бурштын Л.Н. Легкий В.М.

ФОРМИРОВАНИЕ И УПРАВЛЕНИЕ ГОРОДОМ С ПОЛИЦЕНТРИЧЕСКОЙ СТРУКТУРОЙ НА ПРИМЕРЕ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

Санкт-Петербург, Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения

Аннотация. Рассматривается проблема перехода от моноцентрической структуры больших городов к полицентрической структуре, что позволяет решить ряд транспортных, демографических и производственных проблем на основе лингво-комбинаторного моделирования. В качестве примера рассматривается Санкт-Петербург.

Большие города как правило возникают как системы с одним центром, по мере роста города моноцентризм становится тормозом в его развитии, порождая множество проблем – транспортных, демографических, промышленных, архитектурных. Решение этих проблем лежит на пути перехода к полицентрической структуре. Это ярко видно на примере Санкт-Петербурга, который до сих пор сохраняет моноцентрическую структуру, которая начала складываться еще со времен Петра Великого. Рассматривается эволюция генеральных планов развития города. В докладе обсуждается перспективная полицентрическая структура города, которая включает следующие центры: 1. Старый центр, истинный Санкт-Петербург. 2. Новое сити в районе Горской, где можно будет строить небоскребы и использовать аэродром в Левашово как деловой аэропорт. 3. Центр во Всеволожске. 4. Центр в Шлиссербурге. 5. Центр в Колпине. 6. Центр в Гатчине. 7. Центр в Бронке, будущий новый порт. Возникает много вопросов. Если говорить о Всеволожске и Шлиссербурге, то необходимо, чтобы город имел выход к Ладоге – главному резервуару пресной воды, чтобы правый берег Невы был в городе и можно было бы разместить новый зоопарк в Невском лесопарке, чтобы на Неве можно было построить две гидростанции – у истока Невы и в районе Ивановских порогов, чтобы лучше защитить город от катастрофических наводнений, которые предсказывают синоптики и с которыми существующая дамба не справится. Если говорить о Гатчине, то это город с уникальными дворцовыми комплексами и институтами является органической частью Петербурга, а Ропшинские высоты являются источником водоснабжения фонтанов Петергофа. Город – сложная самоорганизующаяся человеко-машинная система, для управления которой уже давно необходимо использовать моделирование и компьютеры, но город – плохо формализованная система. Предлагается использовать лингво-комбинаторное моделирование для этой цели [1, 2].

Если в качестве ключевых слов взять «население», «пассионарность», «территория», «производство», «экология и безопасность», «финансы», «внешние связи», то в соответствии с вышеизложенной методикой уравнение города будет

$$A1 \cdot E1 + A2 \cdot E2 + \dots + A7 \cdot E7 = 0,$$

а эквивалентные уравнения будут иметь вид

$$\begin{aligned} E1 &= U1 \cdot A2 + U2 \cdot A3 + U3 \cdot A4 + U4 \cdot A5 + U5 \cdot A6 + U6 \cdot A7 \\ E2 &= - U1 \cdot A1 + U7 \cdot A3 + U8 \cdot A4 + U9 \cdot A5 + U10 \cdot A6 + U11 \cdot A7 \\ E3 &= - U2 \cdot A1 - U7 \cdot A2 + U12 \cdot A4 + U13 \cdot A5 + U14 \cdot A6 + U15 \cdot A7 \\ E4 &= - U3 \cdot A1 - U8 \cdot A2 - U12 \cdot A3 + U16 \cdot A5 + U17 \cdot A6 + U18 \cdot A7 \\ E5 &= - U4 \cdot A1 - U9 \cdot A2 - U13 \cdot A3 - U16 \cdot A4 + U19 \cdot A6 + U20 \cdot A7 \\ E6 &= - U5 \cdot A1 - U10 \cdot A2 - U14 \cdot A3 - U17 \cdot A4 - U19 \cdot A5 + U21 \cdot A7 \\ E7 &= - U6 \cdot A1 - U11 \cdot A2 - U15 \cdot A3 - U18 \cdot A4 - U20 \cdot A5 - U21 \cdot A6 \end{aligned}$$

где $A1$ – характеристика населения, которая включает в себя характеристики здоровья, образования, занятости; $E1$ – изменение этой характеристики; $A2$ – характеристика пассионарности, устремлений групп населения, люди обладают свободой выбора при принятии решений, и этот выбор является важным, что оценивается путем социологического анализа; $E2$ – изменение этой характеристики; $A3$ – характеристика территории, включая наземные и подземные постройки, этот блок может быть геоинформационной системой; $E3$ – изменение этой характеристики; $A4$ – характеристика производства, включая оценку

различных видов деятельности – научной, производственной, транспортной, торговой и др.; E4 – изменение этой характеристики; A5 – характеристика экологии и безопасности; E5 – изменение этой характеристики; A6 – характеристика финансов, финансовых потоков и запасов в городе; E6 – изменение этой характеристики; A7 – характеристика внешних связей города, включая оценку входящих и выходящих потоков людей, энергии, материалов, информации, финансов; E7 – изменение этой характеристики; U1, U2,...,U21 – произвольные коэффициенты, которые могут быть использованы для управления и решения различных задач на многообразиях. Эта модель используется в системах для поддержки принятия решений городскими и региональными властями.

При формировании полицентрической структуры города каждый из центров будет описываться аналогичной моделью и большой город можно рассматривать как коллектив. Если первый центр будет характеризоваться числом произвольных коэффициентов $S_1 = C_{n1}^{m1+1}$, второй $S_2 = C_{n2}^{m2+1}$, ..., последний $S_{nk} = C_{nk}^{mk+1}$, то их коллектив будет характеризоваться $S_{col} = C_{n1+n2+...+nk}^{m1+m2+...+mk+mcol+1}$, где $n1, n2, ..., nk$ – число переменных, характеризующих каждый из центров, $m1, m2, ..., mk$ – число ограничений – многообразий, задающих каждый из центров, $mcol$ – число ограничений-многообразий, организующих коллектив. Задача перехода к полицентрической структуре заключается в том, чтобы так подобрать $m1, m2, ..., mk, mcol$, чтобы адаптационные возможности большого города стали больше, то есть чтобы $S_{col} > S_1 + S_2 + ... + S_k$. Адаптационные возможности характеризуются числом произвольных коэффициентов в структурах эквивалентных уравнений.

Литература

1. Ignatyev, M.B. Crisis how the property of complex systems/ M.B. Ignatyev // Journal of World Economic Research. – 2012. - Number 1. - Pp.1-5.
2. Игнатьев, М.Б. Кибернетическая картина мира. Сложные киберфизические системы/ М.Б. Игнатьев - СПб, 2014. - 472 с.

Каменская М.А., Тихомиров И.А.

СЕТИ ТРАНСФЕРА ТЕХНОЛОГИЙ КАК ИНСТРУМЕНТ КОМЕРЦИАЛИЗАЦИИ ИСЛЕДОВАНИЙ И РАЗРАБОТОК

Москва, Институт системного анализа Федерального исследовательского центра «Информатика и управление» РАН

Аннотация. В статье рассмотрена задача трансфера технологий, проанализированы наиболее известные российские и зарубежные сети трансфера технологий, принципы их работы и основные функции. В заключении сделан вывод о возможности использования сетей трансфера технологий для анализа востребованности, перспективности и технологизируемости новых исследований и разработок.

Начиная с середины 1990х годов, одним из основных инструментов коммерциализации результатов научной деятельности были признаны сети трансфера технологий, которые можно охарактеризовать как инструмент, позволяющий эффективно распространять технологическую информацию для поиска партнеров в области создания и реализации технологических разработок.

Сеть трансфера технологий развивается как структура распределенного типа – каждый член сети взаимодействует с партнерами и клиентами. Клиенты сети – это поставщики и потребители технологий. Партнерами сети являются различные организации, поддерживающие развитие сети, например, путем участия в совместных проектах. Одна и та же компания или частное лицо может выступать одновременно и в роли клиента сети, и в роли партнера. Все члены сети, как правило, проходят обязательную сертификацию – процедуру проверки соответствия ее деятельности ряду критериев.

Основной задачей членов сети является поиск партнеров и установление

технологического сотрудничества между заинтересованными сторонами (продавцом и покупателем технологии) с целью дальнейшего развития или коммерческого применения новых технологий. При этом члены сети оперируют двумя ключевыми понятиями: технологическое предложение и технологический запрос. Оба понятия представляют собой определенную структурированную анкету, которая предоставляет потенциальным партнерам информацию, достаточную для быстрого ознакомления с имеющейся технологией или для понимания технологической потребности компании.

Каждый технологический профиль или предложение, как правило, содержит следующую информацию: заголовок профиля, аннотацию, описание предлагаемых продуктов/сервисов/технологий, преимущества инновации, стадию развития инновации и комментарии относительно, права на интеллектуальную собственность, ключевые слова, описание искомого партнера, информацию об авторах профиля. Ключевые слова делятся на 3 типа: технологические, рыночные, производственные. Для каждого типа создана подробная классификация.

Искомый партнер в свою очередь описывается по пяти параметрам: тип требуемого сотрудничества, тип искомого партнера, область деятельности партнера, задачи, стоящие перед партнером, предпочитаемые страны (не обязательный параметр).

Поиск партнеров и установление сотрудничества достигается путем сопоставления существующих технологических предложений с технологическими запросами. При этом все члены трансферной сети должны использовать единую методологию работы по трансферу технологий. Для осуществления поиска партнеров и продвижения технологической информации в сети используются веб-сайты, предоставляющие доступ к единой базе технологических запросов и предложений. Каждый сертифицированный участник сети получает авторизованный доступ к администраторской части интерфейса с возможностью размещать профили своих инновационных технологий, за качество и состоятельность которых они несут полную ответственность.

Важной возможностью сетей трансфера технологий является сбор статистики обращений клиентов сети к профилю, с помощью которой можно анализировать динамику изменения спроса рынка потребителей технологий на его предложения, а также отслеживать инновационный потенциал в зависимости от времени.

На сегодняшний день в мире существует много сетей трансфера технологий схожих по своим целям и различающихся несущественными функциональными возможностями. Одна из крупнейших на текущий момент сеть трансфера технологий – Enterprise Europe Network (EEN) [1] объединяет около 600 организаций поддержки бизнеса, таких как палаты торговли и промышленности, технологические центры, научно-исследовательские институты, университеты и агентства по развитию. Информационная база данных EEN содержит более 23 тыс. профилей технологических запросов и предложений из более 60 стран мира. Доступ к базе EEN и работа с ней осуществляется при помощи информационно-технологической платформы Merlin [2].

Опыт в области трансфера технологий, наработанный EEN, успешно заимствовала крупнейшая Российская сеть трансфера технологий (Russian Technology Transfer Network, RTTN), созданная в 2002 г. и объединяющая более 50 инновационных центров из 40 регионов России и стран СНГ, специализирующихся в сфере трансфера технологий [3]. RTTN имеет четко выраженную ориентацию на внутринациональный трансфер технологий. Транснациональный трансфер технологий реализуется через участие RTTN в специальных международных проектах.

Недавно Российская сеть трансфера технологий установила партнерство с крупной международной брокерской технологической платформой Innoget [4]. В рамках соглашения о сотрудничестве реализован взаимный обмен технологическими запросами и предложениями из баз данных RTTN и Innoget. Таким образом, российские инновационные компании и разработчики, разместившие свои профили на платформе RTTN и заинтересованные в международной технологической кооперации, получили доступ к более

10000 потенциальным зарубежным партнерам.

Технологическая биржа Innoget [5] была создана в 2007 г. и в настоящее время предоставляет тысячам специалистов и экспертов со всего мира свободный доступ к технологическим запросам и предложениям, которые размещают международные компании и организации, заинтересованные в технологической и инновационной кооперации.

Принцип работы информационной платформы сети Innoget такой же, как у описанных выше сетей, отличия незначительны. Из функциональных особенностей стоит отметить автоматический поиск похожих технологических профилей: список похожих профилей доступен клиенту сети в конце страницы с детальным описанием профиля. Регистрация на платформе Innoget доступна несколькими способами: созданием профиля Innoget или авторизацией через имеющиеся профили в сети Facebook, Google или LinkedIn. Зарегистрированные клиенты могут добавлять интересные профили в раздел «избранных», чтобы в дальнейшем автоматически получать обновления. Профиль также можно выгружать в формат pdf или делиться ссылкой на него посредством почтовых серверов и социальных сетей.

По всему миру существует множество сетей, направленных на объединение специалистов из определенных областей знаний или деятельности, которые предоставляют предложения на технологическое сотрудничество или опытный обмен, проводят различные обучающие мероприятия по вопросам открытых инноваций и продвижения технологий. Однако у большинства сетей трансфера доступ ко всей предоставляемой информации имеется только у зарегистрированных клиентов сети, причем, в некоторых сетях регистрация платная.

Таким образом, сети трансфера технологий на сегодняшний день получают все более широкое распространение, разворачиваются по всему миру, интегрируются с другими сетями, поддерживаются крупнейшими компаниями, являясь эффективным связующим звеном между поставщиками технологий и их потребителями. Следует отметить, что именно в этих сетях расположено большое количество информации, которая может говорить о востребованности и перспективности разработок, а также уровне их технологизируемости, что в свою очередь может использоваться при оценке потенциала коммерциализации исследований и разработок.

Литература

1. Enterprise Europe Network [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://een.ec.europa.eu>
2. Merlin. Client User Guide [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://een.ec.europa.eu/tools/services/Help/OnlineHelp/Merlin_Client_UserGuide.pdf
3. Российская сеть трансфера технологий [Электронный ресурс] – Режим доступа <http://rttn.ru/index.php/about-the-network>
4. Новые возможности трансфера технологий для российских компаний: партнерство RTTN и Innoget [Электронный ресурс] // Сайт Российской Сети Трансфера Технологий. – Режим доступа: <http://rttn.ru/index.php/helpful/news/1578-novye-vozmozhnosti-transfera-tekhnologij-dlya-rossijskikh-kompanij-partnerstvo-rttn-i-innoget>
5. Innoget [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.innoget.com>

Кириллов И.Е.

РАЗРАБОТКА НЕЧЕТКОЙ АДАПТИВНОЙ МОДЕЛИ САУ ЭЛЕКТРОПРИВОДА С УЧЕТОМ ИЗМЕНЕНИЯ ПЕРЕДАТОЧНОЙ ФУНКЦИИ ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО МЕХАНИЗМА

Апатиты, Кольский филиал Петрозаводского государственного университета

Аннотация. В докладе рассматривается вопрос разработки и исследования адаптивной модели системы управления двигателем. Особенностью данной модели является реализация изменения свойств исследуемого объекта в процессе работы, вызванных различными физическими явлениями. Адаптивность модели заключается в оценке изменений свойств двигателя, в следствии чего изменяется его передаточная функция, и изменении настроек ПИД регулятора с помощью нечеткого регулятора с механизмом аппроксимации.

Решение задачи повышения качества управления производственными механизмами является одной из первоочередных задач, поскольку тесно связано с повышением экономических показателей производств, ростом качества продукции и увеличением показателей надежности оборудования. Идея применения адаптивных систем управления (СУ) не нова [1, 2] однако наибольшее распространение они получили в современном мире. В первую очередь адаптивные СУ необходимо применять при управлении технологическими объектами с изменяющимися возмущающими воздействиями, однако следует отметить тот факт, что не только внешние изменения влияют на работу технологического оборудования, но и характеристики самого оборудования, которые способны изменяться во времени, причем не только в долгосрочном периоде, но и достаточно сжатых временных отрезках.

Передаточная функция любого объекта управления (ОУ) есть величина не постоянная, изменяющаяся со временем. В качестве простого примера, подтверждающего это утверждение, выступает обычный трансформатор тока, при длительной работе обмотки трансформатора нагреваются, в следствии чего изменяется их сопротивление, а, следовательно, и передаточная функция самого трансформатора. Аналогичные явления можно наблюдать и на примере любого электрического двигателя, которые являются наиболее распространенными исполнительными механизмами в производственных ОУ.

Для простоты примера возьмем двигатель постоянного тока (ДПТ).

Двигатель постоянного тока с независимой обмоткой возбуждения, как динамическая система, описывается следующими уравнениями в операторной форме:

$$U_{\text{дв}} = I_{\text{я}} \cdot R_{\text{я}} + E_{\text{я}} + L_{\text{я}} \cdot P \cdot I_{\text{я}}$$

$$E_{\text{я}} = K_{\text{эм}} \cdot \omega$$

$$M = K_{\text{эм}} \cdot I_{\text{я}}$$

$$M = M_{\text{с}} + J \cdot P \cdot \omega$$

где $I_{\text{я}}$ - ток якоря, $R_{\text{я}}$ - сопротивление обмотки якоря, $E_{\text{я}}$ - ЭДС якоря, $L_{\text{я}}$ - индуктивность обмотки якоря, $K_{\text{эм}}$ - электромеханический коэффициент двигателя ("постоянная" величина), M - момент двигателя, $M_{\text{с}}$ - статический момент нагрузки, J - момент инерции, $U_{\text{дв}}$ - напряжение на обмотке якоря, ω - угловая скорость вращения.

На основании этих уравнений может быть построена структурная схема двигателя как динамической системы.

На рисунке 1 приведена классическая модель управления ДПТ с помощью двухконтурной системы регулирования:

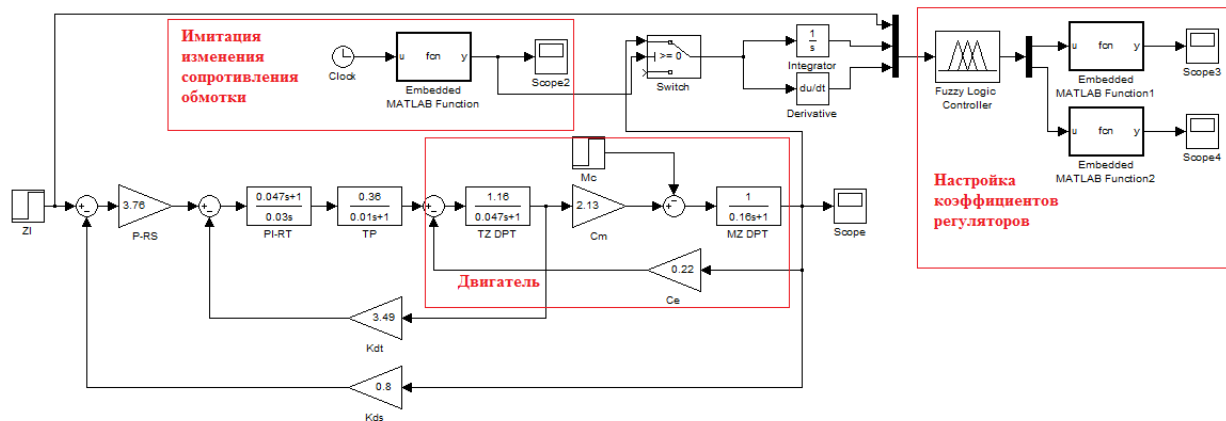


Рис. 1. Структурная схема ДПТ

Особенностью данной модели является присутствие блока Embedded MATLAB Function, имитирующего изменение сопротивления обмотки якоря ДПТ в момент времени заданный блоком Clock, тем самым моделируется изменение передаточной функции ДПТ.

В этот же момент времени с помощью блока Switch происходит подключение нечеткого аппроксиматора коэффициентов регулятора тока (Embedded MATLAB Function1 – отвечает за коэффициент усиления, Embedded MATLAB Function 2 – за постоянную времени), описание аналогичного подхода можно найти в [3-5], входными параметрами для данного блока служат интегрирующая, дифференцирующая составляющие выходного сигнала и управляющее воздействие.

Таким образом, корректируя передаточную функцию регулятора тока в соответствии с изменением передаточной функцией ДПТ, происходит настройка передаточной функции всей системы, для приведения её к нужному виду.

Результаты работы данной модели в сравнении с работой модели без настройки параметров регуляторов приведены на рисунке 2:

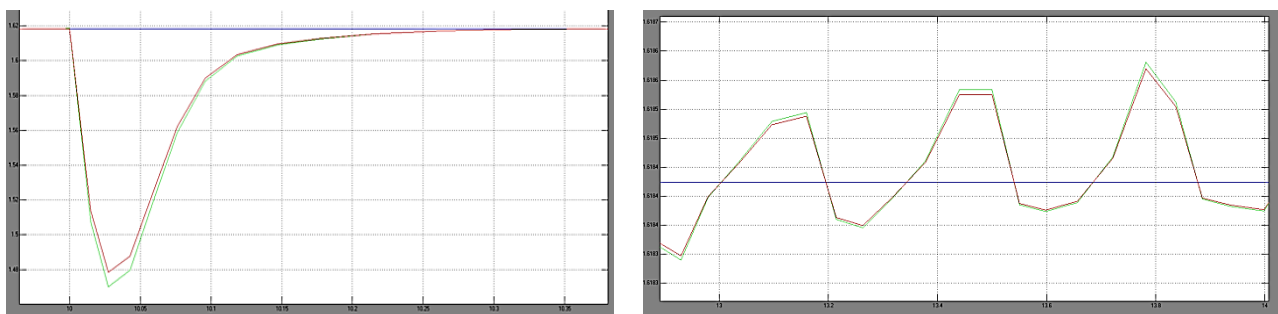


Рис.2.Изменение скорости ДПТ в момент изменения сопротивления якоря (левый рисунок) и после (правый рисунок)

На каждом из рисунков приведены три графика, график без моделирования изменения сопротивления обмотки, график без настройки коэффициентов регулятора и график с настройкой регулятора тока. Результаты моделирования свидетельствуют о более качественном управлении двигателем с применением данного подхода.

Литература

1. Костюк, В.И. Беспорисковые самонастраивающиеся системы / В.И. Костюк - Киев: Техника, 1969. - 275 с.
2. Системы очувствления и адаптивные промышленные роботы / Под ред. Е.П. Попова и В.В. Ключева. М., 1985
3. Морозов, И.Н., Кулаков, А.Г., Колесник, А.Е. Итеративный алгоритм ситуационного управления технологическим процессом / И.Н.Морозов, А.Г.Кулаков, А.Е.Колесник // Прикладные проблемы управления макросистемами: Труды Института системного

анализа Российской академии наук (ИСА РАН) /Под ред. Ю.С. Попкова, В.А. Путилова. - Т. 39. - М.: Книжный дом "ЛИБРОКОМ", 2008. – С.353-361.

4. Морозов, И.Н. Компьютерное моделирование переходных процессов в детерминированной и нечеткой системах регулирования/ И.Н.Морозов, Ю.В.Соболева, В.Н.Богатилов, А.Э.Кириченко // Информационные технологии в региональном развитии: сб. науч. трудов ИИММ КНЦ РАН, вып. IX. - Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2009. – С.84-87.
5. Морозов, И.Н. Управление технологической безопасностью процессов на основе оценки рисков принимаемых решений / И.Н.Морозов, Ю.В.Соболева, В.Н.Богатилов, А.Е.Пророков // Информационные технологии в региональном развитии: сб. научных трудов ИИММ КНЦ РАН, вып. IX. - Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2009. – С.87-90.

Константинов И.С., Иващук О.А., Котельников А.П.

НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ ПОСТРОЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ РЕГИОНОВ

Белгород, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Белгородский государственный национальный исследовательский университет» (НИУ «БелГУ»)

Аннотация. Проведены исследования и разработаны методы, модели и информационные системы, формирующие основу для построения и сопровождения распределенных автоматизированных систем интеллектуального мониторинга, прогнозирования состояния природно-социо-технических систем и управления экологической безопасностью территорий регионов.

Сегодня для территорий быстроразвивающихся регионов характерно формирование промышленно-территориальных кластеров, постоянное увеличение интенсивности и плотности автотранспортных потоков, уплотнение и расширение жилой застройки, инфраструктуры с образованием городских агломераций. Состояние экологической безопасности подобных территорий следует рассматривать как состояние сложной динамичной природно-социо-технической системы [1,2], которое характеризуется как количественными, так и качественными параметрами, множественными и неоднородными исходными данными. В подобных условиях неправомерно постановка классической задачи оптимизации, а для принятия управленческих решений необходимо учитывать слабоформализуемые понятия и разнородные данные о состоянии объекта управления и внешней среды.

Вышесказанное определяет, что управление экологической безопасностью быстроразвивающихся регионов должно основываться на применении современных средств автоматизации, технологий искусственного интеллекта, ситуационного подхода и ситуационного моделирования. Авторами представляются результаты моделирования для построения и обеспечения актуализации автоматизированных систем управления (АСУ) экологической безопасностью как составляющих общей интеллектуальной сети управления функциями региона. Обобщенная модель схематично показана на рисунке 1.

Выделены следующие основные компоненты: объект управления (состояние экологической безопасности региона); управляющая система, формирующая управленческие решения Y (в подсистеме принятия решений) и реализующая управляющие воздействия U (на уровне исполнительной подсистемы); интеллектуальные подсистемы мониторинга и поддержки принятия решений; X – параметры состояния объекта управления; Y – множество входных параметров управляющей системы, обеспечивающие поддержку принятия решений (Y' – обработанные данные интеллектуального мониторинга, Y'' – результаты интеллектуального анализа данных, Y''' – модели); Y'' – выбранные управляющие воздействия, изменения в параметрах территории и т.п.; C – параметры обратной связи в системе; Q – параметры влияния внешней среды.

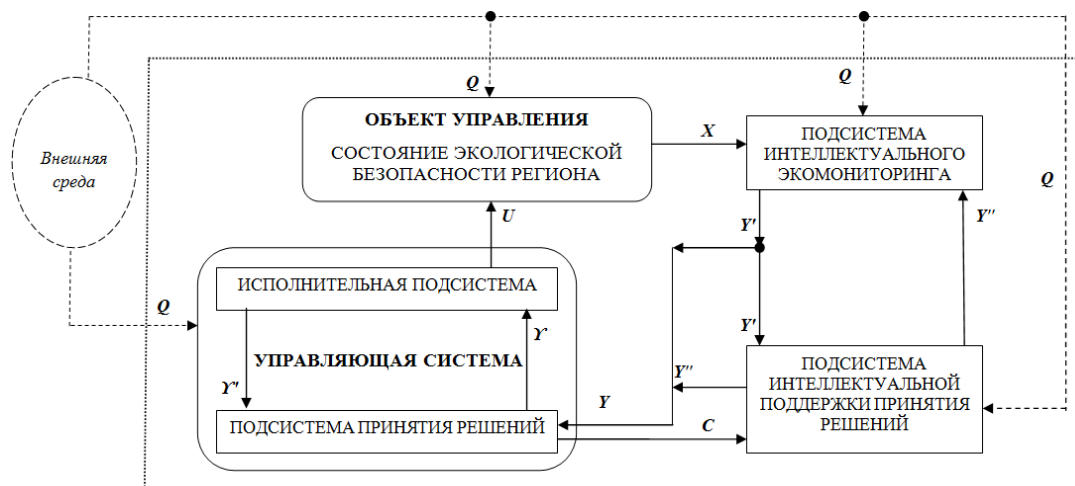


Рис. 1. Схематичное представление модели АСУ экологической безопасностью региона

К подсистемам, актуализирующим интеллектуальный мониторинг и интеллектуальную поддержку принятия решений, предъявляются требования гибкости, связанной с обеспечением возможности модернизации с учетом новых условий формирования состояния биотехносферы территории региона, изменений в механизмах управления и др. Подсистема мониторинга наделяется как традиционными функциями автоматизированного сбора и обработки данных, аналогично современным системам мониторинга, так и следующими интеллектуальными функциями: комплексная модельная оценка состояния биотехносферы и экологической ситуации и оперативный предварительный прогноз их динамики без реализации управляющих воздействий, которые обеспечивают интеллектуализацию процесса мониторинга и являются первичным базисом для оперативной выработки результативных управляющих воздействий. Для реализации данных функций необходимо снабжение подсистемы мониторинга адекватными моделями оценки и прогнозирования, формируемыми в подсистеме интеллектуальной поддержки принятия решений. Данный компонент автоматизированной системы управления реализует определенный набор функций, который определяет его структуру, как это показано на рисунке 2, где состояние подсистем обозначены составляющими множества R (R_{11} характеризует состояние подсистемы сбора и обработки данных, R_{12} и R_{13} – подсистем предварительной оценки и предварительного прогнозирования). База знаний (R_{21}) реализует такие функции, как накопление и хранение данных и моделей, формирование правил использования данных и моделей; подсистема моделирования и программирования (R_{22}) – формирование моделей (математических, информационных, ситуационных) для осуществления оценок и прогнозов различного уровня, их программная реализация; подсистема интеллектуального анализа и формирования сценариев управления (R_{23}) – прогнозирование развития экологической ситуации при реализации различных управляющих воздействий; формирование альтернативных сценариев управления; комплексная оценка результатов реализации управляющих воздействий; формирование рекомендаций по наиболее рациональному управлению. Т.о., при взаимодействии выделенных интеллектуальных подсистем АСУ данные наблюдений непосредственно трансформируются в сценарии управления с оценкой их результативности.

Функции, которыми наделяется моделируемые подсистемы, соответствующие взаимосвязи и взаимодействия их элементов, при актуализации которых возникают новые свойства АСУ, определяют целостность и эмерджентность системы и ее основных компонентов.

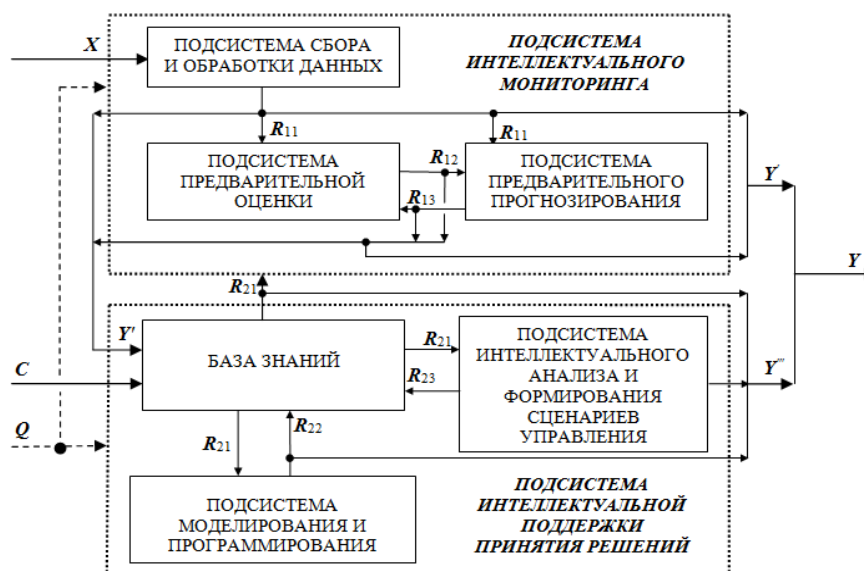


Рис. 2. Структурная схема взаимодействующих компонентов АСУ, актуализирующих интеллектуальный мониторинг и интеллектуальную поддержку принятия решений

Ключевой объект при реализации ситуационного подхода в управлении экологической безопасностью регионов – экологическая ситуация, которая определена как пространственно-временная оценка (анализ, обобщение) совокупности характеристик объектов биотехносферы территории региона и связей между ними. Исходя из общих принципов ситуационного моделирования [3], введем понятие текущей экологической ситуации ($EcSit^{act}$), определяемой в данный момент времени, и полной экологической ситуации ($EcSit^{full}$) как совокупности, состоящей из $EcSit^{act}$, знаний о состоянии системы управления в данный момент времени, знаний о механизмах и технологиях управления. Элементарный акт управления может быть представлен следующим логико-трансформационным правилом:

$$EcSit_i^{full} : EcSit_j^{act} \xrightarrow{U_k} EcSit_i^{act}, \quad (1)$$

где U_k – k -ое управляющее воздействие из множества U (см. рисунок 1), $k = \overline{1, K}$ (K – число вариантов управления).

Традиционно оценка экологической ситуации осуществляется на основании оценки негативных последствий для природных ландшафтов и здоровья населения. Авторами предлагается использовать другой подход: комплексная оценка экологической ситуации, как с точки зрения возможности возникновения экологически опасных зон, так и необходимости реализации управленческих решений различного уровня (кратко-, средне- и долгосрочных). Разработан метод комплексной оценки текущей и прогнозной экологической ситуации на территориях региона различного вида и назначения (на основе синтеза аппарата нечеткой логики и ГИС технологий). Построен алгоритм, реализующий разработанный метод, а также алгоритм, актуализирующий на данной основе формирование сценариев управления с обеспечением регулирования экологической ситуации до состояния «благоприятная», при этом оценивается результативность управляющих воздействий, реализация которых не будет вызывать противоречивый эффект в изменении качества отдельных компонентов биотехносферы.

Литература

1. Иващук, О.А. Моделирование в системах экомониторинга, прогнозирования и управления экологической ситуацией на территориях жилой застройки: монография [Текст]/ О.А. Иващук, И.С. Константинов, О.Д. Иващук. – Белгород : ИД «Белгород» НИУ «БелГУ», 2015. – 104 с.

2. Igor Konstantinov Approaches to Creating Environment Safety Automation Control System of the Industrial Complex / Igor Konstantinov, Olga Ivashchuk // Proceedings of the 2013 IEEE 7th International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems (IDAACS) September 12-14, 2013, Berlin, Germany, Volume 2. P. 828-832.
3. Поспелов, Д.А. Ситуационное управление: теория и практика. [Текст]/ Д.А. Поспелов. – М.: Наука. – Гл. ред. Физ.-мат. лит., 1986. – 288 с.

Кулик Б.А.¹, Фридман А.Я.²

УНИФИКАЦИЯ МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ И ЗНАНИЙ РАЗЛИЧНОЙ ПРИРОДЫ

¹ Санкт-Петербург. Институт проблем машиноведения РАН

² Апатиты, Институт информатики и математического моделирования КНЦ РАН

Аннотация. Рассматриваются комбинированные методы представления и обработки неоднородной информации, когда атрибуты имеют различную природу (детерминированную или с разными видами неопределенности). Обсуждаются возможности решения этой проблемы на основе обобщенной теории отношений, выраженной с помощью структур и методов алгебры кортежей. Исследуются комбинированные структуры алгебры кортежей с детерминированными и вероятностными атрибутами.

Введение

Потребность в интеграции разнообразных моделей при обработке данных и знаний все больше возрастает в связи с необходимостью улучшения когнитивных и объяснительных возможностей прикладных систем искусственного интеллекта. Поэтому нужен математический аппарат для унификации средств представления и методов обработки данных и знаний, позволяющий эффективно и единообразно программировать процедуры различных видов логико-семантического (дедуктивного и недедуктивного) анализа информации наряду с использованием математического моделирования, включая числовые методы обработки и анализа информации.

В интеллектуальных системах исходные данные не всегда точно определены, что выражается в виде: интервальных оценок, перечня возможных вариантов, гипотетических или вероятностных утверждений и т.д. Для решения данной задачи предлагается математический аппарат алгебры кортежей (АК), с помощью которой, как показали исследования при участии авторов, можно представить следующие структуры данных и знаний [1, 2]:

- 1) графы и сети;
- 2) формулы исчисления высказываний и предикатов;
- 3) системы искусственного интеллекта (семантические сети, экспертные системы, фреймы, онтологии, формальный анализ понятий);
- 4) логико-вероятностные методы, включая вероятностную логику;
- 5) дискретные автоматы;
- 6) задача программирования в ограничениях.

В [3] показана возможность использования структур АК для моделирования нечетких множеств и отношений. В работах [4, 5] рассматриваются возможности алгебры кортежей применительно к анализу таких видов рассуждений, в которых обычно рекомендуется применять неклассические логики. К ним, в частности, относятся:

- 1) анализ гипотез и абдуктивных заключений;
- 2) моделирование и анализ рассуждений, где применяются немонотонные логики;
- 3) моделирование рассуждений, в которых применяются модальные логики;
- 4) моделирование ситуаций, когда неопределенность переменных (атрибутов) задана диапазонами, интервалами или перечисляемыми вариантами значений.

Такое многообразие воплощений одной и той же математической системы объясняется следующими ее свойствами: 1) алгебра кортежей моделирует обобщенную теорию многоместных отношений, а отношения, как известно, лежат в основе разнообразных

структур данных и знаний; 2) алгебра кортежей изоморфна алгебре множеств, т.е. соответствует основополагающим законам классической логики. Совмещение этих свойств в одной системе позволяет выявить новые связи между различными системами. Эти связи трудно было заметить в силу исторически сложившихся различий в основаниях таких математических систем как теория отношений, исчисление высказываний и предикатов, алгебра множеств и алгебра логики.

Комбинированные АК-объекты с вероятностными атрибутами

В логико-вероятностных моделях на основе АК рассматриваются системы, у которых все атрибуты вероятностные [6]. Рассмотрим, особенности **комбинированных систем**, у которых наряду с вероятностными имеются детерминированные атрибуты. Вероятностные атрибуты содержат компоненты, состоящие из конечного числа элементов или интервалов, и все операции и сравнения для них соответствуют законам алгебры множеств. Поэтому разница между вероятностными и детерминированными атрибутами заключается лишь в том, что для вероятностных атрибутов заданы (или могут быть вычислены) вероятности элементов или элементарных интервалов, а для детерминированных атрибутов их значение при определенных условиях считается достоверным, т.е. с заданной вероятностью 1. Примером такой системы может быть совокупность правил следующего типа:

$$\text{Если } (x_1 = A_1) \& \dots \& (x_i = A_i) \& \dots \& (x_n = A_n), \text{ то } y = B, \quad (1)$$

где x_i, y – переменные, A_i, B – подмножества области значений соответствующей переменной. Например, если в равенстве $x_i = A_i$ правая часть есть $A_i = \{a, b\}$, то оно равносильно выражению « $x_i = a$ или $x_i = b$ ». В antecedенте и заключении правил допускаются как вероятностные, так и достоверные значения.

Сами правила также могут иметь некоторую вероятностную оценку. Тогда, используя логико-вероятностные методы на основе АК [6], можно получить формулу для вероятности правила в зависимости от вероятностей значений входящих в правило переменных (атрибутов). Пусть $P(R_1)$ – вероятностная оценка правила (1) и $P(x_i = A_i)$, $P(y = B)$ – вероятности вхождений соответствующих значений переменных. Тогда

$$P(R_1) = 1 - (1 - P(y = B)) \prod_{i=1}^n P(x_i = A_i). \quad (2)$$

Применяя соотношение (2) для совокупности правил, возможно решать не только прямую задачу (вычисление вероятностной оценки правил), но и обратную [6] – нахождение вероятностей значений переменных при заданных вероятностных оценках правил.

Работа частично поддержана грантами РФФИ (проекты №№ 14-07-00256-а, 14-07-00257-а, 15-07-04760-а, 15-07-02757-а).

Литература

1. Кулик, Б.А., Зуенко, А.А., Фридман, А.Я. Алгебраический подход к интеллектуальной обработке данных и знаний / Б.А.Кулик, А.А.Зуенко, А.Я.Фридман – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2010. - 235 с.
2. Зуенко, А.А. Решение задач удовлетворения ограничений с применением матричного представления конечных предикатов / А.А. Зуенко // Искусственный интеллект и принятие решений. - 2014. - № 3. - С. 21-31.
3. Зуенко, А.А., Кулик, Б.А., Фридман, А.Я. Реализация комбинированных методов логико-семантического анализа с использованием алгебры кортежей./ А.А.Зуенко, Б.А. Кулик, А.Я. Фридман // Тринадцатая национальная конференция по искусственному интеллекту с международным участием (16-20 октября 2012 г., г. Белгород, Россия): Труды конференции. Т. 2. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2012. - С. 67-75.
4. Кулик, Б.А., Фридман, А.Я. Представление и анализ неопределенностей в знаниях на основе классического подхода в логике / Б.А.Кулик, А.Я. Фридман // Анализ, моделирование, управление, развитие социально-экономических систем: сборник

научных трудов IX Международной школы-симпозиума АМУР-2015, Севастополь, 12-21 сентября 2015. – Симферополь: КФУ имени В.И. Вернадского, 2015. - С. 185-191.

5. Kulik, B.A., Fridman, A.Ya. Logical Analysis of Data and Knowledge with Uncertainties in SEMS. // Studies in Systems, Decision and Control, Vol. 49, Andrey E. Gorodetskiy (Eds): Smart Electromechanical Systems. Springer International Publishing Switzerland, 2016. eBook ISBN 978-3-319-27547-5, DOI 10.1007/978-3-319-27547-5_5. PP. 45-59.
6. Кулик, Б.А. Вероятностная логика на основе алгебры кортежей / Б.А. Кулик // Изв. РАН. ТиСУ. - 2007. - № 1. - С. 118-127.

Левитин Е.С.

ПОИСК ДОПУСТИМЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ДЛЯ РЯДА ДЕТЕРМИНИРОВАННЫХ ПРОБЛЕМ МАТЕМАТИКИ И СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА: РЕДУКЦИЯ К БАЗОВЫМ ЗАДАЧАМ ГЛОБАЛЬНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ

Москва, Институт системного анализа ФИЦ «Информатика и управление» РАН

Аннотация. Показано, как поиск допустимых элементов для некоторого множества в детерминированных условиях свести к глобальной минимизации невязки в выполнении всех условий допустимости. Рассмотрены случаи, когда возникающая задача минимизации относится к т.н. базовой задаче глобальной оптимизации [1].

1. Проблема допустимости: поиск допустимых элементов множества

Пусть X – некоторое абстрактное множество, Q – искомое подмножество X , элементы которого удовлетворяют некоторой совокупности детерминированных свойств (Условие C); в дальнейшем множество Q будем называть *допустимым*.

Проблема допустимости: выяснить, является ли допустимое множество непустым, и если это – так, найти элемент $x_0 \in Q$.

подавляющее большинство детерминированных проблем из теоретических и прикладных разделов математики, а также математических детерминированных проблем системного анализа состоит в поиске допустимого элемента x_0 для того или иного Условия C . Такой элемент x_0 называется *решением исследуемой проблемы*. Заметим, что именно возможность дать строгое формальное определение искомого решения превращает исследуемую проблему в математическую задачу. Если, например, на множестве X ищут решение операторного уравнения $P(x) = b$, где P – некоторый оператор из X в множество Y , $b \in Y$, то Условие C и состоит в нахождении одного из решений системы соотношений $x \in X$, $P(x) = b$. В таком виде можно записать большинство классических задач математики – решение линейных и нелинейных алгебраических уравнений, обыкновенных дифференциальных уравнений, уравнений в частных производных и т.д. Очень часто допустимое множество Q задаётся посредством конечной системы неравенств и уравнений, т.е. Q имеет следующий вид:

$$Q = \{x \in X: f_i(x) \leq 0 \ (i \in I), g_j(x) = 0 \ (j \in J)\}. \quad (1)$$

где I и J – конечные множества индексов, $f_i \ (i \in I)$ и $g_j \ (j \in J)$ – вещественные функционалы, заданные на X . В т.н. параметрических проблемах системного анализа множество состояний рассматриваемой системы зависит от векторного параметра $w \in W$ и задаётся следующей параметрической системой неравенств и уравнений: $f_i(x, w) \leq 0 \ (i \in I)$, $g_j(x, w) = 0 \ (j \in J)$, где I и J – конечные множества индексов. Обозначим

$$Q(w) = \{x \in X: f_i(x, w) \leq 0 \ (i \in I) \text{ и } g_j(x, w) = 0 \ (j \in J)\}. \quad (1a)$$

Тогда проблема допустимости состоит в поиске таких векторов $w_0 \in W$, $x_0 \in X$, что множество $Q(w_0)$ не пусто и $x_0 \in Q(w_0)$.

2. Поиск неподвижной точки для одного и пары многозначных отображений

Ряд типовых задач математики эквивалентно нахождению неподвижных точек однозначного оператора или многозначного отображения. В математических проблемах

системного анализа таким неподвижным точкам соответствуют равновесные состояния сложных систем.

Математическая постановка задачи поиска неподвижной точки многозначного отображения Φ , действующего из множества X в множество 2^X , как известно [2], состоит в том, чтобы найти элемент $x_0 \in X$, для которого $x_0 \in \Phi(x_0)$. Один из важных для приложений случаев задания многозначного отображения Φ имеем, когда

$$\Phi(x) = \{z \in X : F_i(x, z) \leq 0 (i \in I), G_j(x, z) = 0 (j \in J)\}, \quad (2)$$

где $F_i(x, z)$ ($i \in I$), и $G_j(x, z)$ ($j \in J$) – вещественные функционалы, заданные на декартовом произведении $X \times X$. В этом случае условия $x \in X$, $x \in \Phi(x)$, очевидно, эквивалентны тому, что $x \in Q$, где множество Q имеет вид (1) с функциями $f_i(x) = F_i(x, x)$, $g_j(x) = G_j(x, x)$. Поэтому при задании отображения Φ в виде (2) поиск неподвижной точки Φ – это весьма специальный класс задач нахождения допустимого элемента для множества Q , заданного в виде (1).

В ряде задач требуется найти неподвижную точку для пары многозначных отображений. Пусть U, V – два абстрактных множества, X – некоторое подмножество в декартовом произведении $U \times V$, Φ_1 – многозначное отображение из U в множество 2^V , Φ_2 – многозначное отображение из V в множество 2^U . Пара $x_0 = (u_0, v_0) \in X$ называется *неподвижной точкой для пары отображений* Φ_1, Φ_2 , если $u_0 \in \Phi_2(v_0)$, $v_0 \in \Phi_1(u_0)$.

Заметим, что если $X = U \times V$, то, положив $\Phi(u, v) = \{(y, z) \in X : y \in \Phi_2(v), z \in \Phi_1(u)\}$, поиск неподвижной точки для пары отображений Φ_1, Φ_2 можно, очевидно, свести к нахождению неподвижной точки для одного отображения Φ .

В системном анализе часто возникают проблемы прогнозно-планового типа [3], в которых необходимо одновременно найти плановый вектор u и прогнозный вектор v экзогенных параметров. Пусть X – множество, формализующее совместные ограничения на прогноз и план, $\Phi_1(u)$ – множество возможных значений для прогноза v при заданном плане $u \in U$, $\Phi_2(v_0)$ – множество возможных значений для плана u при заданном прогнозе $v \in V$. Тогда требования согласовать между собой прогноз и план, в общем случае зависящие друг от друга, приводят к поиску неподвижной точки отображений Φ_1, Φ_2 .

3. Задача обратной оптимизации как проблема допустимости

Данная проблема состоит в следующем. Рассматривается параметрическая оптимизационная задача с векторным параметром $w \in W$:

$$f_0(x, w) \rightarrow \min, x \in Q(w), \quad (3)$$

где множество $Q(w)$ имеет вид (1a). Далее, пусть $m(w) = \min\{f_0(x, w) : x \in Q(w)\}$ – функция параметрического минимума для оптимизационной задачи (3),

$$M_0(w) = \text{Argmin}\{f_0(x, w) : x \in Q(w)\} = \{x \in Q(w) : f_0(x, w) - m(w) \leq 0\}.$$

Требуется найти такие $w_0 \in W$ и $x_0 \in M_0(w)$, что элемент x_0 удовлетворяет дополнительным условиям: $x_0 \in D$, где $D \subset X$ (*задача обратной оптимизации* [4]).

По определению функции $m(\bullet)$, $f_0(x, w) - m(w) \geq 0$ для любых $w \in W$, $x \in Q(w)$. Поэтому очевидно, что этой задаче соответствует проблема допустимости с множеством

$$G = \{(x, w) \in W \times X : x \in Q(w), f_0(x, w) - m(w) \leq 0, x \in D\}. \quad (4)$$

4. Функционал невязки для выполнения заданного Условия С

В большинстве детерминированных математических проблем совокупность свойств, составляющих Условие С, допускает аналитическое описание в явной или неявной форме. В подобных случаях на множестве X (т.е. для любого элемента из X) удаётся дать количественную оценку для интегральной меры нарушения Условия С, что приводит к понятию «*функционал невязки или функция нарушения $\Delta(\bullet)$ для выполнения Условия С*».

А именно, *функционалом невязки или функцией нарушения допустимости* называется такой определённый на множестве X вещественный функционал $\Delta(\bullet)$, что $\Delta(\bullet) \geq 0 \forall x \in X$, причём $\Delta(x) = 0$ тогда и только тогда, когда $x \in Q$.

Если Условие С эквивалентно одновременному выполнению Условий $C_1, C_2, \dots, C_K$, причём $\Delta_k(\bullet)$ – функционал невязки для Условия C_k ($k = 1, \dots, K$), то $\Delta(\bullet) = \Delta_1(\bullet) + \dots + \Delta_K(\bullet)$ – функционал невязки для Условия С.

Покажем, как можно построить функцию нарушения допустимости для множеств Q или $Q(w)$, заданных в виде (1) или (1а), а также для допустимых множеств, соответствующих неподвижным точкам многозначного отображения Φ , заданного в виде (2) или решениям задач обратной оптимизации (поиск элементов из множества G , заданного в виде (4)). Для множества Q , заданного в виде (1), для любого элемента x из множества X можно положить

$$\Delta(x) = \sum_{i \in I} f_i^+(x) + \sum_{j \in J} |g_j(x)|, \text{ где } f_i^+(x) = \max\{f_i, 0\}.$$

Пусть параметрическое множество $Q(w)$ задано в виде (1а) и ищутся элементы $w_0 \in W$, $x_0 \in X$ такие, что множество $Q(w_0)$ не пусто и $x_0 \in Q(w_0)$. Другими словами, ищется пара $\{w_0, x_0\} \in \text{gr. } Q(\bullet)$, где $\text{gr. } Q(\bullet)$ – график многозначного отображения $Q(\bullet)$. Тогда функцию нарушения ограничений $\{w, x\} \in \text{gr. } Q(\bullet)$ следует строить на множестве $W \times X$, полагая

$$\Delta_{\text{gr. } Q(\bullet)}(w, x) = \sum_{i \in I} f_i^+(w, x) + \sum_{j \in J} |g_j(w, x)|.$$

Но можно рассмотреть функцию нарушения $\Delta_H(\bullet)$ и для множества

$$H = \{x \in X: \exists w \in W \text{ такое, что } x \in Q(w)\},$$

если положить

$$\Delta_H(x) = \min\left\{ \sum_{i \in I} f_i^+(w, x) + \sum_{j \in J} |g_j(w, x)| : w \in W \right\}.$$

Для поиска неподвижной точки многозначного отображения Φ , заданного в виде (2), естественно в качестве функции нарушения выбрать

$$\Delta(x) = \sum_{i \in I} F_i^+(x, x) + \sum_{j \in J} |G_j(x, x)|.$$

Наконец, пусть допустимое множество – это совокупность решений задачи обратной оптимизации, определённой условиями (3) и (4), причём $\Delta_{\text{gr. } Q(\bullet)}(w, x)$ – функция нарушения для ограничений $x \in Q(w)$, например, $\Delta_{\text{gr. } Q(\bullet)}(w, x) = \sum_{i \in I} f_i^+(w, x) + \sum_{j \in J} |g_j(w, x)|$, а $\Delta_D(\bullet)$ – функция нарушения для ограничения $x \in D$. Тогда для проблемы допустимости с множеством G , заданном в виде (4), функцию нарушения целесообразно строить на множестве пар $\{w, x\} \in W \times X$, полагая

$$\Delta_G(w, x) = \Delta_{\text{gr. } Q(\bullet)}(w, x) + (f_0(x, w) - m(w))^+ + \Delta_D(x).$$

5. Эквивалентность проблемы допустимости решению задачи глобальной минимизации невязки

Ниже элементарно показывается, что проблема допустимости как в теоретическом, так и в алгоритмическом плане редуцируется к задаче глобальной минимизации функции нарушения, если эту функцию удастся построить. Именно в этом факте заключается особая важность и для математики, и для её приложений разработки эффективных методов глобальной оптимизации.

Пусть $\Delta_Q(\bullet)$ – некоторая функция нарушения допустимости для множества Q . Если Q – непусто, то из определения функционала невязки непосредственно вытекает, что

$$\min\{\Delta_Q(x) : x \in X\} = 0 \text{ и } Q = \{x \in X : \Delta_Q(x) = 0\} = \text{Argmin}\{\Delta_Q(x) : x \in X\}.$$

Поэтому поиск допустимых элементов $x \in Q$, эквивалентен решению задачи глобальной минимизации функционала невязки на множестве X :

$$\Delta_Q(x) \rightarrow \min, x \in X. \quad (5)$$

Ниже предполагается, что множество оптимальных решений Задачи (4) не пусто.

Построение функционала невязки для допустимого множества Q позволяет дать, наряду с точным, понятие δ -приближённого допустимого элемента с функционалом невязки $\Delta_Q(\bullet)$ как элемента $x \in X$, для которого $\Delta_Q(x) \leq \delta$. Множество δ -приближённых допустимых элементов с функционалом невязки $\Delta_Q(\bullet)$ обозначим $Q_\delta(\Delta_Q(\bullet))$. Это множество зависит от выбора функционала невязки, но при любом выборе $\Delta_Q(\bullet)$ если $Q_0(\Delta_Q(\bullet))$ не пусто, то множество Q также не пусто и совпадает с множеством $Q_0(\Delta_Q(\bullet))$. Если же допустимое множество Q пусто, то обычно ищут $x_0 \in X$, для которого требуется Условие С в некотором смысле меньше всего нарушается. Функционал невязки как раз и формализует этот смысл.

Действительно, если $\delta_0 = \min\{\Delta_Q(x) : x \in X\}$, т.е. δ_0 – минимальное положительное число, при котором множество $Q_{\delta_0}(\Delta_Q(\bullet))$ не пусто, то при пустоте допустимого множества Q элемент $x_0 \in Q_{\delta_0}(\Delta_Q(\bullet))$ естественно назвать **обобщённым решением проблемы допустимости с функционалом невязки $\Delta_Q(\bullet)$** .

В большинстве сложных случаев, связанных с решением проблемы допустимости, заранее не известно, пусто или не пусто допустимое множество Q . Поэтому особенно важен следующий факт: при любом выборе функционала невязки на множестве X решение Задачи (5) глобальной оптимизации позволяет утверждать, что если её оптимальное значение равно нулю, то допустимое множество Q не пусто и множество $\text{Argmin}\{\Delta_Q(x) : x \in X\}$ совпадает с Q . В противном случае, т.е. когда $\min\{\Delta_Q(x) : x \in X\} > 0$, множество $\text{Argmin}\{\Delta_Q(x) : x \in X\}$ совпадает с **множеством обобщённых решений** проблемы допустимости с функционалом невязки $\Delta_Q(\bullet)$.

6. Редукция проблемы допустимости к базовой задаче глобальной оптимизации

Оказывается, что к решению базовой задачи глобальной оптимизации можно свести любую невыпуклую проблему допустимости в евклидовом пространстве R^n , в которой множество X выпукло в R^n и выполнены следующие условия:

1. каждая невыпуклая функция f_i ($i \in I$) получена из конечного числа выпуклых функций на X с помощью таких основных невыпуклых операций над ними, как разность двух выпуклых функций, сумма произведений различных пар выпуклых функций и минимум конечного числа выпуклых функций;

2. каждая функция g_j ($j \in J$) является произвольной квадратичной функцией в R^n .

Сказанное означает, что в задании (1) допустимого множества Q на выпуклом множестве X каждая вещественная функция f_i ($i \in I$) и функция g_j ($j \in J$) имеют следующий вид:

$$f_i(x) = \{\varphi_{i1}(x) - \varphi_{i2}(x)\} + \left\{ \sum_{k \in K_i} \psi_{ik1}(x) \psi_{ik2}(x) \right\} + \{\min_{l \in L_i} \omega_{il}(x)\} \quad (i \in I), \quad g_j(x) = (A^{(j)}x, x) + (b^{(j)}, x) + d_j,$$

где $\varphi_{i1}(\bullet)$, $\varphi_{i2}(\bullet)$, $\psi_{ik1}(\bullet)$, $\psi_{ik2}(\bullet)$ ($k \in K_i$), $\omega_{il}(\bullet)$ ($l \in L_i$) – выпуклые функции на множестве X , причём для пары функций $\psi_{ik1}(\bullet)$, $\psi_{ik2}(\bullet)$ при каждом $k \in K_i$ либо одна из этих функций является аффинной, либо обе они неотрицательны на X , $A^{(j)}$ – квадратная матрица порядка $n \times n$, $b^{(j)} \in R^n$, $d_j \in R^1$.

Литература

1. Левитин, Е.С. О базовой задаче и важнейших редукциях к ней при приближённом поиске глобального минимума методом ветвей и границ. / Е.С. Левитин //IX Всероссийская школа-семинар «Прикладные проблемы управления макросистемами» (материалы докладов). - Апатиты: ККНЦ РАН, 2012. - С. 33-34.

2. Макаров, В.Л., Рубинов, А.М. Экономическая теория экономической динамики и равновесия. / В.Л.Макаров, А.М. Рубинов - М., «Наука», 1973. – 338 с.
3. Левитин, Е.С. Об индивидуальном выборе решений в проблемах прогнозно-планового типа. / Е.С. Левитин // Анализ, моделирование, управление, развитие социально-экономических систем: сборник научных трудов IX Международной школы-симпозиума АМУР-2015, Севастополь, 12-21 сентября 2015. - Симферополь, Изд-во КФУ имени В.И. Вернадского, 2015. - С. 201-208.
4. Обратные задачи математического программирования (Сборник статей). – М: Вычислительный Центр РАН, 1992. - 156 с.

Левитин Е.С.

ПОИСК В БЕСКОАЛИЦИОННОЙ ИГРЕ К ЛИЦ СИТУАЦИЙ, ОДНОВРЕМЕННО ОПТИМАЛЬНЫХ (ТОЧНО ИЛИ ПРИБЛИЖЁННО) И ПО ПАРЕТО, И ПО НЭШУ НА ОСНОВЕ РЕДУКЦИИ К БАЗОВОЙ ЗАДАЧЕ ГЛОБАЛЬНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ

Москва, Институт системного анализа ФИЦ «Информатика и управление» РАН

Аннотация. Для одной из важнейших проблем выбора решения в условиях конфликта – бескоалиционной игре нескольких лиц – предложена формализация поиска стратегии, которая одновременно была бы точно или приближённо оптимальной и по Парето, и по Нэшу (решение этой проблемы в настоящее время неизвестно). При выпуклости исходных данных рассматриваемая формализация позволяет осуществить редукцию точного или приближённого искомого поиска к базовой задаче глобальной оптимизации.

1. О бескоалиционной игре нескольких лиц и связанных с ней понятиях «оптимальность по Парето» и «оптимальность по Нэшу»

Напомним математическое описание бескоалиционной игры K лиц с не противоположными интересами при наличии как локальных, так и общих (связывающих) ограничений на стратегии игроков. Кратко это можно сделать в следующем виде. У каждого игрока с номером k , где $k = 1, \dots, K$, известно множество X_k его собственных стратегий (X_k – подмножество в евклидовом пространстве R^{n_k}). Пусть X – евклидово произведение множеств $X_1, \dots, X_K$. Набор $x = (x^{(1)}, \dots, x^{(K)}) \in X \subset R^n$, $n = n_1 + \dots + n_K$, который составлен из стратегий всех игроков, называется *ситуацией* в игре. Кроме локальных ограничений $x^{(k)} \in X_k$ на стратегию каждого игрока, часто имеется и ограничение общего вида, связывающее между собой стратегии различных игроков: $x = (x^{(1)}, \dots, x^{(K)}) \in G \subset X$. Ситуации, удовлетворяющие этому ограничению, называются *допустимыми*. На множестве допустимых ситуаций игрок с номером k стремится максимизировать функцию $f_k(x^{(1)}, \dots, x^{(K)})$ своего выигрыша. Так как максимизация любой функции f на некотором множестве эквивалентна минимизации функции $(-f)$ на этом множестве, то всегда можно считать, что каждый игрок стремится минимизировать свою целевую функцию, что ниже мы и будем делать.

Для бескоалиционной игры K лиц с не противоположными интересами имеется ряд понятий оптимальности, каждое из которых имеет свои существенные достоинства и недостатки. Ниже рассматриваются два из них – оптимальность по Парето и по Нэшу.

Допустимая ситуация $\hat{x} = (\hat{x}^{(1)}, \hat{x}^{(2)}, \dots, \hat{x}^{(K)}) \in G$ всех игроков называется *оптимальной* (или *равновесной*) *по Парето*, если не существует другой допустимой ситуации $\tilde{x} = (\tilde{x}^{(1)}, \tilde{x}^{(2)}, \dots, \tilde{x}^{(K)})$, для которой $f_k(\tilde{x}^{(1)}, \tilde{x}^{(2)}, \dots, \tilde{x}^{(K)}) \leq f_k(\hat{x}^{(1)}, \hat{x}^{(2)}, \dots, \hat{x}^{(K)})$ при всех $k = 1, \dots, K$, причём хотя бы одно из этих неравенств является строгим. Множество всех ситуаций, оптимальных по Парето, обозначим $\text{Par}(\{f_k\}_{k=1, \dots, K}, G)$.

Для каждого $x = (x^{(1)}, \dots, x^{(K)}) \in G$ и номера k обозначим $Z_k(\{x^{(l)}\}_{1 \leq l \leq K, l \neq k})$ множество таких векторов $z^{(k)} \in X_k$, что $x = (x^{(1)}, \dots, x^{(k-1)}, z^{(k)}, x^{(k+1)}, \dots, x^{(K)}) \in G$. Допустимая ситуация

$\hat{x} = (\hat{x}^{(1)}, \hat{x}^{(2)}, \dots, \hat{x}^{(K)}) \in G$ всех игроков называется *оптимальной* (или *равновесной*) по Нэшу, если при каждом фиксированном $k = 1, \dots, K$ вектор $\hat{x}^{(k)}$ доставляет минимум функции $f_k(\hat{x}^{(1)}, \dots, z^{(k)}, \dots, \hat{x}^{(N)})$ по переменным $z^{(k)} \in Z_k(\{\hat{x}^{(l)}\}_{1 \leq l \leq K, l \neq k})$, т.е. если

$$f_k(\hat{x}^{(1)}, \hat{x}^{(2)}, \dots, \hat{x}^{(K)}) = \min \{f_k(\hat{x}^{(1)}, \dots, z^{(k)}, \dots, \hat{x}^{(K)}): z^{(k)} \in Z_k(\{\hat{x}^{(l)}\}_{1 \leq l \leq K, l \neq k})\}.$$

Множество всех ситуаций, оптимальных по Нэшу, обозначим $\text{Nash}(\{f_k\}_{k=1, \dots, K}, G)$.

Равновесная стратегия $\hat{x} = (\hat{x}^{(1)}, \hat{x}^{(2)}, \dots, \hat{x}^{(K)})$ «устраивает» всех участников в следующем смысле: если все игроки, кроме любого одного, для определённости, – k -го игрока, выбрали в качестве своей стратегии векторы $\hat{x}^{(l)}$ ($1 \leq l \leq K, l \neq k$), то k -ый игрок может лишь проиграть, выбрав свою допустимую стратегию, отличную от вектора $\hat{x}^{(k)}$ (в этом определении важно, чтобы все игроки честно выполняли взятое на себя обязательство придерживаться равновесной стратегии; если, например, по меньшей мере, два участника решили нарушить эту договорённость, тайно образовав коалицию, и выбрали при этом другие стратегии, то они могут при этом увеличить свой выигрыш). Поэтому чтобы не стимулировать каких-то участников к нарушению равновесной стратегии, необходимо разрабатывать эффективные механизмы весьма серьёзных штрафных санкций. Ведь после выбора игроками своих стратегий они становятся известны всем другим участникам, поэтому нарушители соглашения не сумеют скрыть свой обман. Без таких механизмов выбор всеми без исключений участниками равновесной стратегии остаётся очень сомнительным.

2. Вербальная постановка проблемы

Ситуация, оптимальная по Парето, но не оптимальная (равновесная) по Нэшу, явно не является удовлетворительной, так как один из игроков может попытаться улучшить свою целевую функцию при сохранении остальными игроками своих стратегий. Далее, ситуация, оптимальная (равновесная) по Нэшу, но не обладающая оптимальностью по Парето, также уязвима для реализации, так как если игроки могут хоть в чём-то действовать совместно, то это открывает им возможность, найдя одну из ситуаций, оптимальных по Парето, улучшить свои целевые функции. Поэтому актуален поиск допустимой ситуации (если она существует!), одновременно являющейся оптимальной и по Парето, и по Нэшу. Если такой ситуации не существует, то естественно искать *обобщённое решение* рассматриваемой проблемы, т.е. такую допустимую ситуацию, для которой нарушение условия одновременной оптимальности и по Парето, и по Нэшу в каком-то смысле является минимальным.

3. Построение функции нарушения условий оптимальности по Парето и по Нэшу в допустимой ситуации и задача глобальной минимизации функции нарушения

Для любого $\varepsilon \in (0, 1)$ обозначим $S_\varepsilon = \{w \in R^K : w_k \geq \varepsilon, \sum_{k=1, \dots, K} w_k = 1\}$ и пусть функция

$$m(w) = \min \left\{ \sum_{k=1, \dots, K} w_k f_k(z) : z = (z^{(1)}, \dots, z^{(K)}) \in G \right\} \quad \forall w \in S_\varepsilon. \quad (1)$$

Далее, для любых $x = (x^{(1)}, \dots, x^{(K)}) \in G$, $\varepsilon \in (0, 1)$ положим

$$\Delta_{\text{par.}}(\varepsilon, x) = \min \left\{ \sum_{k=1, \dots, K} w_k f_k(x) - m(w) : w \in S_\varepsilon \right\}. \quad (2)$$

Неотрицательный функционал $\Delta_{\text{par.}}(\varepsilon, \cdot)$ будем называть *функцией невязки* или *нарушения* в выполнении условия оптимальности по Парето при данном $\varepsilon \in (0, 1)$, так как если $x = (x^{(1)}, \dots, x^{(K)}) \in G$ и $\Delta_{\text{par.}}(\varepsilon, x) = 0$, то допустимая ситуация x является оптимальной по Парето. Более того, при малых $\varepsilon > 0$ множество $\{x \in G : \Delta_{\text{par.}}(\varepsilon, x) = 0\}$ является достаточно хорошей аппроксимацией всего множества $\text{Par.}(\{f_k\}_{k=1, \dots, K}, G)$. Поэтому задачу глобальной

минимизации $\Delta_{Par.}(\varepsilon, x) \rightarrow \min, x = (x^{(1)}, \dots, x^{(K)}) \in G$ можно рассматривать как поиск допустимой ситуации, оптимальной по Парето. Заметим теперь, что

$$\min\{\Delta_{Par.}(\varepsilon, x) : x = (x^{(1)}, \dots, x^{(K)}) \in G\} = \min\left\{\sum_{k=1, \dots, K} w_k f_k(x) - m(w) : w \in S_\varepsilon, x \in G\right\}.$$

Для любого фиксированного $k \in \{1, \dots, K\}$ и ситуации $x = (x^{(1)}, \dots, x^{(K)}) \in G$ обозначим

$$\mu_k(\{x^{(l)}\}_{1 \leq l \leq K, l \neq k}) = \min\{f_k(x^{(1)}, \dots, z^{(k)}, \dots, x^{(K)}) : z^{(k)} \in Z_k(\{x^{(l)}\}_{1 \leq l \leq K, l \neq k})\},$$

$$\Delta_{Nash}(x) = \sum_{k=1, \dots, K} [f_k(x) - \mu_k(\{x^{(l)}\}_{1 \leq l \leq K, l \neq k})]. \quad (3)$$

Очевидно, что ситуация $x \in G$ оптимальна по Нэшу, т.е. $x \in \text{Nash}(\{f_k\}_{k=1, \dots, K}, G)$, тогда и только тогда, когда $\Delta_{Nash}(x) = 0$. Поэтому задачу глобальной минимизации $\Delta_{Nash}(x) \rightarrow \min, x = (x^{(1)}, \dots, x^{(K)}) \in G$ можно рассматривать как поиск ситуации, оптимальной по Нэшу.

Для любых весовых коэффициентов $\gamma_{Par.} > 0, \gamma_{Nash} > 0$ и параметра $\varepsilon \in (0, 1)$ введём функцию $\gamma_{Par.} \Delta_{Par.}(\varepsilon, \cdot) + \gamma_{Nash} \Delta_{Nash}(\cdot)$, которую, очевидно, можно рассматривать как невязку в одновременном выполнении условий оптимальности и по Парето, и по Нэшу. Отсюда получаем что малом $\varepsilon \in (0, 1)$ решение (с требуемой точностью) задачи глобальной минимизации этой невязки:

$$\gamma_{Par.} \Delta_{Par.}(\varepsilon, x) + \gamma_{Nash} \Delta_{Nash}(x) \rightarrow \min, x = (x^{(1)}, \dots, x^{(K)}) \in G \quad (4)$$

позволит найти приближённое решение рассматриваемой нами проблемы.

4. Предположения о выпуклости исходных данных

Сформулируем предположения о выпуклости исходных множеств и заданных на них функций. А именно, будем считать выполненными следующие условия:

1. Все множества X_k ($k = 1, \dots, K$) – выпуклые в пространстве R^{n_k} ($k = 1, \dots, K$), а множество G – выпукло в пространстве R^n .
2. Целевые функции f_k ($k = 1, \dots, K$) всех игроков являются выпуклыми на множестве X .

При этих предположениях, как известно из теории выпуклой оптимизации (это легко доказывается и непосредственно), при каждом $k = 1, \dots, K$ и ситуации $x = (x^{(1)}, \dots, x^{(K)}) \in G$ множество $Z_k(\{x^{(l)}\}_{1 \leq l \leq K, l \neq k})$ является выпуклым, а все функции $\mu_k(\{x^{(l)}\}_{1 \leq l \leq K, l \neq k})$ являются выпуклыми на этом множестве.

5. Редукция задачи глобальной минимизации функции нарушения к базовой задаче глобальной минимизации

Из соотношений (2), (3), содержащих определение функционалов $\Delta_{Par.}(\varepsilon, \cdot)$ и $\Delta_{Nash}(\cdot)$, вытекает, что

$$\min\{\gamma_{Par.} \Delta_{Par.}(\varepsilon, x) + \gamma_{Nash} \Delta_{Nash}(x) : x \in G\} =$$

$$\min\left\{\gamma_{Par.} \left(\sum_{k=1, \dots, K} w_k f_k(x) - m(w)\right) + \gamma_{Nash} \left(\sum_{k=1, \dots, K} [f_k(x) - \mu_k(\{x^{(l)}\}_{1 \leq l \leq K, l \neq k})]\right) : w \in S_\varepsilon, x \in G\right\} \quad (5)$$

Введём в Задачу (5) глобальной оптимизации дополнительные числовые переменные ξ_k и дополнительные ограничения: $f_k(x) \leq \xi_k$ ($k = 1, \dots, K$). Тогда Задача (5) эквивалентна следующей оптимизационной задаче:

$$\gamma_{Par.} \left(\sum_{k=1, \dots, K} w_k \xi_k - m(w)\right) + \gamma_{Nash} \left(\sum_{k=1, \dots, K} [f_k(x) - \mu_k(\{x^{(l)}\}_{1 \leq l \leq K, l \neq k})]\right) \rightarrow \min \quad (6)$$

при ограничениях:

$$w \in S_\varepsilon, \xi = (\xi_k, k=1, \dots, K) \in R^K, x \in G, f_k(x) \leq \xi_k (k=1, \dots, K) \quad (7)$$

Так как множество S_ε выпукло в R^K , G – выпуклое подмножество в множестве X – евклидовом произведении множеств $X_1, \dots, X_K$, а функции f_k ($k = 1, \dots, K$) – выпуклые на X ,

то в пространстве искомых переменных w , ξ , x множество, выделяемое ограничениями (7), также выпукло. Далее, первое слагаемое в (6) (выражение в круглых скобках, которое умножается на коэффициент $\gamma_{par.}$) – скалярное произведение векторов w и ξ плюс выпуклая функция $(-m(w))$, так как функция $m(w)$, определённая соотношением (1), является вогнутой как минимум по параметру $z \in G$ линейных функций от вектора w . Наконец, второе слагаемое в (6) (выражение в круглых скобках, которое умножается на коэффициент γ_{Nash}), – разность двух выпуклых функций: $\sum_{k=1, \dots, K} f_k(x)$ и $\sum_{k=1, \dots, K} \mu_k(\{x^{(l)}\}_{1 \leq l \leq K, l \neq k})$. Из сказанного следует, что (6), (7) является базовой задачей глобальной оптимизации, для которой с помощью метода ветвей и границ приближённое решение с любой заданной точностью можно получить, решая в качестве оценочных задач конечное число задач выпуклого программирования.

Маликов С.Н.

ПРОБЛЕМЫ СЕРВИС-ОРИЕНТИРОВАННОГО ПОДХОДА К УПРАВЛЕНИЮ ИНФОРМАЦИОННЫМИ ТЕХНОЛОГИЯМИ ОРГАНИЗАЦИИ

Москва, ОАО «НИИ супер ЭВМ»

Аннотация. Рассматриваются существующие подходы к разработке стратегии управления информационными технологиями организации. Определяются текущие тенденции в развитии сервис-ориентированного подхода и проблемы его применения как гармонизированного подхода к управлению информационными технологиями организации в современных условиях.

История развития информационных технологий неразрывно связана с развитием взаимоотношений потребителя и производителя ИТ. Под словом «производитель» здесь объединены разработчики, поставщики, управленцы всех рангов и специализаций, которые обеспечивают создание, внедрение, использование и модернизацию информационных технологий в организации потребителя.

Разработка стратегии управления информационными технологиями организации традиционно формируется на основе понятия архитектура предприятия. В настоящее время все общепризнанные методологии используют подходы, ориентированные на совместное представление структуры предприятия и используемых в нем информационных технологий. Тот факт, что динамика современной жизни требует функциональной гибкости и оперативного масштабирования как предприятия, так и средств ИТ, только усиливает необходимость указанного подхода для сохранения жизнеспособности и инновационного развития организации. В тоже время разница в экономическом развитии стран, национальные особенности менталитета, законодательств и организации труда порождают множественность вариантов. Несмотря на определенную зрелость методологий развития информационных технологий организации наблюдается их повсеместное обновление и совершенствование (используются национальные и международные стандарты [2, 3]). В настоящее время отдельные информационные технологии в своем развитии достигли нового уровня системности. Тем не менее, универсальный целостный подход к управлению информационными технологиями организации на системном уровне отсутствует.

Совокупность отобранных учеными наилучших практик не позволяет в общем случае рекомендовать очевидные и однозначные решения. Результаты реализации разработанных стандартных решений зависят не только от структуры и функций организации потребителя, но и от особенностей понимания сущности указанных стандартных решений конкретным производителем.

Несмотря на множество стандартов и методологий во многих научных работах авторы раскрывают свое видение термина сервис (услуга), отвечающего их практическим потребностям.

Другим фактором, мешающим единообразию подходов к управлению информационными технологиями организации, является сложность используемых моделей. Стремление к всестороннему охвату проблематики привело к построению громоздких эталонных моделей, отражающих, в первую очередь, систему ценностей их разработчиков.

Большинство из этих проблем преодолевает интегрированный подход *Integrated Service Management (ISM)* [1]. Модель ISM реализации управления ИТ организации содержит только 6 основных процессов:

- управление уровнем сервиса,
- управление качеством,
- управление изменениями,
- управление инцидентами,
- управление конфигурацией,
- управление операциями (подпроцессами).

Очевидно, что модель ISM является упрощенной, но она становится обозримой. Возникают аналогии с гибким подходом к проектированию информационных систем, пропагандирующим решение проблем по мере их поступления на основе конечного числа прохождений цикла Деминга. Противопоставление основным понятиям и принципам библиотеки ITIL отсутствует. Разработчиками ISM утверждается, что данный подход впервые формулирует практический способ построения или модернизации системы качественного управления ИТ сервисами организации.

В настоящее время в области применения сервис-ориентированного подхода к управлению информационными технологиями организации возникает проблема оценки эффективности реализуемых информационных сервисов в связи с отсутствием накопленных знаний в данной области и обобщенного опыта. Это сдерживает применение и развитие сервис-ориентированного подхода, открывающего перспективы для перехода информационных технологий организации на новый уровень системности. Кроме того, в данной области отсутствует единство мнений по многим фундаментальным понятиям.

С учетом изложенного актуальным представляется создание научно-методических основ для оценки эффективности информационных сервисов организации с применением лучших международных практик и формализованного опыта, которые ориентированы на решение следующих научно-практических задач:

- разработка критериального пространства для оценки эффективности информационных сервисов организации;
- формулирование принципов формирования альтернатив по реализации информационных сервисов организации;
- определение способа разработки сценариев по реализации информационных сервисов с учетом современных тенденций развития информационных технологий;
- выбор метода оценки альтернатив сервис-ориентированной ИТ-архитектуры организации, обеспечивающей решение производственных задач по заданным критериям;
- выбор наилучшей альтернативы, сервис-ориентированной ИТ-архитектуры организации с учетом перспективы для перехода информационных технологий на новый уровень системности.

Таким образом, в данной работе определены проблемы применения и развития сервис-ориентированного подхода к управлению информационными технологиями организации, сформулированы научно-практические задачи для перехода информационных технологий организации на новый уровень системности с применением сервис-ориентированного подхода.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант 16-06-00486).

Литература

1. Wim Hoving, Jan van Bon. The ISM Method. Version 3. Past, Present and Future of IT Service Management, 2012

2. ГОСТ Р ИСО/МЭК 20000-1-2013 Информационная технология. Управление услугами. Часть 1. Требования к системе управления услугами: введ. 2015-01-01 - М: «Стандартинформ», 2014. – 28 с.
3. ГОСТ Р 54869-2011 Проектный менеджмент. Требования к управлению проектом (РМВоК): введ. 2012-09-01. - М: «Стандартинформ», 2012. – 11 с.

Марлей В.Е., Хмелевская В.Б.

СИСТЕМА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДВУМЕРНЫХ ТАБЛИЦ

Санкт-Петербург, ФГБОУ ВО «Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова»

Аннотация. Рассматривается процедура выбора из множества альтернатив, представленных в виде прямоугольной таблицы. Столбцы таблицы – параметры, строки собственно альтернативы, определяемые значениями параметров в столбцах. Рассчитывается интегральный параметр для каждой строки и выбирается строка имеющая лучшее значение интегрального параметра.

Использование таблиц для принятия решений широко распространено и не требует специального обзора, однако разработка новых процедур в этом направлении остается актуальной.

Рассмотрим одну из возможных таких процедур. Исходной проблемой является задача выбора материала трущейся пары, а также покрытия для нее и технологии ее нанесения. Оказалось, что это удобно делать на двумерной таблице. Представим прямоугольную таблицу. Столбцам соответствуют некоторые параметры, строкам соответствуют некоторые действия. Строки могут быть сгруппированы, при этом, группировка указывается в крайних слева столбцах таблицы. Группировки в крайних столбцах могут не совпадать.

Рассмотрим возможный вид таблицы. За основу взят видоизмененный фрагмент технологической таблицы трущейся пары (шарнир), заполнение произвольное, только для иллюстрации. Число параметров (столбцов) может быть в пределах до 200. Число строк в принципе не ограничено, но в практике обычно не более 200-300. Число столбцов группировок предполагается не более 10.

Выделяется ведущая группировка (в примере, материал трущейся пары), остальные вспомогательные. В ведущей группировке повторов нет, во вспомогательных возможны. Ведущая группировка в таблице всегда одна, но может быть заменена, в этом случае необходима перегруппировка и соответствующая перестройка таблицы.

Ячейки таблицы заполняют значения параметров с их допусками, например, 14 ± 0.04 (в таблице представлены в виде пары (14, 0.04)).

Поиск и принятие решений на таблице осуществляется следующим образом:

1. Назначается ряд критериальных параметров (т.е. столбцов, значения параметров которых будет оцениваться).
2. Задаются требуемые значения критериальных переменных для поиска требуемой строки или набора строк.
3. Критериальные переменные в каждой строке оцениваются по специальной функции с учетом заданных значений поиска, и сводятся в интегральный показатель строки.
4. Далее интегральные показатели строк сравниваются, и выбирается строка или набор строк, для которых значение интегрального показателя оказалось наилучшим.

Для сужения поиска могут быть также заданы отдельные сочетания группировок (например, в приведенном фрагменте – диаметры), тогда строки не входящие в заданные группировки игнорируются.

Оценочную функцию подбираем таким образом, чтобы в области допустимых значений переменной, принадлежали бы интервалу $[0,1]$, была безразмерной, определялась бы однозначно и была бы линейной или хотя бы кусочно-линейной. Данным условиям

удовлетворяет функция, рассмотренная в [1], где она использовалась для оценки состояния объекта. Проинтерпретируем ее для данного случая.

Способ покрытия	Вид покрытия	Материал трущейся пары	Размеры	Пар ₁	...	Пар _i	...	Пар _n
Напыление	Баббит	Бронза+бронза	Диаметр 50мм	14, 0.04				
	Силумин		Диаметр 100мм					
			Диаметр 150мм					
Электролиз								
Напыление		Бронза+сталь						
Наваривание	Баббит	Сталь+сталь						
	Хром							
		Латунь+бронза						
Электролиз		Латунь+латунь						

Функция оценки значения переменной для некоторого шага моделирования или момента актуализации информации t принимается равной:

$$\Psi(x_i) = \begin{cases} \frac{(x_i'' - x_i)}{(x_i'' - x_i')}, & \text{если } x_i < x_i'; \\ \frac{(x_i^0 - \sigma_i) - x_i}{(x_i^0 - \sigma_i) - x_i'}, & \text{если } x_i' \leq x_i < x_i^0 - \sigma_i; \\ 0, & \text{если } x_i^0 - \sigma_i \leq x_i \leq x_i^0 + \sigma_i; \\ \frac{x_i - (x_i^0 + \sigma_i)}{x_i'' - (x_i^0 + \sigma_i)}, & \text{если } x_i^0 + \sigma_i \leq x_i \leq x_i''; \\ \frac{(x_i - x_i')}{(x_i'' - x_i')}, & \text{если } x_i > x_i''. \end{cases}$$

где x_i - значение параметра в ячейке,

x_i' - нижняя граница заданных для поиска значений,

x_i'' - верхняя граница заданных значений,

x_i^0 - предпочтительное (оптимальное) значение,

σ_i - допускаемое отклонение значений заданного значения от предпочтительного, при котором значение продолжает считаться оптимальным ($x_i \in [x_i^0 - \sigma_i, x_i^0 + \sigma_i]$).

Функцию является кусочно-линейной, $\psi(x_i) = ax_i + b$, где значения a и b будут меняться в зависимости от участка области изменения функции. Чем меньше значение функции, тем ближе к оптимуму (в оптимальной окрестности оно равно нулю).

Функция принимает значение только в области положительных чисел, так как выражения вычисляющие значения функции в каждом интервале ее значений составлены так, что всегда меньшее вычитается из большего, имеет два интервала монотонности. Функция показывает относительное приближение значения переменной к некоторому базовому интервалу. Вне промежутка допустимых значений скорость изменения функции меньше, чем внутри области допустимых значений

Вид графика функции $\psi(x_i)$ приведен ниже.

Все критериальные переменные в строке оцениваются при помощи данной функции

Интегральная оценка строки принимается $\Psi_j = \max_i(\psi(x_i))$, где j – индекс строки. Выбирается строка или набор строк, в которых значения критерия $\Psi = \max_j(\Psi_j)$.

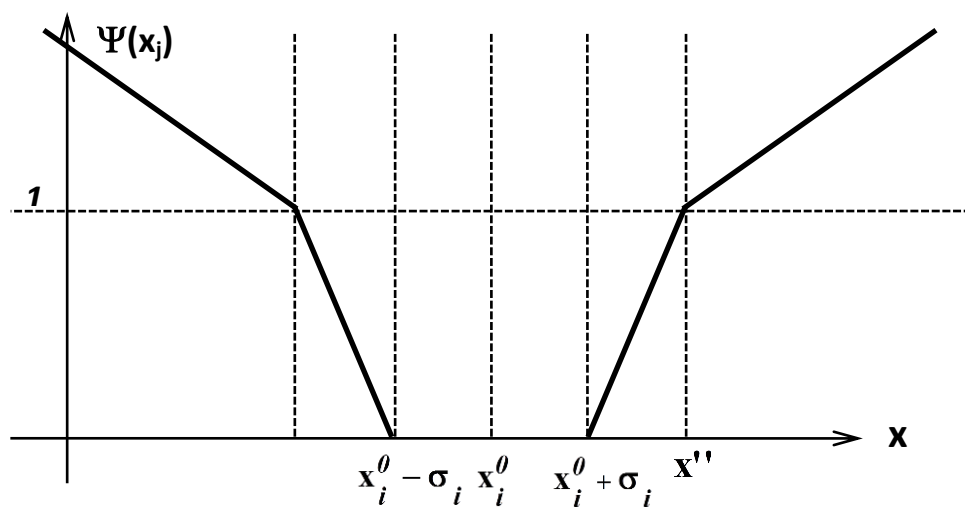


Рис. Вид графика функции $\psi(x_i)$

Для всех параметров производятся расчеты для значений плюс допуск и минус допуск, учитывается то значение, для которого значение $\psi(x_i)$ больше (если допуск нулевой, то только один раз).

Если для какого-либо параметра в задании поиска не предусмотрено оптимальной окрестности, то оптимальной считается одна из границ заданного промежутка значений. Нижняя, если нужно уменьшить, верхняя, если увеличить.

Все критериальные переменные, в данном случае, считаются одинаковой важности. Если вводить приоритетность критериальных переменных, то чем меньше вес, тем приоритетнее переменная, веса в пределах $[0,1]$ (чем вес ближе к нулю, тем переменная важнее, так как более определяет оптимум).

Полученная строка распечатывается полностью со всеми группировками и параметрами.

Ввод таблицы либо вручную, либо импорт из Excel.

Интерфейс должен содержать средства ввода и корректировки таблиц (изменение группировок, изменение ведущей группировки, ввод и удаление столбцов), средства ввода и корректировки запроса, вывода результата, возможность сохранения таблицы, запроса, результатов запроса.

В начале обработки запроса всегда проверяется, есть ли среди сохраненных запросов запрос с аналогичным заданием, тогда искать не надо, выводится ранее полученный результат. Если таблица была изменена, то использовать старые запросы можно только как справочные, даже если параметры запросов совпадают нужно проводить новый поиск.

Данная процедура может быть использована и в других предметных областях и является одним из вариантов таблиц решений. Новизна данной процедуры заключается в используемой функции и в критериях выбора.

Литература

1. Балонин, Н.А., Гарибин, П.А., Марлей, В.Е., Рябов, Г.Г. Разработка новых принципов мониторинга состояния гидротехнических сооружений с использованием интернет-технологий и сотовой связи / Н.А. Балонин, П.А.Гарибин, В.Е.Марлей, Г.Г.Рябов // Научно-технические ведомости. Информатика, телекоммуникации, управление. – СПбПУ, 2010. – 2 (77)

Маслобоев А. В., Путилов В. А.

МЕТОДОЛОГИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ СЕТЕЦЕНТРИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ РЕГИОНАЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ*

Апатиты, Институт информатики и математического моделирования технологических процессов
Кольского научного центра РАН

Аннотация. В докладе представлены результаты исследований в области разработки методов и средств для повышения эффективности сетецентрического управления региональной безопасностью в Арктической зоне России. Предлагается методология и модельный инструментарий, обеспечивающие автоматизацию деятельности и согласованность взаимодействия субъектов управления безопасностью на всех уровнях принятия решений за счет адекватной информационной поддержки и координации процессов управления безопасностью региона.

Исследования отечественных и зарубежных специалистов показывают, что в настоящее время проблема сетецентрического управления безопасностью региональных социально-экономических систем до сих пор остается полностью не решенной. Особенно актуальна эта проблема для арктических регионов России.

На сегодняшний день перспективным подходом к повышению эффективности современной системы организационного управления региональной безопасностью является адекватная информационно-аналитическая поддержка и координация процессов принятия управленческих решений. Это достигается через создание целостной информационной инфраструктуры региональной безопасности. Одним из вариантов реализации такой инфраструктуры является сетецентрическая виртуальная среда региональной безопасности. Сетецентричность предполагает сетевую структуру организационного управления с выделенными управляющими центрами. Основными задачами этой среды являются удовлетворение информационных потребностей и обеспечение согласованного взаимодействия субъектов управления безопасностью посредством оперативного и своевременного предоставления соответствующих информационных ресурсов (данных) и сервисов для информационно-аналитической поддержки принятия решений на разных уровнях управления региональной безопасностью.

Анализ хода реализации «Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 года» на территории Мурманской области по направлению развития информационных технологий и связи для задач обеспечения безопасности свидетельствует о том, что эффективность принимаемых мер в этой сфере существенно снижается отсутствием информационной инфраструктуры региональной безопасности.

Управление региональной безопасностью по своей структуре многофункционально и в общем случае включает в себя такие функции управления, как целеполагание, стратегическое планирование, оперативное управление, а также функции контроля, учета, мониторинга и координации. Поэтому информационная поддержка управления региональной безопасностью является сложной многоаспектной задачей. Решение этой задачи в настоящее время осуществляется преимущественно за счет формирования единого информационного поля межведомственной деятельности с использованием системы распределенных ситуационно-кризисных центров, работающих по единому регламенту взаимодействия, в соответствии с пунктом 107 «Стратегии национальной безопасности Российской Федерации на период до 2020 года». Основой информационно-аналитической среды региональных ситуационно-кризисных центров управления безопасностью в чрезвычайных и кризисных ситуациях являются системы поддержки принятия решений. Центральной проблемой для данного класса систем в сфере безопасности является координация процессов выработки и реализации управляющих воздействий на разных уровнях принятия решений в условиях децентрализованного управления безопасностью и

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ (проекты №15-29-06973-офи-м, №15-07-04290-а)

высокой динамики внешней среды, а также учет влияния человеческого фактора. Вместе с тем, современные методы и средства автоматизации управления региональной безопасностью разрабатываются, как правило, под конкретные задачи - например, связанные с управлением метеорологической, энергетической, экологической или транспортной безопасностью региона, и, как правило, используются изолированно друг от друга.

Анализ современного состояния проблемы сетецентрического управления региональной безопасностью позволил сформулировать общие и частные требования к разработке методологии и средств информационно-аналитической поддержки, ориентированных на решение этой проблемы. В работе представлены результаты анализа применимости современных методов и технологий для решения проблемы повышения эффективности обеспечения региональной безопасности в условиях децентрализованного управления. Сформулирован комплекс задач информационной поддержки, решение которых обеспечивает повышения эффективности управления региональной безопасностью на всех уровнях принятия решений. Предлагается единая инструментальная база для информационной поддержки управления региональной безопасностью.

На основе интеграции методов концептуального, системно-динамического и мультиагентного моделирования многоуровневых распределенных систем разработана методология информационной поддержки и координации сетецентрического управления региональной безопасностью на трех уровнях принятия управленческих решений: стратегическом, тактическом, оперативном. Средства реализации методологии обеспечивают автоматизацию деятельности и согласованность взаимодействия субъектов безопасности на всех уровнях принятия решений за счет комплексной информационной поддержки и координации процессов управления региональной безопасностью с применением автономных программных агентов и имитационного моделирования.

Инструментальная база методологии включает следующие модели и методы:

1. Модельный инструментарий:

- 1.1. Интегрированная концептуальная модель мультиагентной информационной среды региональной безопасности, являющаяся формальной базой для автоматизации и имитационного моделирования процессов управления региональной безопасностью. В модели совмещаются формализованные модели предметной области «региональная безопасность» и исполнительной среды информационно-аналитической поддержки процессов управления региональной безопасностью.
- 1.2. Агентная многоуровневая рекуррентная иерархическая модель региональной безопасности, предназначенная для координации сетецентрического управления безопасностью региональных социально-экономических систем. Специфика модели заключается в использовании функционально-целевой технологии и математического аппарата теории иерархических многоуровневых систем для реализации процедур согласования локальных решений сетецентрического управления. В модели совмещаются координация путем развязывания взаимодействий и создание коалиций между агентами на разных уровнях управления.
- 1.3. Комплекс имитационных моделей прогнозирования региональной безопасности, основанный на оригинальной системе показателей, полученных путем свертки ряда групп общепринятых индикаторов безопасности. Комплекс обеспечивает получение как интегральной оценки безопасности региона, так и отдельных ее составляющих.
- 1.4. Модель функциональной организации интеллектуальных агентов с имитационным аппаратом, имеющих гибридную архитектуру. Имитационный аппарат представляет собой полную или упрощенную модель среды, в которой функционирует агент, рекуррентно вызываемую в процессе моделирования, и обеспечивает локальный прогноз результатов его потенциальной активности. В качестве средства реализации имитационного аппарата используются системно-динамические модели.

2. Методический инструментарий:

- 2.1. Метод автоматизированного синтеза спецификаций мультиагентных моделей организационных структур управления региональной безопасностью в разнотипных кризисных ситуациях. Метод основан на совместном анализе семантического описания решаемых задач, информационных ресурсов и сервисов агентов. Метод обеспечивает динамическое формирование коалиций агентов и ассоциированных с ними виртуальных ресурсов, адекватных решаемым задачам управления безопасностью.
- 2.2. Метод комплексной оценки интегрального показателя безопасности региональных социально-экономических систем, основанный на формировании и анализе матрицы показателей региональной безопасности и обеспечивающий индикаторную оценку региональной безопасности при различных сценариях развития региона на основе экспертно-имитационного моделирования.
- 2.3. Метод и средства мультиагентной виртуализации процессов управления региональной безопасностью, обеспечивающие адаптивное моделирование целенаправленного поведения каждого субъекта управления безопасностью как автономного про-активного агента с собственными интересами и целями на всех уровнях принятия решений. Метод основан на расширении инструментария мультиагентного и онтологического моделирования средствами реализации имитационного аппарата агентов и семантической интеграции разнородных информационных ресурсов и сервисов.
- 2.4. Мультиагентная технология информационного мониторинга угроз региональной безопасности, использующая автономных программных агентов для сбора данных.
- 2.5. Мультиагентная технология динамического формирования и конфигурирования виртуальной среды региональной безопасности на основе самоорганизации агентов.

3. Программный инструментарий:

- 3.1. Одноранговая агентная платформа для распределенного моделирования управления региональной безопасностью и поддержки функционирования программных агентов разнотипных субъектов безопасности. Платформа построена на базе сервис-ориентированной архитектуры.
- 3.2. Программная мультиагентная система информационной поддержки управления региональной безопасностью, обеспечивающая формирование виртуальных организационных структур управления безопасностью региона.
- 3.3. Программный тренажерно-моделирующий комплекс для прогнозирования и сценарного анализа социально-экономического развития региона, позволяющий оценить и исследовать динамику показателей региональной безопасности.
- 3.4. Мультипредметная веб-ориентированная информационная система Ru-Arctic, реализующая унифицированную точку доступа к ресурсам и сервисам информационной среды региональной безопасности.
- 3.5. Профессиональная социальная сеть BarentsNet, обеспечивающая автоматизированный поиск субъектов управления региональной безопасностью и их виртуальное сотрудничество в распределенной информационной среде.
- 3.6. Тренажерно-моделирующий комплекс «Виртуальный когнитивный центр» для распределенного экспертно-имитационного моделирования развития региональных кризисных ситуаций и координации сетцентрического управления региональной безопасностью, реализованный в виде гибридного облачного сервиса.

Методология обеспечила создание комплекса программных средств, реализующих мультиагентную информационную среду региональной безопасности. Комплекс использован для решения ряда практических задач в области информационного обеспечения экономической, экологической, кадровой и инновационной безопасности Мурманской области. Практические разработки использованы при подготовке нормативных документов и рекомендаций по повышению эффективности управления безопасностью критически важных объектов, локализованных на территории Мурманской области. Использование разработок позволило автоматизировать и ускорить процесс выработки и реализации оперативных и стратегических управленческих решений по организации мероприятий,

направленных на защиту, мониторинг и предупреждение чрезвычайных и кризисных ситуаций социально-экономического и природно-техногенного характера.

Маширин А.В.

ЭМПИРИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРИВЕДЕННЫХ ЕДИНИЦ ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКА

Москва, Институт системного анализа Федерального исследовательского центра «Информатика и управление» РАН

Аннотация: При моделировании транспортных потоков используется функция, определяющая зависимость средней скорости от интенсивности потока (загрузки дуги). Автомобили разного типа (легковые, грузовые и др.) дают разный вклад в загрузку. Обычно интенсивность измеряется в "приведённых" единицах. Коэффициенты приведения принято определять из понятия "динамического габарита", однако, возможно, такое определение недостаточно точно отражает влияние конкретного типа автомобиля на среднюю скорость. Мы поставили задачу определения коэффициентов непосредственно из эмпирических данных.

Цель работы

Исследование и разработка методов математического моделирования эмпирически наблюдаемых свойств транспортного потока, а также транспортного поведения населения.

Предполагалось решение следующей задачи:

Исследование влияния состава автомобильного потока на среднюю скорость движения. Определение коэффициентов приведения автомобилей разного типа к стандартизованным единицам потока на основе эмпирических данных.

Практически все транспортные модели используют приведенные единицы потока для определения загрузки дуг. Стандартно коэффициенты приведения определяются по «динамическому габариту».

Поставлена задача определить коэффициенты по степени влияния на динамику потока эмпирически.

Было решено изучить данные с датчиком движения, полученные от наших иностранных коллег из Дании.

Автомобили разделены на «легковые» и «грузовые» по длине.

Эмпирическая зависимость средней скорости от плотностей легковых и грузовых автомобилей: $V = V(\rho_c, \rho_t)$

Необходимо приблизить функцией одного переменного: $V = U(\rho_c + \lambda \rho_t)$

Задача оптимизации следующая: $\delta(\lambda) = \iint (U(\rho_c + \lambda \rho_t) - U(\rho_c, \rho_t))^2 d\rho_c d\rho_t \rightarrow \min$

Реализована версия программы для расчёта оптимальной величины коэффициента λ . Входные данные (98 файлов) считаны и сохранены в виде данных Matlab (.mat) и быстро импортируются в код в качестве переменных с помощью функции load(). В каждой ячейке массива V суммируются скорости автомобилей при данных плотностях PKW (правая полоса дороги) и LKW (левая полоса дороги) с учётом числа автомобилей в порции ($V = N1 * V_{ср1} + N2 * V_{ср2}$). Определена величина квадратичной ошибки $\delta(\lambda)$ при различных значениях параметра λ : в интервале (0;10] с шагом 0.1. Наблюдается минимум при $\lambda=3.9$. Скачки функции ошибок отсутствуют. Результаты представлены на графике «Ошибка в зависимости от λ » Также рассчитана и построена двумерная гистограмма суммарных скоростей автомобилей. Построена гистограмма скоростей при оптимальном значении $\lambda=3.9$.

Решая задачу оптимизации, было получено, что минимальное квадратичное отклонение результата только с «короткими» (легковыми) автомобилями от результата с двумя переменными («длинными» (грузовыми) и «короткими» (легковыми) автомобилями достигается при коэффициенте равным 4. Что подвергает под сомнения теории, в которых константа принималась равной от 2.5 до 3.

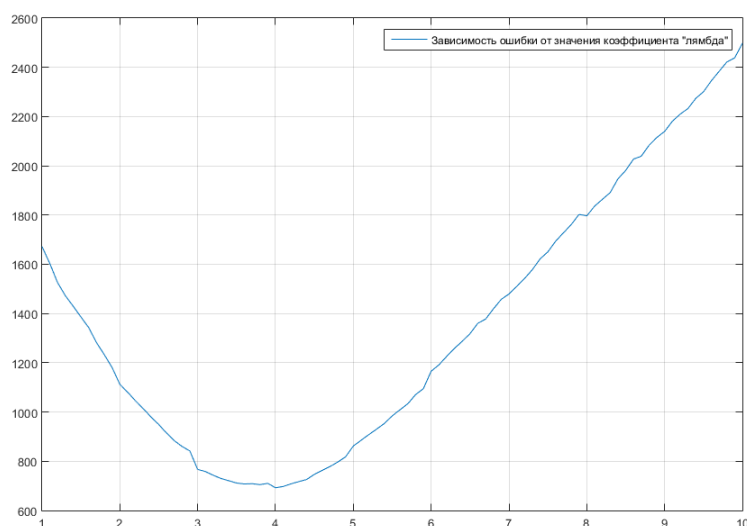


Рис. 1 Ошибка в зависимости от параметра λ

Полученные результаты

Собраны необходимые для дальнейшего анализа данные наблюдений с датчиков.

Построены эмпирические графики зависимости средней скорости от плотностей 2 типов автомобилей (легковых и грузовых).

На основе эмпирических данных был найден коэффициент приведения грузовых автомобилей к легковым, при котором средняя скорость, как функция двух переменных, наилучшим образом приближается функцией одной переменной, выраженной в приведенных единицах потока. Полученное значение коэффициента превышает известное ранее стандартное значение.

План дальнейшей работы

1) Исследование зависимости динамических характеристик от состава транспортного потока. Предполагается более детальное изучение зависимости скоростей, усредненных отдельно по полосам и по типам автомобилей, от состава потока, взятого также в разбивке по полосам.

2) Получение коэффициентов приведения для автомобилей разных типов в более детальной разбивке, чем по 2 типам.

Олейник А.Г.

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ БАЗЫ МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ*

Апатиты, Институт информатики и математического моделирования технологических процессов КНЦ РАН

Аннотация. Представлена разработка базы данных результатов исследований объектов, процессов и явлений Арктической зоны РФ. Представляемая в базе информация носит междисциплинарный характер и предназначена для использования при решении задач системной информационной поддержки различных видов деятельности в Арктической зоне РФ. Предложены структурные решения поддержки сложных связей между информационными сущностями стандартными средствами реляционной модели данных. Разработан многопользовательский регламент ведения данных с учетом полномочий, предоставляемых определенным категориям пользователей.

Задачи, возникающие в связи с активизацией деятельности в Арктической зоне Российской Федерации (АЗ РФ), носят, как правило, комплексный, междисциплинарный характер. Соответственно информационное обеспечение решения таких задач должно

* Работа поддержана грантом РФФИ, проект № 15-29-06973

включать данные и знания, полученные исследователями различных направлений, но относящиеся к одним и тем же, либо подобным, объектам или процессам. В связи с этим необходимо разработать и реализовать эффективную систему хранения, ведения и использования таких данных и знаний. В контексте настоящей работы под знаниями понимаются систематизированные и зафиксированные в пригодном для дальнейшего использования виде результаты познавательной деятельности. Возможными формами представления знаний могут быть печатные работы, материалы докладов, модели, алгоритмы и т.п.

Рассматриваемая проблема не нова. Существует целый ряд разработок, ориентированных на интеграцию информации о научных исследованиях, включающую сведения о научных проектах, исследователях и публикациях, представляющих результаты исследований. В качестве примеров можно указать Информационный WWW сервер Сибирского Отделения РАН [1], информационную систему «Архивы Российской академии наук» (ИС АРАН) [2], информационно-аналитическую систему «Природные ресурсы Карелии» [3]. Определенные решения в контексте информационной поддержки взаимодействия академической и вузовской науки предлагались и авторами настоящей работы [4]. Существует проект «Интегрированная система информационных ресурсов (ИСИР) РАН» с применением технологий Semantic Web [5,6]. Однако анализ существующих информационных систем показал, что они не позволяют адекватно учесть ряд особенностей, обусловленных задачами информационной поддержки системного научного обоснования планов и программ развития территорий, в частности – проектов «нового» освоения Арктической зоны РФ.

При разработке информационной базы междисциплинарных исследований АЗРФ решаются три крупные задачи: разработка структуры базы данных информационной системы; разработка и реализация механизмов регламентации доступа к БД; практическая реализация системы и инструментов ее использования. В докладе представлены основные аспекты разработки структуры БД и организации ведения данных.

При разработке структуры БД использовался классический подход «сверху-вниз», первый этап которого предусматривает определение множества информационных сущностей, которые должны быть представлены в базе. Так как предметной областью БД являются научные исследования и разработки, то в базе необходимо отразить все составляющие триады «объект-субъект-предмет», а также представить информацию о методах и результатах исследований. К объектам базы относятся собственно объекты, а также явления или процессы, локализованные на территориях АЗ РФ. В качестве предметов исследований выступают различные свойства объектов или их взаимодействий. Субъекты представляются исследовательскими коллективами различного уровня или, в пределе, отдельными исследователями. При изучении предмета субъект применяет методы, позволяющие получить новые знания об объектах, которые фиксируются в виде представленных в определенной форме результатов исследования. Таким образом определяются пять исходных классов сущностей, связанных с исследованиями: «объект», «предмет», «субъект», «метод» и «результат». Связь между объектом и субъектом, а также используемыми субъектом методами и результатами исследований этого объекта реализуется введением сущности «проект».

При конкретизации ряда сущностей различных классов выявляется их иерархическая, по сути – рекурсивная, структура. Наиболее наглядно это проявляется в рамках класса сущности «исследователь», где экземпляром верхнего уровня, как правило, является некоторая исследовательская организация в состав которой входят различные научные подразделения (отделы, лаборатории, группы), которые также могут быть «составными»

сущностями. Для корректного представления рекурсивных связей концептуального уровня в реляционной модели вводятся специальные атрибуты, указывающие на вхождение сущности определенного класса в состав сущности более высокого уровня этого же класса. Например, на нижнем уровне иерархии «исследователей» находится исследователь-персона, которого достаточно связать лишь с подразделением нижнего уровня, а принадлежность к более крупным подразделениям и, в конечном итоге, к организации будет выводиться из иерархических отношений между подразделениями. Предлагаемая схема позволяет связать персону-исследователя как с несколькими организациями, так и корректно описать временные исследовательские коллективы, формируемые, например, для проведения исследований по проектам, поддержанным грантами. В последнем случае вместо вариантов структурных подразделений организации используется тип «временный коллектив», каждый член которого может быть связан с некоторой организацией по описанной выше схеме. Аналогичный принцип используется и при представлении иерархических связей между сущностями других классов.

При разработке принципов ведения БД выделено пять категорий пользователей: администратор системы; администратор данных, администратор организации, администратор проекта; обычный пользователь. Функции администратора системы достаточно очевидны. В компетенции администратора данных: создание общей структуры системы и внесение в структуру глобальных изменений, таких как добавление новых структурных единиц; создание и систематизация объектов исследований; создание и изменений оснований для предоставления финансирования. Администраторы организаций отвечают за структуру и ведение данных своей организации. Также данная группа имеет в своем распоряжении все права, которые предоставляются группе администраторов проектов. Администраторы проектов отвечают за ведение данных о «своих» проектах. Основываясь на данных, введенных «вышестоящими» администраторами, они выбирают объекты исследований, основания выполнения проекта, исполнителей (исследователей). Также они отвечают за заполнение результатов проектов и смежных полей. «Рядовые» пользователи системы могут осуществлять поиск интересующей информации и просматривать результаты. При этом учитываются как предоставленные им права доступа, так и ограничения доступа к определенным фактографическим данным.

Ввод данных в базу осуществляется через специализированные экранные формы. Все процедуры ведения данных реализуются с помощью небольшого набора типовых функций, обеспечивающих: вывод записей, хранимых в таблицах БД; формирования формы для добавления записей в БД; добавление новых записей в таблицы БД; формирования формы для редактирования записей в таблицах БД; обновление записей в таблицах БД; удаление записей из таблиц БД. Как правило, данные вводимые в поля формы при записи в базу данных распределяются по нескольким таблицам. Для минимизации ошибок ввода и упрощения процедур поддержания целостности данных в диалоговых формах широко используются списки выбора, позволяющие повторно использовать уже введенные в базу значения атрибутов. Эффективность использования списков повышается за счет разработанных процедур синхронизации выводимых в списках наборов значений, относящихся к взаимосвязанным информационным сущностям различных классов. Например, на форме поиска результатов исследований представлены список «Научные единицы» (экземпляры класса «Исследователи»), а также списки «Проекты» и «Результаты». При выборе конкретного значения из списка «Проекты» процедуры синхронизации обеспечат формирование содержимого двух других списков только экземплярами научных единиц и результатов, относящихся к выбранному проекту. В системе реализована возможность начинать выбор с любого из представленных списков, что обеспечивает реализацию нескольких путей доступа к информации. Возможность варьирования «маршрута» доступа к данным, по мнению автора, является весьма полезной функцией информационной системы, так как пользователи имеют возможность выбирать различные

критерии поиска необходимых данных с учетом конкретной решаемой задачи и личных предпочтений.

Разрабатываемая информационная система ориентирована на реализацию доступа к данным через веб-интерфейс. Структура сайта включает набор страниц, соответствующих основным компонентам концептуальной модели данных («Исследовательские организации», «Сотрудники», «Проекты» и т.д.). Если пользователь является администратором одного из 4 указанных выше уровней администрирования, то ему доступны соответствующие его уровню и полномочиям страницы администрирования данных. Страница «Управление пользователями» доступна только администраторам системы, которые отвечают за выдачу прав доступа всем остальным пользователям системы.

На настоящем этапе разработки информационной базы междисциплинарных исследований АЗРФ определена структура базы данных, принципы регламентированного доступа к хранимой информации, включая полномочия администраторов 4-х уровней. Разработаны основные компоненты веб-интерфейса системы и процедуры взаимодействия интерфейсных модулей с базой данных.

Литература

1. Информационные ресурсы Сибирского отделения РАН [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://www-sbras.nsc.ru/win/nsc-net/info99.html>.
2. Информационная система «Архивы Российской академии наук» [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://isaran.ru/?q=welcome>
3. Вдовицын В. Технологии информационного обеспечения научных исследований в ИАС «Природные ресурсы Карелии» / В. Вдовицын, В. Лебедев // Информационные ресурсы России. - 2012. - №1 – С.7 – 12.
4. Олейник А.Г. Разработка структуры единой информационной базы данных в рамках интеграции научных исследований и высшего образования в регионе /А.Г. Олейник, Я.Е. Штивельман // Системы информационной поддержки регионального развития. - Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 1998. - С.19-24.
5. Бездушный А.Н. Единое научное информационное пространство (ЕНИП) РАН /Бездусный А.Н., Серебряков В.А. [Электронный ресурс] - Режим доступа: www.benran.ru/magazin/inaros/seminar/2010/1.doc
6. Серебряков В. А. Работы Вычислительного центра РАН в области распределенных информационных систем // Вестн. Новосиб. гос. ун-та. Серия: Информационные технологии. 2014. Т. 12, вып. 3. С. 100–123. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://www.nsu.ru/xmlui/bitstream/handle/nsu/6870/09.pdf>.

Орлова Е. Р.

ОЦЕНКА ИНВЕСТИЦИОННОГО КЛИМАТА РОССИИ И ЕЕ РЕГИОНОВ

Москва, Институт системного анализа Федерального исследовательского центра «Информатика и управление» РАН

Аннотация. Доклад посвящен обсуждению вопросов системной оценки инвестиционного климата России, анализируются изменения, произошедшие за последние годы в рейтингах инвестиционной привлекательности, разрабатываемых как зарубежными, так и отечественными рейтинговыми агентствами для страны в целом, так и для отдельных ее регионов. Предпринята попытка разобраться, с чем связаны изменения в рейтингах инвестиционной привлекательности и как они влияют на реальный приток или отток инвестиций.

Инвестиционная деятельность в рыночных условиях хозяйствования является предпринимательской деятельностью и осуществляется на инвестиционном рынке, состояние которого характеризуется такими показателями как спрос, предложение, цена, конкуренция и т.д.

Изучение рыночной конъюнктуры инвестиционного рынка чрезвычайно важно для инвесторов, так как принятие неадекватных инвестиционных решений может привести к снижению доходов, а иногда и к потере капитала.

Обычно последовательность изучения инвестиционного рынка имеет следующий вид:

- оценка инвестиционного климата страны;
- оценка и прогнозирование инвестиционной привлекательности регионов;
- оценка и прогнозирование инвестиционной привлекательности отраслей (подотраслей) экономики;
- оценка инвестиционной привлекательности отдельных предприятий;
- разработка инвестиционной стратегии предприятия;
- оценка инвестиционной привлекательности отдельных инвестиционных проектов и программ;
- исследование механизмов управления инвестиционным портфелем предприятия.

При оценке инвестиционного климата регионов России общепринято выделять две относительно самостоятельные составляющие – инвестиционный потенциал и инвестиционный риск, или инвестиционную активность и инвестиционный риск. До недавнего времени практически все эксперты указывали на то, что резерв улучшения инвестиционной привлекательности регионов связан со снижением риска, главным образом за счет улучшения законодательной базы по инвестированию на региональном уровне. Законодательный риск позиционировался как наиболее существенная компонента инвестиционного риска региона. Однако, три года назад, при рассмотрении очередного российского регионального рейтинга, составляемого консалтинговым агентством «Эксперт-РА», обнаружилось, что законодательный риск вообще исключен из перечня инвестиционных рисков региона.

Этот факт заставил автора более внимательно и системно пройти по изменениям, произошедшим за последние десятилетия в рейтингах инвестиционной привлекательности, и попытаться понять, насколько они влияют на реальный приток или отток инвестиций на региональном уровне.

Автор не ставит целью построение собственных моделей и рейтингов инвестиционного климата регионов, а лишь проводит комплексный анализ уже существующих моделей, пытаясь оценить их полноту и адекватность.

Павлов А.А., Датьев И.О., Шишаев М.Г.

ТЕСТИРОВАНИЕ ПРОТОКОЛОВ МАРШРУТИЗАЦИИ МНОГОШАГОВЫХ БЕСПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ

Апатиты, Институт информатики и математического моделирования КНЦ РАН

Аннотация: Работа посвящена исследованию существующих протоколов маршрутизации многошаговых беспроводных сетей в различных условиях функционирования. В рамках работы созданы имитационные модели и представлены выводы об эффективности применения различных протоколов маршрутизации для решения конкретных задач.

В настоящее время многошаговые беспроводные сети являются объектом исследования ученых и различных организаций во всем мире. Такой интерес обоснован практической ценностью подобных сетей. Многошаговые беспроводные сети рассчитываются для применения в поисково-спасательных и военных операциях, местах большого скопления людей (для обслуживания участников конференций и других мероприятий), а также на территориях с отсутствующей наземной телекоммуникационной инфраструктурой, что особенно характерно для малозаселенных районов Арктики. Данный тип сетей может быть использован для организации связи с наземным транспортом, роботами, различными беспилотными летательными аппаратами (дронами). Посредством успешного применения беспроводных многошаговых сетей может быть увеличено расстояние радиодоступности дистанционно-управляемых устройств, а значит - расширен перечень труднодоступных

территорий и конкретных объектов (например, промышленных), где возможно применение подобных устройств. В некоторых случаях, беспроводные многошаговые сети могут стать заменой традиционным сетям мобильной связи.

Одной из основных проблем многошаговых беспроводных сетей является маршрутизация. Это связано с возможностью постоянного перемещения узлов сети и ограниченного ресурса источников питания, вследствие чего, практически невозможно точно предсказать доступность узла в определенный момент времени. Предлагаемые различными авторами решения, как правило, показывают неплохие результаты лишь в достаточно узком диапазоне условий функционирования сетей. Так, при увеличении количества узлов в сети или плотности узлов на локальном участке, возрастают потери пакетов передаваемых данных, обусловленные перегрузкой узлов сети, отчасти вызванной периодическим обменом служебных сообщений.

В рамках данной работы созданы имитационные модели вариантов развертывания беспроводных многошаговых сетей при реализации различных сценариев. Среди созданных имитационных моделей могут быть выделены экспедиционная база в Арктическом регионе и небольшая военная операция. Количество участников экспедиции составляет порядка 30-50 человек, у каждого из которых присутствует мобильное устройство, являющееся узлом беспроводной сети. Участники экспедиции могут находиться на большом расстоянии друг от друга, на территории расположены объекты, препятствующие распространению сигнала. Военная операция проводится силами небольших групп (до 50 групп по 3-8 человек) на территории предполагаемого противника. Здесь ландшафт представляет собой более ровную (чем в экспедиции) поверхность, группы обладают сравнительно большей мобильностью. Разработанные модели реализованы на основе сетевого симулятора Riverbed Modeler Academic Edition. Примерная площадь территории функционирования сети составляет 5x5 км, скорость узлов 4-5 км\ч, скорость подъема – 1-3 км\ч, параметры протоколов - стандартные, мощность передачи - 0.005 W, скорость передачи данных - 24 Мбит. В качестве используемых для передачи данных протоколов было произведено сравнение наиболее распространенных DSR, AODV, OLSR, GRP, TORA.

На основании полученных результатов сделаны выводы об эффективности работы различных протоколов маршрутизации в определенных условиях функционирования сети, что позволит выбрать наиболее подходящий для решения конкретной задачи протокол маршрутизации при развертывании многошаговой беспроводной сети. Следует отметить, что на сегодняшний день, не существует общепринятой методики и соответствующих имитационных моделей тестирования разработанных алгоритмов маршрутизации многошаговых беспроводных сетей. Разработанные модели могут послужить основой для создания такой методики.

Парфенова М.Я.

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ПОСТРОЕНИЯ СТРАТЕГИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Москва, Московский университет имени С.Ю. Витте

Аннотация. В работе рассматривается научная проблема повышения эффективности перехода информационных технологий организации на новый уровень системности. Проводится анализ методологических проблем по разработке стратегического профиля инновационного развития информационных технологий организации как комплексного механизма системного анализа.

Информационные технологии (ИТ) на протяжении последних четырех десятилетий очень быстро развиваются, постоянно появляются новые технические решения. Современные ИТ не имеют территориальных границ по информационным базам, программному обеспечению, информационным сервисам, что в принципе меняет форму их применения в организациях. Высокие темпы развития ИТ и короткий жизненный цикл

технологий вызывают необходимость постоянного развития методов и подходов к оценке их эффективности, адаптации существующих методологий, разработки практических методик для конкретных условий организации.

При переходе ИТ организации на новый уровень системности возникают значительные непроизводственные затраты, которые связаны с рядом факторов, в том числе организационно - технических: потеря информации или высокая трудоемкость адаптации существующих баз данных к новой среде; изменение логики бизнес – процессов по обработке информационных потоков и длительный период накопления организационных знаний персоналом; недостаточный уровень устойчивости внедряемых систем и технологий в ходе решения производственных задач, в том числе и по причине человеческого фактора. Указанные факторы можно отнести к локальным задачам организации, хотя они являются характерными в переходных условиях. Кроме того, в этих условиях возникают также общесистемные задачи, от решения которых зависит степень риска всего проекта: совместимость программного обеспечения, перспективы поддержки производителем программного обеспечения и специализированных ИТ обработки информации, функциональная полнота внедряемых приложений, операционная среда ИТ (операционные системы, системы управления базами данных), уровень конформности ИТ в целом и отдельных компонентов, жизненный цикл информационных систем и технологий с учетом перспективы их развития, уровень защиты информационных ресурсов. Эффективность функционирования компонентов ИТ на всех этапах жизненного цикла, а также эффекты от инвестиций в ИТ в целом во многом зависят от решения указанных общесистемных задач.

В области управления информационными технологиями выработаны определенные подходы, своды знаний и методологии. Наиболее известными из них являются ITIL (IT Infrastructure Library), COBIT (Control Objectives for Information and Related Technologies), PRINCE2 (PRjects IN Controlled Environments 2), TOGAF (The Open Group Architecture Framework) и др. Существующие методологии и методы ориентированы на управление информационными технологиями на этапах разработки программного обеспечения, внедрения, сопровождения и развития [1]. В условиях глобализации информационных процессов, возникновения облачных технологий меняются принципы управления и объектом управления становятся не технологии, а информационные сервисы, обслуживающие бизнес – процессы организации. Существующие методологии и методы становятся недостаточными для решения проблем, связанных с инновационным развитием ИТ организации.

В настоящее время информационные технологии в своем развитии достигли нового уровня системности, в качестве отдельных направлений можно указать следующие: «облачные» вычисления; расширение сферы применения планшетных компьютеров; стирание границ по информационным базам, программному обеспечению и информационным сервисам; концентрация мирового опыта в создании программного обеспечения с открытым кодом, интернационализация аппаратных компонентов путем интеграции составных элементов; ведение целевой государственной политики по импортозамещению. Как известно, в 80-е годы прошлого столетия при переходе российских организаций от ИТ на базе ЭВМ серии ЕС на персональные компьютеры были потеряны колоссальные объемы цифровой обработанной и структурированной информации, поскольку не были созданы интерфейсы для взаимодействия разнородных вычислительных комплексов, да и задачи такие не ставились. В настоящее время необходимость перехода к другому информационно – технологическому укладу с учетом экспоненциального роста объема данных может составить еще большие объемы непроизводственных затрат.

Для решения проблемы повышения эффективности перехода информационных технологий на новый уровень системности рассматривается подход на основе построения стратегического профиля как комплексного инструмента системного анализа. Стратегический профиль ИТ организации – это спецификация взаимосвязанных модулей функциональности и средств их реализации с оценкой показателей по заданному множеству критериев для обеспечения необходимого набора сервисов, а также согласованных программных

реализаций, параметризованных с использованием стандартизованных спецификаций и решений и экспертных оценок на соответствие стандартам. Построение стратегического профиля на абстрактном уровне рассматривается в качестве композиционного оператора в пространстве информационных технологий [3]. Базисом композиционного оператора служат спецификации, соответствующие эталонным моделям ИТ по уровням их декомпозиции.

Для построения стратегического профиля инновационного развития ИТ организации необходимо создать научно – методологические основы, обеспечивающих решение следующих задач [2]: формирование статической и динамической структур стратегического профиля, соответственно определяющих структурную устойчивость и экономическую рентабельность информационных систем и уровень инновационного развития информационных технологий организации; оценку потенциалов статической и динамической структур стратегического профиля; селекцию компонентов ИТ посредством определения наиболее эффективных их комбинаций для реализации необходимых сервисов; сравнительную оценку альтернатив стратегического профиля инновационного развития ИТ организации, построение множества сценариев и моделирование рисков для достижения оптимального варианта при заданных критериях и ограничениях; выбор наилучшей альтернативы на основе построения многокритериальной функции полезности альтернатив.

В работе определена научная проблема повышения эффективности перехода ИТ организации на новый уровень системности, предложено решение данной проблемы путем построения стратегического профиля инновационного развития ИТ организации, сформулированы основные направления создания научно – методологических основ для построения стратегического профиля как комплексного инструмента системного анализа.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант 16-06-00486).

Литература

1. Голосовский, М.С. Модель оценивания погрешностей прогнозирования сроков разработки программного обеспечения / М.С. Голосовский // Программные системы и вычислительные методы. - 2015. - № 1. - С. 59-68.
2. Парфенова, М.Я., Маликов, С.Н., Литвин, Ю.В. Формализация современных механизмов управленческой деятельности: монография / М.Я. Парфенова, С.Н. Маликов, Ю.В. Литвин. Моск. ун-т им. С.Ю. Витте. М.: изд. «МУ им. С.Ю. Витте», 2015. -188 с.
3. Сухомлин, В.А. Введение в анализ информационных технологий. / В.А. Сухомлин – М.: Горячая линия – Телеком, 2003.

Попков А.Ю., Зубарев Д.В.

ВЫЧИСЛЕНИЕ ЭНТРОПИЙНО-РОБАСТНЫХ ОЦЕНОК НА ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ ГЕТЕРОГЕННОЙ АРХИТЕКТУРЫ

Москва, Институт системного анализа Федерального исследовательского центра «Информатика и управление» РАН

Аннотация. В работе рассматривается реализация алгоритма вычисления энтропийно-робастных оценок рандомизированных моделей, ориентированная на современные вычислительные системы, допускающие массивно-параллельную обработку на разных уровнях параллелизма. Работоспособность и эффективность предлагаемой технологии подтверждается экспериментальными исследованиями на тестовой задаче.

Качественное развитие вычислительной техники, наблюдаемое в последнее десятилетие, привело к появлению новых подходов к решению различных задач, реализация которых ранее была либо слишком трудоемкой, либо невозможной на существовавшем уровне развития соответствующего инструментария.

Одним из таких направлений является довольно обширная тематика, связанная с извлечением полезной информации или «знаний» из некоторого набора «данных». Под одной из интерпретаций этой общей проблемы понимается параметрическое и

непараметрическое оценивание характеристик модели с использованием реальных данных. К настоящему времени в различных отраслях науки накоплен большой опыт решения подобных задач в разных областях [1-11].

В [12, 13] предлагается метод энтропийно-робастного оценивания, ключевой особенностью которого является переход к *рандомизированной* модели, в которой параметры являются случайными объектами. Оценками таких параметров будут являться не значения, а их вероятностные характеристики, которые реализуются функциями плотности распределения вероятностей.

Вычисление энтропийно-робастных оценок сопряжено с решением задачи функционального энтропийно-линейного программирования. Ключевым этапом ее решения является решение соответствующей системы уравнений, содержащей многомерные интегральные компоненты, не допускающие их эффективное аналитическое исследование. Последнее обстоятельство приводит к трудностям в применении существующих методов решения подобных задач.

Для решения указанной задачи предлагается использовать метод, основанный на пакетных итерациях Монте Карло [14, 15], результатом работы которой является приближенное значение *глобального* экстремума заданной функции, оценка окрестности точного решения и оценка вероятности попадания приближенного значения глобального экстремума в эту окрестность.

Алгоритм, реализующий этот метод [15], основан на программной модели SPMD [16, 17], которая может быть эффективно реализована на вычислительных системах различной архитектуры. В работе рассматривается его реализация для вычислительных систем гетерогенной архитектуры, оснащенных массивно-параллельными ускорителями NVIDIA.

Задача энтропийно-робастного оценивания сводится к задаче поиска решения уравнения вида

$$\Phi(\theta) = 0, \quad (1)$$

которая сводится к минимизации невязки

$$J(\theta) = \|\Phi(\theta)\| = \left(\sum_k \phi_k^2(\theta)\right)^{\frac{1}{2}} = 0, \quad (2)$$

где ϕ_k — компоненты вектор-функции Φ .

Алгоритм решения задачи (2) основан на итерационном процессе, на каждой итерации k которого реализуется трехфазовая процедура, состоящая из фазы генерации, фильтрации и выбора. Фаза генерации состоит в построении пакета Z_k из N_k независимых, равномерно распределенных в единичном кубе случайных точек (векторов) $\{z^1, \dots, z^{N_k}\}$. Далее производится «фильтрация» пакета для того, чтобы оставить только допустимые точки, составляющие пакет допустимых векторов $\tilde{Z}_k$. Для точек из этого пакета вычисляются значения функции $F(z^j)$ и производится выбор минимального «квази-глобального» значения F_k^* и соответствующий ему аргумент z_k^* . Для применения алгоритма к решению задачи (2) необходимо произвести преобразование переменных θ в z . В работе используется линейное преобразование.

Реализация алгоритма ориентированна на использования иерархического (многоуровневого) параллелизма на основе стека технологий MPI+OpenMP. Такая архитектура позволяет задействовать вычислительные модули различной конфигурации, в том числе оснащенные ускорителями различных архитектур.

Вычисления для каждого элемента данных (точек из пакета Z) реализуются в «виртуальных» потоках, которые могут отображаться группами в процессы и/или потоки и выполняться на соответствующем оборудовании (центральный процессор и/или ускоритель).

Для реализации вычислений в виртуальном потоке используется библиотека Thrust [18, 19]. Главной ее особенностью является предоставление унифицированного со стандартной библиотекой шаблонов C++ интерфейса к структурам данных и алгоритмам, реализованным с помощью технологий OpenMP [20], TBB [21] и CUDA [22]. Необходимо также отметить,

что фазы генерации и фильтрации представляют собой абстрактную операцию сканирования (scan), а фаза выбора — абстрактную операцию редукции или свертки (reduce). Эффективная реализация этих операций определяется целевой программно-аппаратной платформой [23].

Для исследования реализации алгоритма использовалась тестовая задача оценивания параметров дискретной динамической рандомизированной модели (ДДРМ) со структурированными нелинейностями второй степени и аддитивным случайным шумом.

Вычисления проводились на вычислительной системе из двух узлов со следующими характеристиками: узел (Тип 1), оснащенный 2 процессорами Intel Xeon X5650 (6 ядер, 12 потоков), работающим на частоте 2,66 ГГц, 32 Гб оперативной памяти и 2 ускорителями NVidia Tesla M2050; узел (Тип 2), оснащенный 2 процессорами Intel Xeon E5-2650V2 (8 ядер, 16 потоков), работающим на частоте 2,6 ГГц, 64 Гб оперативной памяти и 2 ускорителями NVidia Tesla K20Xm.

Расчеты, проведенные отдельно на каждом из узлов показали, что общая производительность вычислительной системы ограничена производительностью менее производительного узла. Этот факт подтверждается теорией и говорит о том, что при использовании подобных неоднородных по структуре вычислительных модулей систем необходимо прибегать к соответствующей балансировке нагрузки. В текущей реализации такой балансировки не производилось, данные разделяются равномерно в зависимости от доступных вычислительных модулей.

Литература

1. Кендал, М.Д., Стьюарт, А. Статистические выводы и связи / М.Д.Кендал, А.Стьюарт – М.: Наука, 1973. – 896 с.
2. Крамер, Г. Математические методы статистики / Г.Крамер – М.: Мир, 1975. -648 с.
3. Кобзарь, А.И. Прикладная математическая статистика / А.И. Кобзарь – М. : Физматлит, 2006. – 816 с.
4. Айвазян, С.А., Мхитарян, В.С. Прикладная статистика и основы эконометрики / С.А.Айвазян, В.С.Мхитарян – М.: Юнити, 2001. – 656 с.
5. Golan, A., Judge, G., Miller, D. Maximum Entropy Econometrics: Robust Estimation with Limited Data. / A.Golan, G.Judge, D.Miller – New York: John Wiley & Sons, 1996. – 324 p.
6. Golan A. Information and entropy econometrics - a review and synthesis / A.Golan // Foundation and Trends in Econometrics. - 2006. - Vol. 2. - No. 1-2. - P. 1–145.
7. Ширяев, А.Н. Стохастическая финансовая математика / А.Н. Ширяев – М.: Наука, 2002. – 319 с.
8. Поляк, Б.Т., Щербаков, П.С. Робастная устойчивость и управление. / Б.Т.Поляк, П.С.Щербаков – М.: Наука, 2002. – 303 с.
9. Вапник, В.Н., Червоненкис, А.Я. Теория распознавания образов / В.Н.Вапник, А.Я.Червоненкис – М.: Наука, 1974. – 416 с.
10. Мерков, А.Б. Распознавание образов: Введение в методы статистического обучения / А.Б.Мерков – М. : URSS, 2011.- 256 с.
11. Мерков, А.Б. Распознавание образов: Построение и обучение вероятностных моделей. / А.Б.Мерков – М.: ЛЕНАНД, 2014. – 238 с.
12. Попков, Ю.С., Попков, А.Ю., Лысак, Ю.В. Оценивание характеристик рандомизированных статических моделей данных (энтропийно-робастный подход)/ Ю.С.Попков, А.Ю.Попков, Ю.В.Лысак // Автоматика и телемеханика. - 2013. - № 11. - С. 114–131.
13. Попков, Ю.С., Попков, А.Ю., Лысак, Ю.В. Оценивание характеристик рандомизированных динамических моделей данных (энтропийно-робастный подход) / Ю.С.Попков, А.Ю.Попков, Ю.В.Лысак // Автоматика и телемеханика. - 2013. - № 5. - С. 83–90.
14. Дарховский, Б.С., Попков, А.Ю., Попков, Ю.С. Метод пакетных итераций Монте Карло для решения систем нелинейных уравнений и неравенств: вероятностные

- характеристики/ Б.С.Дарховский, А.Ю.Попков, Ю.С.Попков // Автоматика и телемеханика. - 2015. - № 5. - С. 87–98.
15. Дарховский, Б.С., Попков, А.Ю., Попков, Ю.С. Итерационный МК-алгоритм решения задач глобальной оптимизации / Б.С.Дарховский, А.Ю.Попков, Ю.С.Попков // Автоматика и телемеханика. 2015, в печати.
 16. Dongarra, J. J. Sourcebook of parallel computing. – San Francisco CA : Morgan Kaufmann Publishers, 2003.
 17. Воеводин, В.В., Воеводин, Вл.В. Параллельные вычисления. / В.В.Воеводин, Вл.В.Воеводин – СПб.: БХВ-Петербург, 2004. – 608 с.
 18. Bell N., Hoberock J. Thrust: A Productivity-Oriented Library for CUDA // GPU Computing Gems Jade Edition / Ed. by Wen-mei W. Hwu. – San Francisco, CA, USA: Morgan Kaufmann Publishers Inc., 2011. - P. 359–371.
 19. Thrust — Parallel Algorithms Library. – Режим доступа: <http://thrust.github.io/> (Дата обращения: 2.11.2015).
 20. OpenMP Specifications. . – Режим доступа: <http://openmp.org/wp/openmp-specifications/> (Дата обращения: 2.11.2015).
 21. Threading Building Blocks Documentation. . – Режим доступа: <https://www.threadingbuildingblocks.org/documentation/> (Дата обращения: 2.11.2015).
 22. About CUDA. . – Режим доступа: <https://developer.nvidia.com/about-cuda> (Дата обращения: 2.11.2015).
 23. Lin, C., Snyder, L. Principles of parallel programming. – Boston, MA : Pearson/Addison Wesley, 2009.

Попков Ю.С.

РАНДОМИЗИРОВАННЫЕ ПРОЦЕДУРЫ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Москва, Институт системного анализа Федерального исследовательского центра «Информатика и управления» РАН

В последние годы наблюдается определенный тренд в формировании направлений научных исследований, в котором предпринимаются попытки создания математического и информационно обеспечения для решения кластера разнородных по содержанию, но похожих по математическим моделям задач. Такой интеграционный подход, аналогичный в каком-то смысле системному подходу, привел к появлению весьма звонких названий кластеров, типа Data Mining, Big Data, Data Science, которые имеют технологическую окраску и различия между которыми исключительно терминологические и вербальные. Все эти кластеры построены на автоматизации применения методов оптимизации и статистики и отличаются объемом сервисов, предоставляемых пользователю.

В отличие от этих кластеров, в названиях которых нет ничего, чтобы показывало их нацеленность на классы решаемых задач, существует и достаточно популярно *научное направление Machine Learning (ML)*. Его не случайно следует отнести не кластеру, а именно, к научному направлению. Во-первых, в нем обозначены классы задач, структуры данных, и математические методы их решения, и во-вторых, у него есть 50-летняя история, к которой были разные периоды спада и подъема интереса, в значительной степени коррелированного с прогрессом вычислительной техники.

Область научного знания, которая именует себя machine learning, строиться на системном объединении многих предметных областей научного знания, как естественно - научных, так и гуманитарных, при том, что их интегратором выступают разделы математики, ориентированные на применение компьютеров. Пожалуй, не будет преувеличением утверждать, что общая постановка проблемы обучения машин базируется на триаде: данные, модели, алгоритмы. Все элементы этой триады существенно опираются на соответствующие предметные области, что приводит к определенной их специфике.

Ясно, что в задачах классификации, регрессии, распознавания и кластеризации имеются особенности, которые приводят к необходимости адаптировать общие подходы машинного обучения. Однако больший интерес представляют их общие свойства, которые состоят в следующем.

Исходной информацией в ML-задачах являются массивы данных, происхождение которых с точки зрения их природы не известно, либо данными, природа которых случайна. Для первого типа данных отсутствуют какие-либо основания приписывать им какие-то <<native>> характеристики. Особенность таких данных делает повторяемость результатов завершённого акта машинного обучения на других массивах данных негарантированной.

Для данных со случайной природой ситуация кажется более обнадеживающей. Но <<случайная природа>> - это всего лишь гипотеза, количественное описание которой трансформируется в функцию плотности распределения вероятностей или функцию распределения вероятностей. Поскольку массивы данных конечны, то можно говорить лишь о каких-то аппроксимациях этих функций. Как будут меняться аппроксимации при изменении состава массивов - не известно. Поэтому отсутствие указанных выше гарантий для данных первого типа скрывается под <<крышей>> вероятностей для данных второго типа.

В задачах классификации, кластеризации, распознавания предполагается, что данные имеют точные атрибуты. Если эти данные - числа, то считается, что они являются результатами точных измерений реального процесса. Однако в реальных задачах такое предположение весьма сомнительное. Так, например, в задачах классификации текстов входные данные - веса документов могут иметь ошибки из-за того, что объёмы и другие индикаторы коллекций могут меняться непредсказуемым образом. Классы хранилищ могут пересекаться, что затрудняет работу <<учителя>>, относящего документ к тому или иному хранилищу. Последнее порождает ошибки в обучающей последовательности.

В задачах моделирования поведения динамических объектов, используются данные, измеряемые приборами, которые неидеальны. Измерения сопровождаются методическими и случайными ошибками, которые влияют на качество работы ML-алгоритмов.

В ML-процедурах используются модели с неслучайными параметрами, значения которых не известны. Цель обучения - получить оценки значений этих параметров. Параметризованные модели делятся на два класса: параметризованные зависимостей между входными и выходными данными и параметризованные совместные вероятностные характеристики (плотности распределения вероятностей и распределения вероятностей) входных и выходных данных. Однако в обоих классах моделей параметры неслучайные.

Все ML-процедуры базируются на минимизации функций, которые характеризуют эмпирический риск. Эти функции зависят от имеющихся данных и параметров модели. Важным свойством ML-алгоритмов является их ориентация на методы поиска безусловного минимума функции многих переменных.

Предлагается новый класс ML-процедур - рандомизированные ML-процедуры (RML-процедуры). Предполагается, что массив входных данных содержит точные данные, а выходных - данные с ошибками интервального типа, т.е. с известными диапазонами их значений. Ошибки в выходных данных имитируются случайными векторами.

Вероятностные свойства шумов характеризуются функциями плотности распределения вероятностей (ПРВ)

Параметризованная модель (PM) имеет случайные параметры с независимыми компонентами интервального типа. Вероятностные свойства параметров характеризуются функциями плотности распределения вероятностей (ПРВ). Выход модели характеризуется k -средними значениями компонент вектора выхода.

Основной этап в процедуре RML имеет принципиальные отличия от ML-процедуры. В качестве функционала <<неэмпирического>> риска предлагается ввести функционал информационной энтропии, определённый на функциях ПРВ случайных параметров модели и шума. Основанием для такого предложения могут быть, по крайней мере, два соображения.

Первое связано с расширением понятия правдоподобия, а именно, с переходом от функции правдоподобия к функционалу правдоподобия, и далее - к функционалу информационной энтропии.

Второе базируется на методологических интерпретациях понятия информационной энтропии как меры неопределенности.

Максимизации информационной энтропии гарантирует получение наилучших решений при максимальной неопределенности. Поскольку информационная энтропия характеризует неопределенность, связанную не только со случайными параметрами модели, но с шумами наблюдений, то последнее ее качество гарантирует получение наилучших оценок для максимально неопределенных (в единицах энтропии) шумов.

Вводится эмпирических балансов, суть которого состоящее в том, чтобы k -средние значения наблюдаемого выхода модели балансировались с выходными данными.

Ростопшин Ю.А.

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫХ СИСТЕМНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Москва, Институт системного анализа Федерального исследовательского центра «Информатика и Управление» РАН

Аннотация. В докладе предлагаются возможные варианты: понятия «система»; основной концепции общей теории систем; общей процедуры системного подхода исследования объектов междисциплинарных исследований.

Проблемы

Современной науке приходится иметь дело с объектами, включающими компоненты, традиционно относимые к сферам частных научных направлений. В частных научных направлениях реализуются собственные системные подходы, основанные на частных понятиях «система», частных концепциях систем; используются собственные представления структур и функций объектов рассмотрения. Попытки построения общего системного подхода на основе синтеза частных подходов пока не привели к ожидаемым результатам. По-видимому, это и стало одной из главных причин падения престижа науки в конце XX века, возникновения сомнений в реализуемости рационального планирования общественного развития [1-2].

Основными причинами здесь являются:

- чрезвычайно большие размерности моделей и связанные с этим трудности их верификации;
- отсутствие изоморфизмов в представлении исследуемых объектов в качестве систем и в их последующих формализованных описаниях - математических моделях.

Однако указанные проблемы стали также и существенным стимулом развития методологических принципов науки, перехода от традиционных методологий аналитических исследований (частных методологий системного анализа) к методологии междисциплинарных системных исследований (общему системному подходу) [3].

К определению понятия «система».

Ключевым понятием системного подхода можно считать понятие «система». С уверенностью можно утверждать, что пока нет общенаучного определения этого понятия.

Основываясь на анализе широкого спектра существующих определений понятия «система» предлагается следующая его постановка.

*«.....«система» является моделью общего характера, т.е. **концептуальным аналогом некоторых** универсальных свойств (структурно-функциональных особенностей) рассматриваемых объектов» [3]. Эта идея определяет не правомерность применения понятия «система» к самому объекту рассмотрения. В мире, не содержащем абстрактного наблюдателя, формулирующего цель исследования, «систем», вообще говоря, не существует.*

Изменение критерия качества, точки зрения исследователя, его цели превращают представление одного и того же объекта в различные «системы» [4].

Кроме того в соответствии с концепцией системной целостности для того чтобы концептуальный аналог рассматриваемого объекта считался «системой» необходимо, чтобы он:

- было частью концептуального аналога (системы) большего объекта, включающего рассматриваемый объект как элемент структуры (являлось «микросистемой»);
- содержало в себе представления в качестве систем собственных структурных элементов, выполняя для них роль «макросистемы» [5-6]

Реализация изложенной схемы определения в качестве систем представлений об исследуемых объектах снимает проблему проявления субъективизма частных системных подходов в определении их структурно-функциональных характеристик. Однако, для получения на ее основе конструктивных математических моделей этого не достаточно.

Для создания таких средств можно считать признанной необходимость определения единой концепции предполагаемых к использованию типов систем – средства достижения изоморфизмов моделей – необходимого условия применимости формализованных методов их исследования.

Основная концепция общего системного подхода

Современная биосфера представляет собой общепланетарный механизм, трансформации энергии солнечного излучения в новые разнообразные формы земной энергии, реализуемой в абиотическом и биотическом круговоротах вещества и энергии.

Модели открытых систем широко используются в исследованиях геосферного абиотического круговорота, реализуемого под воздействием падающей на Землю солнечной энергии. Включение в абиотический кругооборот богатых свободной энергией биоорганических образований в определенной мере расширило энергонакопительные свойства геосферы. В этой связи представляется целесообразным и оправданным использовать концепцию открытых систем (точнее концепцию открытых неравновесных систем) и для представления в качестве систем биоорганических компонентов биосферы, особо сосредоточив при этом внимание на их функцию накопления солнечной энергии.

Описания протекающих в современной биосфере биологических процессов в терминах концепции открытых неравновесных систем является также важным с точки зрения реализации принципов изоморфизма системных представлений, создаваемых математических моделей, правомочности применения формализованных методов редукции (снятия проблемы проклятия размерности) последних.

В докладе на примере одной из возможных постановок задач осуществления устойчивого развития приводится последовательная схема реализации общего системного подхода создания модельного аппарата, предназначенного для поиска допустимых управлений, отвечающих целевым ориентациям развития [7].

Литература

1. Пospelов, И.Г. Моделирование экономических структур. / И.Г. Пospelов - М.: ФАЗИС * ВЦ РАН, 2003; - XIV+194 с.
2. Гаазе-Рапопорт, М.Г. Кибернетика и теория систем. / М.Г. Гаазе-Рапопорт // «Системные исследования». Ежегодник – 1973. - М., 1973. - С. 63 – 75.
3. Рапопорт, А. Различные подходы к общей теории систем./ А.Рапопорт // «Системные исследования». Ежегодник – 1969. - М., 1969. - С. 55 - 79.
4. Берталанфи, Л. фон. Общая теория систем – обзор проблем и результатов. / Л. фон Берталанфи // «Системные исследования». Ежегодник – 1969. - М., 1969. с. 30 – 54
5. Попков Ю.С. Теория макросистем – равновесные модели. М.: Эдиториал УРСС, 1999. 320 с.

6. Ростопшин, Ю.А. Системно-методологические основы исследований устойчивого развития / Ю.А. Ростопшин // Системные исследования. Методологические проблемы. Ежегодник 2003-2005. М.: КомКнига/URSS, 2006. - С. 104-131.
7. Ростопшин, Ю.А. Основы системной методологии исследований устойчивого развития. / Ю.А. Ростопшин // Труды ИСА РАН. - Т. 42. - М.: Книжный двор «Либриком», 2009. - С.33-77.

Рубинович Е.Я.

О ПРОГРАММНОСТИ ТРАЕКТОРНОГО УПРАВЛЕНИЯ НАБЛЮДЕНИЯМИ

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

Аннотация. Рассматривается гауссовская линейно-квадратичная задача управления по неполным данным стохастическим объектом со стороны подвижного наблюдателя с нелинейной динамикой. Исследуются случаи программности его оптимальной траектории наблюдения.

Отличие рассматриваемой гауссовской линейно-квадратичной задачи (в западной литературе – LQG problem, от Linear Quadratic Gaussian) управления по неполным данным стохастическим объектом от классической постановки состоит в том, что уравнение стохастической динамики объекта наблюдения (ОН) и собственно уравнения наблюдений зависят от вектора текущего состояния подвижного наблюдателя.

Цель управления наблюдателем – выбор рациональной траектории его движения в смысле минимизации математического ожидания некоторого платежного функционала (платы).

В качестве платежного функционала рассматривается интегрально-терминальный функционал типа Больца с квадратичным интеграндом по управлению и фазовым координатам ОН и аддитивной терминальной частью, зависящей от точности оценки вектора состояния ОН, а также от состояний наблюдателя и ОН в заданный терминальный момент T .

В момент T допускается выполнение некоторых гладких терминальных условий, функционально связывающих состояние наблюдателя и точность оценивания вектора состояния ОН.

В подобного рода задачах оптимальное управление наблюдениями (траекторией наблюдателя, в рассматриваемом случае) обычно ищут в классе программных [1], т.е. как функцию времени и начальных условий. Возникает естественный вопрос: что даст расширение класса программных управлений наблюдателем до класса позиционных, т.е. до класса управлений, зависящих не только от времени и начальных условий, но и от вектора текущего состояния ОН?

В докладе рассматриваются два содержательных частных случая общей постановки задачи, при которых оптимальное управление наблюдателем программно. Приводятся примеры и доказательство соответствующих теорем.

Литература

1. Григорьев, Ф.Н., Кузнецов, Н.А., Серебровский, А.П. Управление наблюдениями в автоматических системах / Ф.Н. Григорьев, Н.А. Кузнецов, А.П. Серебровский, – М.: “Наука”, 1986. – 218 с.

Рыженко А.А.

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ФОРМАЛИЗАЦИИ УПРАВЛЯЕМЫХ ПРОЦЕССОВ ФАСЕТНОГО ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ДАННЫХ ОПРЕДЕЛЕННОГО ИНФОРМАЦИОННОГО ПРОСТРАНСТВА

Москва, ФГБОУ ВО Академия Государственной противопожарной службы МЧС России

Аннотация. Рассмотрен процесс формализации управляемых процессов независимо от абстрактных объектов при моделировании произвольных систем. Приведен пример использования данного механизма в базе правил при построении логических связей с базой ассоциаций в пределах определенного информационного пространства.

Многие целевые задачи федерального уровня формулируют проблемную область, основываясь на текущих технологиях и разработках. Целью, как правило, выступает либо совершенствование, либо внесение инновационных технологий. Допускается симбиоз, но по определенным правилам. Дополнительным проблемным моментом выступают также сроки проведения внедрения и апробации. В данных условиях, многие готовые или подготовленные решения добавляют коллизий или альтернативных вариантов, что только усложняет текущую обстановку.

Например, при переходе в декабре 2014 года Концепции «Безопасный город» из одного Министерства в другое, выявился ряд задач, связанных с систематизацией существующих систем и технологий с вновь переданными. Существующая программно-аппаратная платформа оказалась недостаточно гибкой для принятия столь массовых ресурсов, обновляемых и дополняемых ежечасно, ежедневно, ежеквартально и т.д.

Во второй половине 2015 года на государственном уровне принято решение о систематизации полученных ресурсов, разработки единой системы, разрабатываемой в виде ядра нового информационно-управляющего пространства, позволяющего внедрять в себя произвольные программные продукты. Тем не менее, отчетные материалы (январь, 2016 года) показали, что в настоящее время не существует подобных технологий как в виде готовых решений, так и на уровне моделирования. Российские и зарубежные компании не предоставляют подобных услуг в условиях требований масштабности. Частные решения способны реализовать только небольшие локальные задачи, в основном, связанные с элементами формирования документооборота. Проблемным моментом выделяют несколько приоритетных направлений: обработка массовых потоков информации для решения оперативных задач произвольного формата, согласование существующих и вновь добавляемых программных продуктов произвольной платформы и логическое построение планов и прогнозов стратегического уровня при перераспределении задач нижних уровней управляемой пирамиды единого информационного пространства (по аналогии со структурой системы управления типовой корпоративной информационной системы).

С точки зрения существующих теоретических подходов моделирования, первые две задачи можно формализовать с использованием CAS (оперативный уровень) и MAS (тактический уровень) соответственно. Верхний уровень управления достаточно проблематичен в связи с тем, что существующие методы моделирования, в основном, связаны с социальной или политической средой. В информационных системах и технологиях попытки формализации предприняты только на уровне SoS или подобных моделей. Тем не менее, единых методов формализации унификаций моделей данного уровня практически нет.

Данная проблема была описана еще в 70-80-х годах Колмогоровым А.Н. [1]. В своих работах, при попытке систематизации математических наук, автор показал, что попытки сведения трех необходимых составляющих (объект, процесс и явление) и трех профильных областей (синтаксис, семантика и прагматика) не могут моделироваться одинаково и быть описаны одним математическим аппаратом. Данная идеология была заложена в учебники алгебры (до сих пор используемые в процессе обучения). Тем не менее, в связи с недостаточным пониманием, многие предлагаемые направления были утрачены и/или забыты. Развитие

многих идей отложилось в теории множеств, где каждый элемент представлен как система (одновременно автономный и являющийся частью другого множества) [2].

Ранее представлены особенности представления и организации информации, моделируемой в виде управляемых процессов, а также особенности преобразования [3, 4]. Также опубликованы результаты, связанные с преобразованием данных при переходе с иерархических систем в фасетные [5, 6]. В продолжении работы приводится попытка разделения существующей системы хранения знаний в виде продукционных правил классической формы «если...то...» или их модификаций в совокупность двух составляющих: фасетную базу правил и нестрого иерархическую базу ассоциаций (рис. 1).

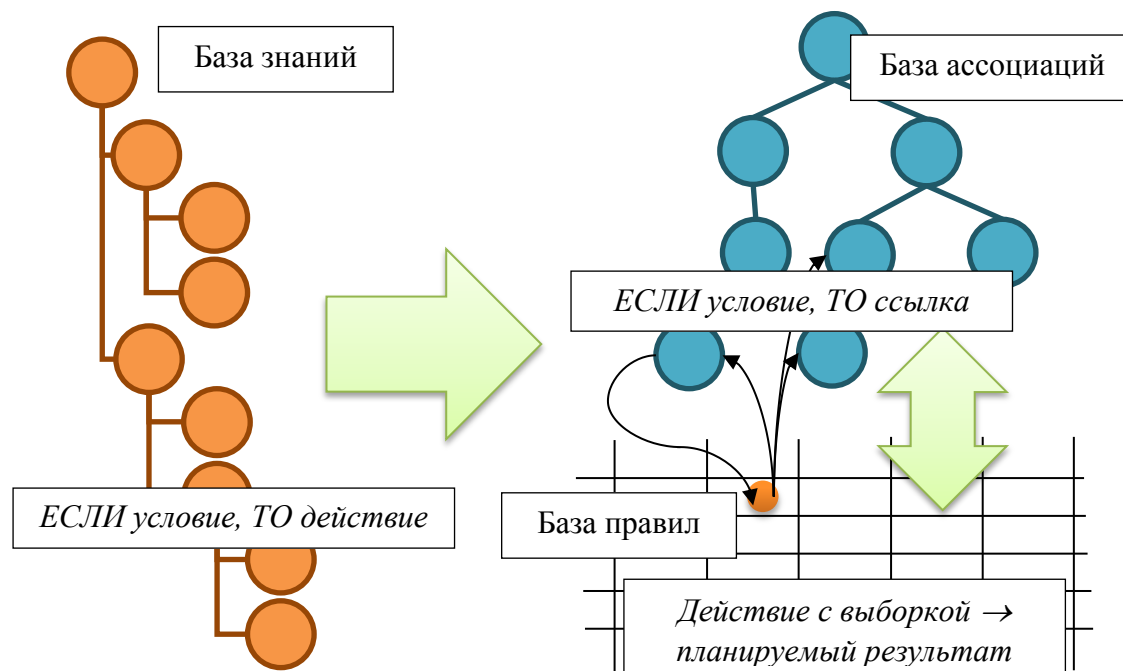


Рис. 1. Схема перехода формы построения правил

В данном случае, база ассоциаций представляет упрощенную иерархию классической базы знаний, где в результате действия предполагается неконкретное действие, а ссылка на ячейку фасета с готовым (или вновь добавляемым) правилом допустимых действий. Предлагаемый элемент снимает нагрузку на систему хранения и контроля транзакций на клиентском ПК, что существенно разгружает каналы связи при передаче потоковых и контролируемых данных по ограниченным каналам связи.

Второй компонент, база правил, представляет фасет или матрицу несвязанных между собой элементов. Классическая схема предполагает простой вариант: одна ячейка – четыре соседа (ячеистая система MS Excel или SQL систем). Тем не менее, существуют усложненные варианты, предполагающие больше 4-х соседей, а также возможные связи с ними. Например, данный механизм используется в кристаллографии при проектировании взаимосвязанных многогранных составных кристаллов произвольной формы. Данная технология также используется в компьютерной графике при оптимизации полигональной триангулярной поверхности.

В качестве примера можно рассмотреть процесс построения краткосрочного прогноза в рамках целевых прямой и обратной задач при построении точек пересечения (рис. 2).

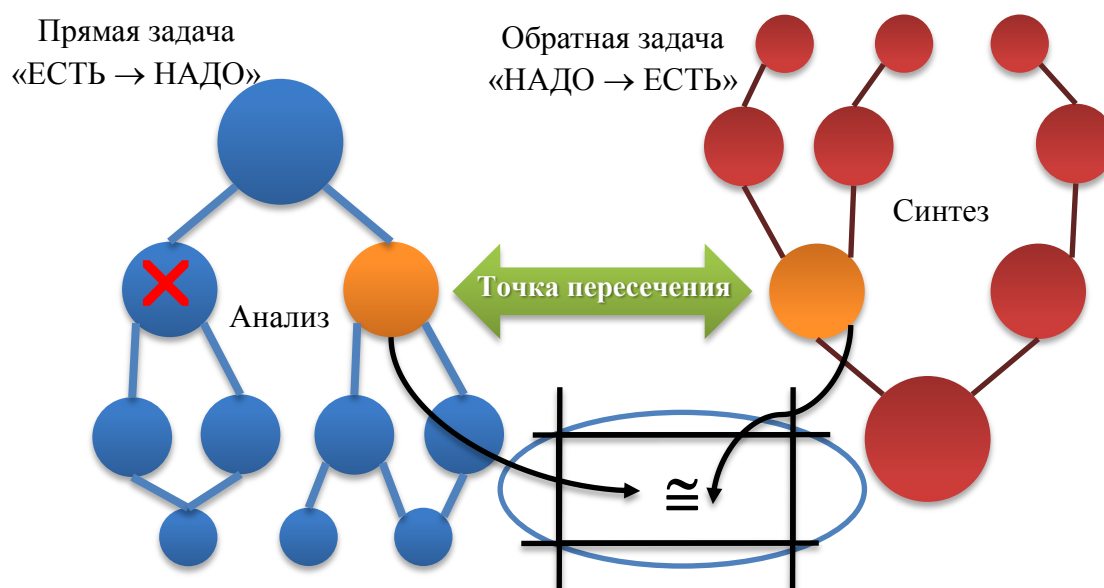


Рис. 2. Процесс построения краткосрочного прогноза в рамках целевых прямой и обратной задач при построении точек пересечения

В данном примере, фактическое (прямые зависимости) и целевое (обратные вычисления) краткосрочное прогнозирование предполагает независимое формирование задач управления. Точки пересечения двух деревьев задаются путем пересечения двух множеств управляемых процессов во временном разрезе за заданный период и определяют стратегию дальнейших действий.

Подводя промежуточные итоги, можно предположить, что использование фасетной технологии, а также разделение классических систем хранения и представления информации на более детальные компоненты может способствовать дальнейшему развитию систем поддержки управления для корпоративных масштабных систем.

Литература

1. А.Н. Колмогоров. – Режим доступа: <http://www.kolmogorov.info/books.html> (дата обращения 13.02.2016)
2. Не совсем наивная теория множеств. – Режим доступа: <http://patryshev.com/books/set-int.pdf>
3. Рыженко, А.А. Адаптивная система поддержки деятельности центров управления в кризисных ситуациях. Монография. / Н.Г. Топольский, Р.Ш. Хабибулин, А.А. Рыженко, М.В. Бедило. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2014. – 151 с.
4. Рыженко, А.А. Концепция формирования единой системы информирования и оповещения населения средствами МЧС России. Сборник трудов. / С.Ю. Бутузов, Ю.В. Прус, Е.В. Смирных, А.А. Рыженко, Н.Ю. Рыженко, О.В. Эльтемерова; под общей редакцией доктора технических наук, доцента С.Ю. Бутузова. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2014. – 163 с.
5. Рыженко, А.А. Фасетный метод анализа статистических данных по пожарам на территории РФ / Материалы 3-й международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов «Проблемы техносферной безопасности-2014». – М.: Академия ГПС МЧС России, 2014. – С. 297-299
6. Ryzhenko, A.A. Algebraic approach of the operated processes modeling of difficult systems / American Journal of Control Systems and Information Technology, 2014. – Т. 4, No. 2. – p. 17-21. <http://www.sbook.us/ajcsit/>

Рыженко А.А., Береснев Д.С.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОГРАММНОЙ СРЕДЫ КОМПЛЕКСНОГО УПРАВЛЕНИЯ АВТОНОМНЫМИ УСТРОЙСТВАМИ ПРИ РЕШЕНИИ ПРОФИЛЬНЫХ ЦЕЛЕВЫХ ЗАДАЧ

Москва, ФГБОУ ВО Академия Государственной противопожарной службы МЧС России

Аннотация. Представлен пример формирования модели единой информационно-управляющей системы, позволяющей формировать план-график дистанционного мониторинга и зондирования поверхности с учетом целевых задач автономных устройств на примере беспилотных летательных аппаратов, применяемых в МЧС России.

Профессиональная деятельность служб спасения обязывает внедрять новые методы и механизмы для проведения постоянного мониторинга состояния объектов промышленной и социальной среды, как в повседневном режиме, так и в режиме ЧС. Данное обстоятельство связано с одной стороны с увеличивающейся сложностью каждой аварийной ситуации, с другой – с массовым сокращением квалифицированного персонала в специальных службах. В качестве альтернативного решения предложено использовать автономные устройства, замещающие в какой-то степени человеческий ресурс. В результате, за последние несколько лет на вооружение поступили сотни наземных, надводных и подводных, а также беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Особенностью каждого из представленных классов является использование не только в ручном, но и в автономном режиме, что является обязательным требованием при принятии и апробировании каждого нового устройства.

При этом возник ряд проблемных моментов, связанных с профессиональным обслуживанием достаточно дорогой техники. Первые попытки использования автономных устройств неподготовленными операторами часто приводили к поломкам или выходу из строя. Проблемный момент заключается в том, что на рабочих местах не хватает профильных специалистов, способных задать маршрут по точкам каждого автономного устройства для выполнения узких задач в рамках одной цели с учетом особенностей возможных нештатных ситуаций. Например, одна из последних закупленных партий БПЛА включает по умолчанию режим отключения при потере связи с оператором (и как следствие, падение) вместо режима зависание.

В качестве выхода из данной ситуации предлагается использовать комплексный подход, основанный на построении активной сети с гибкими узловыми точками. С практической точки зрения данный механизм можно представить в виде следующей последовательности:

1. Для исследуемого объекта определяются границы мониторинга. Например, при ЧС – зона максимального возможного поражения, для потенциально опасных объектов – площадь поражения при наиболее вероятном сценарии аварии.

2. Определяются доступные для проведения мониторинга автономные устройства, характеристики (максимальная дальность и время работы, особенности управления в заданных условиях и т.п.), текущее состояние, положение на карте относительно исследуемой зоны, удаленность от объекта.

3. Задаются маршруты для каждого устройства, точка и время отправления, а также план-график действий в каждой контрольной точке.

4. Формируются индивидуальные планы автомиссий; отправляются из единого центра управления на каждое подключенное устройство.

5. Строится предварительное дерево возможных сценариев по времени для автомиссий, в зависимости от развития текущей ситуации.

6. Включается режим оперативного слежения с использованием функционала встроенного FPV с использованием наземных станций и GPS/ГЛОНАСС маяков.

Данный алгоритм подразумевает программный центр управления автономными устройствами на базе ресурсной базы существующих ЦУКС [1]. При этом, наличие специалистов, способных программировать автономны непосредственно на местах не требуется.

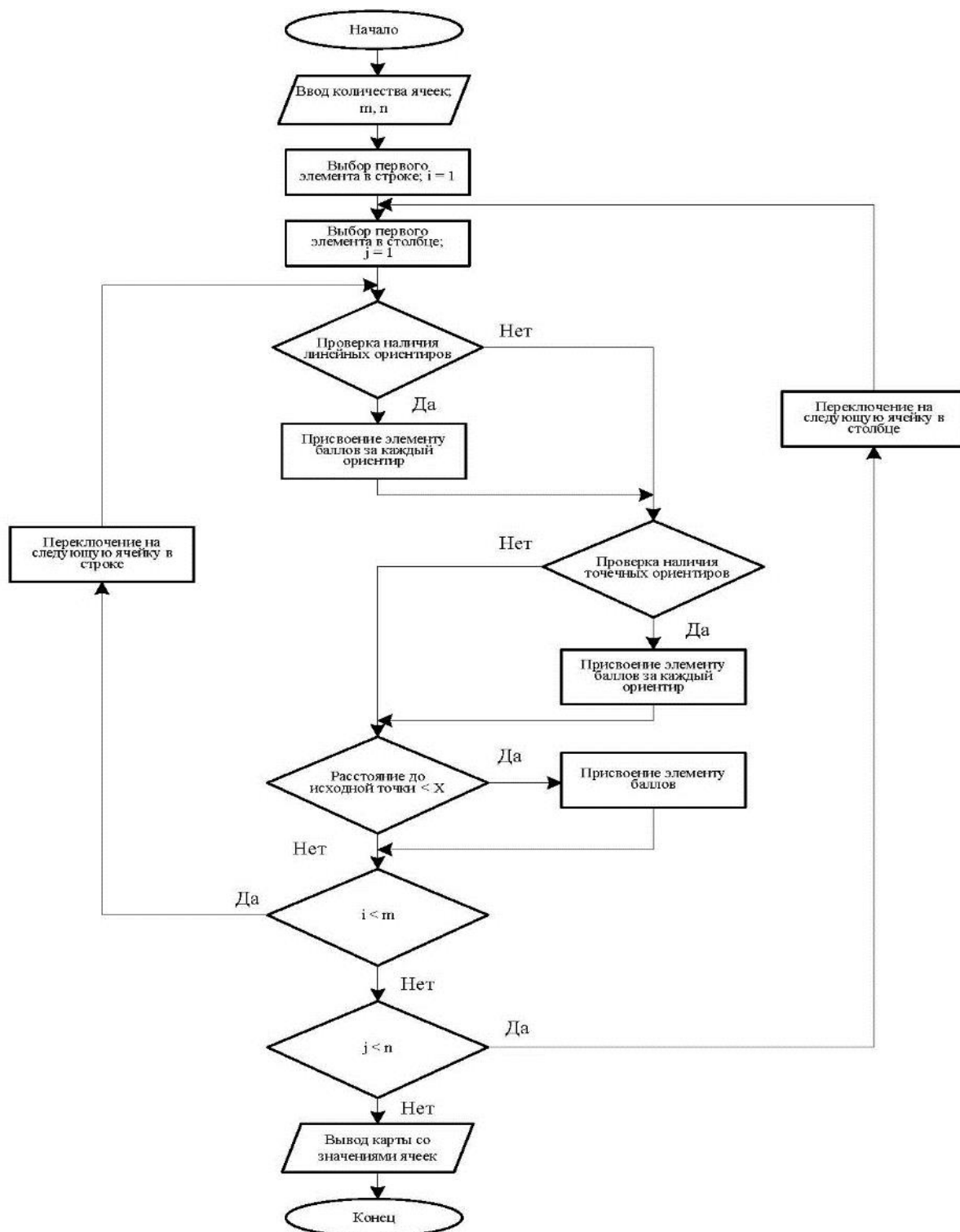


Рис. 1. Блок-схема определения реперных точек при проведении поисково-спасательных работ в природной среде

На первом этапе исследований, обзор существующих программных комплексов не выявил готовых решений. Тем не менее, попытки формализации с использованием *mesh*-сетей предпринимаются в разных областях, где задействованы автономные устройства. Например, в гражданской авиации используются известные алгоритмы мультиагентных систем «рой» или «стая» для формирования плана полетов.

На базе информационной платформы Академии разработана оболочка программной системы, способной задавать индивидуальные маршруты БПЛА при проведении поисково-

спасательных работ в природной среде [2]. Блок-схема алгоритма определения реперных точек представлена на рис. 1.

В результате работы представленного алгоритма формируется матрица приоритетных маршрутов с учетом возможностей каждого устройства. Например, на более дальние расстояния, с миссией обнаружения первичных признаков, используются крылатые летательные аппараты, покрывающие наибольший масштаб, но не имеющие возможности зависания над конкретной точкой. Для более точного определения определенных участков используются мультикоптеры, для наземных миссий – манипуляторы и т.п.

Тем не менее, ключевую роль играет руководитель поисково-спасательных работ, принимающий ключевые решения в оперативном режиме. Для лучшего визуального восприятия информации о плотности вероятностей местонахождения объекта поиска формируется график распределения вероятностей вдоль маршрутов поиска (рис. 2).

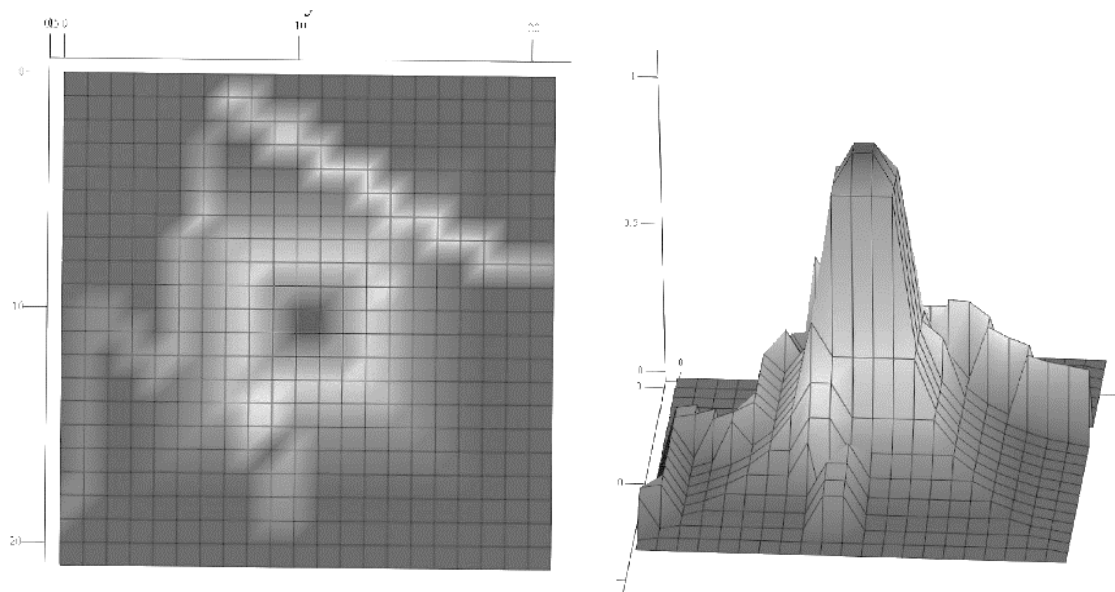


Рис. 2. Пример графика распределения плотности вероятности местонахождения объекта поиска

Данный вариант был признан наиболее удачным, так как можно получить как общую информацию о проведении работ, так и текущее состояние каждого автономного устройства. Как следствие, использование карт вероятностей возможного местонахождения пострадавшего позволяет в кратчайшие сроки разрабатывать сценарии поиска и строить маршруты движения разведывательных и основных сил МЧС России, что повышает эффективность проведения поисково-спасательных операций.

Использование автономных устройств за последние несколько лет стало массовым как в повседневной, так и профессиональной деятельности. Не смотря на существенное увеличение возможностей самих автономов, ключевую роль по-прежнему играет человек. Следовательно, варианты совершенствования совместных действий должны развиваться как со стороны обучения квалифицированного персонала, так и со стороны усиления возможностей используемых программных разработок.

Литература

1. Рыженко, А.А. Адаптивная система поддержки деятельности центров управления в кризисных ситуациях. Монография. / Н.Г. Топольский, Р.Ш. Хабибулин, А.А. Рыженко, М.В. Бедило. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2014. – 151 с.
2. Рыженко, А.А. Дуальное моделирование обработки графических данных системы поддержки управления аварийно-восстановительными мероприятиями. Монография. / Н.Г. Топольский, И.А. Максимов, А.А. Рыженко; под общей редакцией доктора технических наук, профессора Н.Г. Топольского. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2014. – 149 с.

Аннотация. В докладе представлен подход к использованию крауд-вычислений в системах поддержки принятия решений. Проанализированы требования к платформам крауд-вычислений, применяемым при поддержке принятия решений, и предложена типовая архитектура подобных платформ, включающая три уровня: самоорганизации, обеспечения вычислительного процесса и доступа к ресурсам крауда.

Многие современные организации вынуждены существовать в условиях динамично изменяющегося окружения. Это справедливо, в частности, и для современного бизнеса, существующего в условиях глобализации рынка и серьезной конкуренции. Эффективным ответом на динамическое окружение является гибкость процессов самих организаций и возможность быстрой реакции и их адаптации к изменяющемуся окружению. Это означает, что интенсивность процессов (бизнес-процессов) может быть неоднородной. Кроме того, сама структура бизнес-процессов может быть подвержена изменениям в результате изменений в окружении. Как следствие, в ряде случаев оказывается невозможным обеспечить достаточное количество технических (информационных) или человеческих ресурсов для удовлетворения текущих потребностей организации.

В рамках проекта предложено применение парадигмы гибридных крауд-вычислений (crowd computing) для поддержки принятия решений при нехватке ресурсов в условиях изменяющейся интенсивности бизнес-процессов. Под крауд-вычислениями понимается совокупность технологий, позволяющих коллективам людей, взаимодействующих посредством информационно-коммуникационных технологий, целенаправленно решать комплексные задачи, требующие участия человека. Гибридизация, о которой идет речь, – это соединение крауд-вычислений и облачных вычислений. Хотя обычно облачные технологии подразумевают масштабируемое управление по требованию аппаратными и программными ресурсами, аналогия между традиционными свойствами облачных вычислений и крауд-вычислений привела к возникновению парадигмы гибридных крауд-вычислений, «социальных компьютеров» и человеко-машинного облака ¹. По аналогии с вычислительными ресурсами в облаке, люди и группы людей из большого крауд «пула» могут динамически резервироваться для выполнения определенных задач.

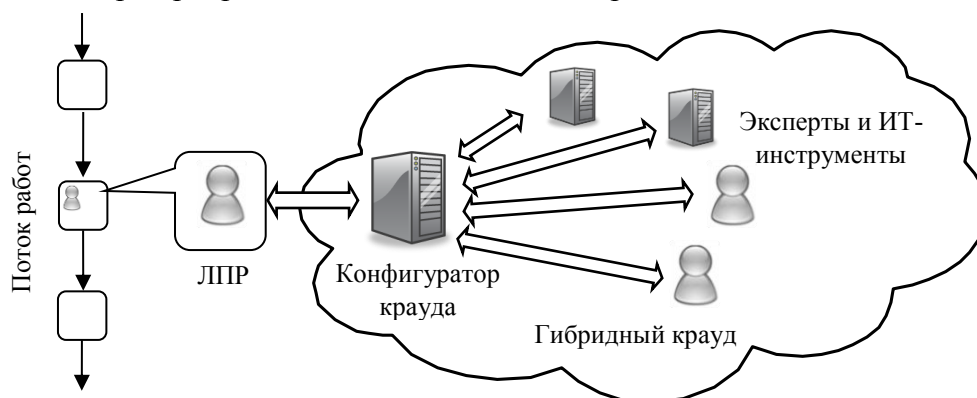


Рис. 1. Концептуальная модель применения гибридных крауд-вычислений при поддержке принятия решений

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проекты №№ 16-06-00466, 14-07-00345) и Президиума РАН (проект № 213 программы I.5П).

Общая схема предлагаемого подхода представлена на рис. 1. В точке принятия решения бизнес-процесса в определенных условиях лицу, принимающему решение, требуется помощь. Это может случиться по двум причинам:

- загрузка в данный момент не позволяет выполнить все назначенные задачи;
- нет возможности принять решение из-за отсутствия необходимых компетенций.

В этом случае, лицо, принимающее решение, делегирует задачу гибриднему крауду, состоящему из (а) инструментов ИТ, предоставляющих информацию для принятия решений или рекомендации; (б) экспертов (внутренних или внешних), которые могут помогать в принятии решений или полностью взять принятие решений на себя.

На основе анализа научных публикаций, зарегистрированных в полнотекстовых библиографических базах ScienceDirect, ACM DigitalLibrary и SpringerLink, был сформирован набор требований к платформам крауд-вычислений. Выделенные требования разбиты на 5 групп: 1) методы и средства программирования, 2) обеспечение качества, 3) пользовательский интерфейс, 4) мотивация и поощрение, 5) интероперабельность.

Методы и средства программирования объединяют все требования, касающиеся того, как должны составляться программы для человеко-машинной среды, какие функции должны быть реализованы средой программирования для того, чтобы сделать процесс создания программ для такой среды удобным и эффективным (выразительность, возможность структурирования и использования готовых паттернов, концептуальная простота).

Требования к человеко-машинным облачным сервисам, ориентированные на обеспечение качества, включают в себя наличие механизмов выбора исполнителей задания, обработки результатов и выявления мошенничества.

Крауд-платформа должна предоставлять, как минимум, два вида пользовательских интерфейсов: один для исполнителя, участвующего в процессе решения задачи, другой – для конечного пользователя, позволяющий отслеживать процесс выполнения текущей задачи.

Мотивация и поощрение являются неотъемлемыми компонентами, связанными с участием человека в крауд-вычислениях. Требования, включаемые в эту группу, относятся к необходимости реализации механизма назначения награды за выполнение задания и механизма распределения награды.

Требования, касающиеся интероперабельности, обусловлены необходимостью доступа к пулу исполнителей, которые, как правило, уже объединены вокруг какой-либо из существующих краудсорсинговых платформ.

На основе анализа требований была разработана типовая архитектура платформы крауд-вычислений. В предлагаемой архитектуре можно выделить три уровня:

- уровень самоорганизации (высший), содержащий компоненты, методы и алгоритмы настройки потоков работ на основании данных, получаемых в процессе выполнения;
- уровень обеспечения вычислительного процесса (средний), занимается координацией вычислительного процесса, построенного с применением различных паттернов организации потока работ;
- уровень доступа к ресурсам крауда (нижний) содержит примитивные операции крауд-системы, такие как отправка задания определенному исполнителю, публикация задания в пул заданий, получение ответа.

Компоненты двух нижних уровней могут быть использованы для построения различных потоков работ, описывающих процесс крауд-вычислений, уровень самоорганизации (высший) является вспомогательным, в ряде приложений компоненты этого уровня могут быть использованы для динамической подстройки потока работ.

Для работы со знаниями предлагается использовать оригинальный подход «логистика знаний» 2, разработанный авторами. Он включает методологию и модели быстрой интеграции знаний, основанные на конфигурации сети источников знаний, технологии управления онтологиями и контекстом, карту знаний и профили пользователей.

Моделирование и формализация задачи принятия решений с применением онтологий не только обеспечивает семантическую интероперабельность между различными элементами рассматриваемой системы, но и позволяет декомпозировать задачу на подзадачи, в соответствии с компетенциями участников крауда, и выбирать участников, чьи компетенции наилучшим образом соответствуют выделенным подзадачам.

Типовая архитектура платформы изображена на рис. 2. Центральным ее компонентом является интерпретатор, обрабатывающий декларативное описание потока работ (программу crowd-вычислений), создающий на его основе задания для исполнителей и обеспечивающий обработку результатов, получаемых от исполнителей в соответствии с программой.

Задания обрабатываются планировщиком крауда, отвечающим за назначение заданий участникам, и передаются исполнителям через компонент управления краудом.

Для обеспечения адаптации к существующим площадкам краудсорсинга предусмотрен унифицированный интерфейс управления краудом, позволяющий использовать платформу с различными площадками краудсорсинга.

Получаемые результаты фиксируются с помощью компонента регистрации и сохраняются в промежуточном хранилище, содержащем глобальное состояние процесса вычислений.

Компонент адаптации осуществляет анализ процесса вычислений и преобразует программу с целью оптимизации производительности (соотношения надежность



Рис. 2. Типовая архитектура платформы крауд-вычислений

результата/стоимость).

Литература

1. Truong H.-L., Dustdar S., Bhattacharya K. Conceptualizing and programming hybrid services in the cloud // Int. J. Coop. Info. Syst.- 2013. - Vol. 22, - no. 4.
2. Smirnov A, Pashkin M, Levashova T, Chilov N. Fusion-Based Knowledge Logistics for Intelligent Decision Support in Network-Centric Environment // International Journal of General Systems / ed. by G.J. Klir. - Taylor & Francis, 2005. - Vol. 34, no. 6. - P. 673–690.

Соколов А.В.

ТЕХНОЛОГИИ МОДЕЛИРОВАНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ: АНАЛИЗ ПОГРЕШНОСТЕЙ

Москва, Институт проблем передачи информации им. А.А.Харкевича РАН, Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН,

Аннотация. Рассматривается процесс построения математических моделей реальных объектов. Проводится анализ погрешностей. Для регуляризации процесса идентификации предлагается использовать функционалы сложности модели. Для достижения компромисса между простотой модели и близостью к экспериментальным данным предлагается объединенная процедура идентификации-верификации.

Введение. В настоящее время математическое моделирование является одним из основных инструментов научного познания. Математические модели используются практически при любом исследовании реальных объектов, особенно в том случае, когда цель исследования носит прикладной характер. Их широкое распространение приводит к проблеме выбора: один и тот же объект может описываться большим количеством моделей. Например, существует значительное количество математических моделей типа хищник-жертва с более или менее полным математическим анализом их формальных свойств.

В связи с этим возникают вопросы о предпочтении при выборе модели, о соответствии модели целям исследования, об адекватности модели исследуемому объекту, о погрешности описания, об области применимости и т.д. Ответы на эти вопросы могут быть получены лишь при наличии качественной и количественной информации об объекте. Очевидно, что чем больше количественной информации (измерений) и чем она точнее, чем больше качественной информации о поведении и свойствах объекта, тем более сложными, адекватными и точными могут быть построенные на их основе модели, тем шире может быть область их использования. Таким образом, выбор (построение) математической модели реального объекта являться результатом компромисса между количеством и качеством исходной информации об объекте и сложностью модели.

Технологический цикл математического моделирования. Технология исследования реальных объектов на базе математического моделирования предполагает следующие этапы:

- формулировка целей исследования, выбор области моделирования, выбор временного интервала моделирования (для динамических моделей), обоснование необходимой точности;
- построение общей (концептуальной) модели (какие входные и выходные переменные нужно учитывать, какие процессы следует принять во внимание, оценка диапазона изменения переменных),
- выбор (построение) математической модели и ее математическое исследование,
- идентификация модели на экспериментальном и/или статистическом материале (с учетом погрешностей их задания),
- верификация построенной модели,
- анализ построенной модели,
- использование построенной модели в соответствии с поставленными целями.

Рассмотрим как погрешности, возникающие на различных этапах, складываются в суммарную погрешность моделирования, максимальное значение которой должно быть задано на этапе постановки целей исследования.

Первые погрешности возникают при переходе от объекта к концептуальной модели (перечислении необходимых входных и выходных переменных и процессов, которые следует принять во внимание для достижения поставленных целей). Очевидно, что чем больше переменных и процессов используется, тем больше потенциальная точность описания объекта, тем шире область применимости. Однако описание излишних характеристик объекта может привести к ненужным трудностям аналитического и/или численного исследования модели. Кроме того большое число переменных приводит на этапе построения математической модели к значительному количеству неизвестных параметров,

для идентификации которых может оказаться недостаточным объем экспериментальных данных. В этом случае некоторые процедуры идентификации могут приводить к неадекватным моделям.

Таким образом, при построении модели опускаются многие переменные и процессы, которые при определенных условиях могут существенно изменить поведение объекта. Относительно них воспользуемся концепцией «нормальных условий», широко используемой в физике, т.е. предположим, что они находятся в своих нормальных (естественных, здоровых) пределах. Или более точно, предположим, что при «нормальных условиях» выбранные переменные и процессы позволяют построить описание, удовлетворяющее выбранной точности.

Следующие погрешности возникают при переходе от общей концептуальной модели к конкретной математической модели. Выберем некоторое более конкретное представление для модели объекта, некоторый известный оператор $\varphi_\alpha: X \rightarrow Y$, зависящий от набора параметров α (в общем случае неизвестного), ставящий в соответствие каждому входному набору характеристик X , выходной набор Y . Очевидно, что такой переход сужает возможности описания и, следовательно, погрешность описания должна увеличиваться.

Этап идентификации параметров математической модели (α) или интерпретации данных наблюдений позволяет осуществить количественную связь абстрактной математической модели с реальным моделируемым объектом. Возникающие здесь математические задачи состоят в выборе конкретных значений α так, чтобы удовлетворять количественной экспериментальной информации и качественным представлениям исследователя о функционировании объекта. Такие задачи часто оказываются некорректными. Регуляризация их решения может быть проведена с помощью функционалов сложности [1] математических моделей, конкретный вид которых зависит как от специфики исследуемого объекта, так и от используемого множества моделей.

Будем искать набор α^* , который для заданного β (весовой параметр, обеспечивающий баланс сложность-близость) минимизирует функционал

$$\min_{\alpha} Q = (1 - \beta)Q_{\text{близ}}(\varphi_\alpha) + \beta Q_{\text{слож}}(\varphi_\alpha),$$

где $Q_{\text{близ}}(\varphi_\alpha)$ - выбранная мера близости модели к данным,

$Q_{\text{слож}}(\varphi_\alpha)$ - выбранная мера сложности модели.

Так как количество и точность данных ограничены, набор идентифицируемых параметров рассчитывается приближенно и погрешность моделирования возрастает.

Для количественной проверки математической модели (и, в частности, результатов идентификации) экспериментальный материал делят на две (независимые) части: одну используют для проведения идентификации параметров, другую оставляют для процедуры верификации модели, с целью проверить насколько точно построенная модель повторяет неиспользованные при идентификации данные. Полученная погрешность и является оценкой суммарной погрешностью моделирования.

Описанную выше процедуру верификации можно повторить несколько раз, разбивая экспериментальный материал на две части различными способами. Такая процедура, называемая перекрёстным оцениванием (Cross-validation), позволяет использовать весь объем данных, как для идентификации, так и для верификации.

Более формально, разобьем множество измерений на J непересекающихся подмножеств I_j , $j \in \overline{1, J}$. Будем считать, что измерения, попавшие в различные множества, независимы. Выберем для верификации одно из множеств измерений I_j . Проведем идентификацию параметров на всем массиве данных за исключением I_j . Проведем оценку погрешности (верификацию) на данных из I_j . Повторим процедуру для всех $j \in \overline{1, J}$. Вычислим среднюю по всем $j \in \overline{1, J}$ погрешность – итоговую погрешность верификации.

Эта величина и является количественной мерой погрешности построенной модели: ее сравнение с требуемой точностью моделирования позволяет сделать вывод о достижении поставленных целей. Если результаты верификации неудовлетворительны, то можно вернуться на один из предыдущих этапов, изменить цели, выбранную модель, провести дополнительные измерения и т.д.

Процедура перекрёстного оценивания (Cross-validation) может быть использована для выбора оптимального значения β , т.е. для поиска компромисса между сложностью модели и близостью к измерениям.

В этом случае для выбранной математической модели φ_{α} , заданного набора измерений входных и выходных переменных, разбитого на непересекающиеся множества I_j , процедура идентификации-верификации представляет собой вариационную задачу поиска β :

$$\min_{\beta} \sum_{j=1}^J \sum_{i \in I_j} \|\hat{y}_i - \varphi_{\alpha^j}(\hat{x}_i)\|^2 \quad (1)$$

где α^j для заданного функционала сложности (6) определяются из

$$\min_{\alpha^j} Q = (1 - \beta) \sum_{i=1, i \notin I_j}^I (\hat{y}_i - \varphi_{\alpha^j}(\hat{x}_i))^2 + \beta Q_{\text{слож}}(\varphi_{\alpha^j}). \quad (2)$$

Здесь в качестве нормы близости используется среднеквадратичное отклонение.

Формула (2) определяет процедуру идентификации с использованием всего массива данных за исключением j -ого множества. Полученный в результате функционал «проверяется» на измерениях из исключенного множества. Полученные невязки суммируются и, таким образом, формируется целевая функция (1).

Для завершения процедуры идентификации-верификации для найденного β осталось решить рассмотренную выше задачу (2) с полным набором данных.

Результатом такой объединенной процедуры идентификации-верификации является не только математическая модель с вычисленным набором параметров, но и оценка ее точности, которая определяется погрешностями экспериментальных данных и погрешностью описания реального объекта математической моделью. При этом есть основания предполагать, что в этом случае итоговая погрешность моделирования окажется не больше, чем погрешность моделирования при использовании общепринятого подхода (минимизация невязки).

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, грант № 15-07-07428.

Литература

1. Тихонов, А.Н. О математических методах автоматизации обработки наблюдений / А.Н.Тихонов // Проблемы вычислительной математики. - М.: Из-во Московского университета, 1980. – С. 3-17.

Тищенко В. И.

ЛОГИКО-ЭПИСТЕМОЛОГИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ СТАНОВЛЕНИЯ СЕТЕВОЙ ПАРАДИГМЫ

Москва, Институт системного анализа Федерального исследовательского центра «Информатика и управление» РАН

Аннотация: Переход от исследования целостных объектов к исследованию сетевого пространства заставляет переосмыслить ряд методологических и логико-эпистемологических допущений, казавшихся бесспорными на предшествующем, объектном этапе развития системного подхода.

Становление и развитие системного подхода связано, как известно, с необходимостью решения задач описания, так называемых, особых, *системных* объектов, обладающих целостными характеристиками. Именно эти специфические, системные свойства и

сформулированные на основе изучения природных, социальных и технических объектов принципы анализа целостных объектов стали основой *системного подхода*, или системной методологии [1]. Этот подход, по мнению его сторонников и последователей, подразумевает использование познавательных средств и методов, специфических именно для решения таких задач, которые возникают при взаимодействии с системами как объектами особого рода. Таким образом, речь идет о том, что в природе существует особый класс объектов – систем. При этом для объяснения условий и причин возникновения системного подхода приводятся, казалось бы, совершенно прозрачные, и очевидные доводы.

С конца XIX века человечество сталкивается с большими и сверхбольшими объектами познания или практического воздействия. Сложность данных объектов и всей связанной с ними, прежде всего исследовательской, работы требуют от нас создание специальных разделов науки и техники, направленных на познание и преобразование объектов как систем. Именно с помощью и в рамках этих вновь создаваемых и развиваемых направлений науки и инженерии происходит анализ, проектирование или конструирование систем [2-3].

Очевидно, что в основе этой интуитивной данности лежит представление о науке как исследовательской деятельности, в результате которой и приобретается новое знание. Эта деятельность осознается как деятельность над объектами, и предполагается, что формирование любой системы знания начинается с выделения объектов (элементов), с последующим указанием отношений, связывающих элементы друг с другом. При этом молчаливо подразумевается, что выполнять функцию элементов, т.е. первичных единиц членения *осознаваемой реальности*, формирующейся в рамках данной системы знания, будь то реальность, доступная чувственному восприятию, или же состоящая из идеальных предметов теоретического знания, могут только атомарные сущности, каждую из которых можно зафиксировать, абстрагируясь от ее соотношений другими сущностями.

Согласно данному допущению, первичным познавательным актом, который выполняет человек с целью осознания некоторой предметной области, является акт, в рамках которого его внимание концентрируется на одном, отдельно взятом предмете (элементе, объекте, знаке и т.п.). Результатом такого акта является выделение *отдельной* сущности, обособленной от других сущностей благодаря наличию у нее изолирующей границы, *отделяющей* находящееся внутри границы от всего, что находится извне.

Соответственно, предметом исследования, в этом случае, оказывается непосредственный *акт приращения* нового знания (научное открытие, решение проблемы, фальсификация теории и т.п.). И развитие науки рассматривается как временная последовательность содержательно связанных познавательных актов, которая и должна воплощать историческое движение «переднего края» науки. Именно это представление о науке как особой форме получения нового знания находит своё отражение во множестве сменяющихся или существующих параллельно науковедческих концепциях *логики развития науки* К. Поппера, *смены парадигм* Т. Куна, *институциональности науки* Р. Мертон, *личностного знания* М. Поланьи, *научно-исследовательских программ* И. Лакатоса. Между тем, очевидно, что образ науки не может быть сведён к постоянно возрастающему массиву верифицированного научного знания, в каком бы виде он не был представлен.

Сущностей/объектов познания, обладающих изолирующими границами (благодаря чему они становятся доступными сознанию субъекта, поскольку только на таких сущностях он может сконцентрировать внимание), в реальности нет; они формируются в момент осуществления познавательных актов [5]. Исследователь никогда не имеет дело с объектом, в том числе и с системой как объектом. Он имеет дело с *предметом*, т.е. объектом, представленным во многих элементах научного предмета, которые получены в результате *особого социокультурного действия* – в проблемах и задачах специфического типа, в фактах или эмпирическом материале, в моделях и онтологических схемах и картинах, в методе и методиках. Каждая из этих эпистемологических единиц в той или иной мере и по-своему представляет объект, но в своей полноте и конкретности объект существует только в них во всех. И поэтому когда исследователь попадает в специфическую системную ситуацию и

хочет ее описать, то он должен обращаться не к объекту-системе, а к «аппарату» исследования, описывающему и фиксирующему объект системным способом, которым мы пользуемся, описывая объекты как системы. Другими словами, он должен рассмотреть как, каким образом возникают в деятельности такие формы научного познания, которые предстают перед исследователем в качестве систем. И лишь затем в снятом виде предстают перед исследователем как особые объекты познания и описания.

Парадокс становления и развития системной парадигмы состоял в том, что зачинатели «системного подхода», создавая теоретико-научные модели и средства представления в познавательной деятельности реальных объектов, не столько описывали «объектные» характеристики природной реальности, сколько строили «аппарат» познания, представления этой реальности как состоящей из объектов особого типа, а именно, из объектов-систем. Тем самым они конструировали, выстраивали новую (как бы виртуальную) реальность, в которой основой всех и всяческих взаимодействий, обеспечивающих существование и развитие этой реальности, оказывались системы как способ и форма представления одновременно и знания о реальности, и средств описания этой реальности, и самой реальности как предмета исследования. В этой связи интересно вспомнить высказывание одного из авторов системной методологии С. Л. Оптнера: «Система есть средство, с помощью которого выполняется процесс решение проблем» [6, с. 51].

Распространение сетевой логики в общественном сознании, процессы информатизации, взрывное развитие коммуникативных технологий в начале XXI века изменили не только подходы и методы исследования «сложноорганизованных» объектов (= предметов исследования). Одновременно с этим изменились и сами эти объекты (а точнее представление их в сознании человека), в характеристиках которых «сетевое измерение», получив мощную технологическую основу и поддержку, стало не просто важным, но во многих случаях определяющим, ключевым. И если при становлении системного подхода происходило как бы преобразование «несистем» в системные объекты, то в настоящее время «системные объекты» рассматриваются скорее как сложноорганизованные сети.

Предпосылки к сетевому представлению «объектов» познания и конструирования существовали и ранее. Как отмечается почти в каждом труде по системному анализу, «сложные системы пронизаны множеством связей», а потому могут быть представлены «в виде особого рода паутины, каждый элемент которой связан со многими другими и влияет на них» [16, с.179]. Однако ранее акцент при анализе этих взаимосвязей делался на другом, на других моделях и методах, способах представления предмета рассмотрения. Современный логический анализ подразумевает, что всякая задача не является чем-то объективным, другими словами, существующей независимо от того, кто ее хочет решать, а в каком-то смысле в равной степени отражает как объективные свойства реальности, в рамках которой эту задачу пытаются решать, так и отношение к этой реальности того, кто такую задачу ставит. Развитие процессов информатизации общества потребовало нового подхода к научному познанию, включение в её концептуальный аппарат представлений не только о реальности, но и о нашем взаимодействии, коммуникации с реальностью.

Может показаться, что анализ познавательных актов и процедур, используемых субъектом для фиксации идеальных объектов научных теорий, не имеет прямого отношения к решению основной задачи научного построения: формулировки эффективных, надежных (не приводящих к противоречию) и удобных правил введения и оперирования с теоретическими объектами.

Вместе с тем такой подход позволяет изобразить науку не в форме совокупности актов приращения нового знания и, соответственно, в виде корпуса научных публикаций, которые рассматриваются в качестве эмпирически наблюдаемого результата приращения знания. Наука в контексте предлагаемой концепции рассматривается в качестве сложного процесса «разворачивания» процедуры структурирования предметного пространства, которое предстает перед исследователем как сетевое пространство в результате социальной/познавательной коммуникации участников научного познания. Это

пространство рассматривается в качестве конструкта, задающего концептуальный каркас исследуемого процесса научного познания. Одной из форм представления этого пространства на современном этапе оказывается сетевое пространство Интернета. Элементами этого пространства выступают не тексты, не документы, а сами участники виртуального общения (коммуникации), объединяемые в виртуальные сетевые профессиональные сообщества и характеризующиеся вычисляемой коммуникативной активностью.

Именно представление науки в виде единой сетевой структуры, а не совокупности эволюционирующих целостных объектов, заставляет переосмыслить ряд методологических и логико-эпистемологических допущений, казавшихся бесспорными на предшествующем, объектном этапе развития науковедческого знания, с целью их превращения в инструмент конструктивного анализа науки как коммуникативного пространства.

Литература

1. Тищенко, В.И. Становление системной парадигмы научного познания. Статья 1. Этап рассмотрения системы как особого объекта познания / В.И. Тищенко // Системные исследования. Методологические проблемы: Ежегодник 2011-2012. - М.: ЛЕНАНД, 2012 - Вып. 36. - С. 113-129.
2. Система – Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/wiki/Система>, доступен 15 февраля 2016 года.
3. Берталанфи, Л. фон. Общая теория систем – критический обзор / Л. фон Берталанфи // Исследования по общей теории систем. - М. 1969. - С. 23-82.
4. Блауберг, И. В., Садовский, В. Н., Юдин, Э. Г. Системные исследования и общая теория систем / И.В.Блауберг, В.Н.Садовский, Э.Г.Юдин // Системные исследования. Ежегодник 1969. - М.: Наука, 1969. - С. 7-29.
5. Смирнов, Г.А. Логика целостности: Формирование интегративных структур информационного пространства. / Г.А.Смирнов - М.: ЛЕНАНД, 2013.- 176 с.
6. Оптнер, С. Л. Системный анализ для решения деловых и промышленных проблем. Пер. с англ. / С.Л. Оптнер - М.: Сов. радио, 1969. - 216 с.
7. Рапопорт, А. Замечания по поводу общей теории систем / А.Рапопорт // Общая теория систем. - М.: Мир, 1966. - С.179-182.

Фридман А.Я.

КОГНИТИВНАЯ КАТЕГОРИЗАЦИЯ СИТУАЦИЙ В ЗАДАЧЕ УПРАВЛЕНИЯ СТРУКТУРОЙ ИЕРАРХИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Апатиты, Институт информатики и математического моделирования КНЦ РАН

Аннотация. Предложена процедура классификации ситуаций и управления структурой иерархических систем на основе метода семантической категоризации текущей и целевой ситуаций. В отличие от известных процедур классификации, семантическая категоризация позволяет оценить меру типичности ситуации внутри некоторого класса и на ее основе обеспечить перевод объекта в целевой класс при минимальной перестройке его структуры.

Введение

Согласно работе [1], исходная информация для построения системы ситуационного управления группируется следующим образом:

$Q_j, j = 1, 2, \dots$ – текущая ситуация на объекте (аналог значения вектора состояния);

$U_k, k = 1, 2, \dots, N_U$ – набор возможных одношаговых воздействий (управлений);

$S_i, i = 1, 2, \dots$ – текущая полная ситуация, которая включает не только текущую ситуацию, но также сведения о состоянии системы управления и стратегиях управления, и переводит объект из одной текущей ситуации в другую, реализуя некоторое одношаговое воздействие из множества U :

$$S_i; Q_j \xrightarrow{u_k} Q_i. \quad (1)$$

Задача классификации ситуаций состоит в отнесении текущей ситуации к одному или нескольким классам, соответствующим некоторому одношаговому управлению. Если полученное решение задачи классификации единственно и выбранный класс ситуаций является классом управляющих ситуаций (требует некоторого нового воздействия на объект), то на объект выдается связанное с этим классом управление; в противном случае выбор управления производится путем экстраполяции и сравнения последствий всех альтернативных воздействий. Когда не удастся выбрать предпочтительное управление и таким путем, воздействие реализуется в результате случайного выбора из имеющихся альтернатив (учитывая и возможность отказа от изменения управления на текущем шаге).

В ситуационной системе моделирования [2] управление объектом трансформируется в выбор одного из возможных альтернативных вариантов структуры объекта, который однозначно определяет текущую ситуацию, на каждом шаге или такте моделирования. Таким образом, множество управлений U в ССМ включает множество альтернативных структур, внесенных при разработке модели исследуемой системы путем декомпозиции ее составных частей или связей между ними с помощью отношения ИЛИ. При этом соблюдается одна из предпосылок эффективного применения ситуационного подхода: количество возможных управляющих решений существенно меньше количества возможных ситуаций [1]. Тогда задача анализа текущей ситуации в ССМ превращается в задачу оценки предшествующего управления с целью принятия решения об изменении структуры объекта.

В ССМ изучаемую динамическую систему требуется представить как иерархию множества объектов (составных частей), согласно организационным связям объектов, каждый из которых должен минимизировать критерий качества вида:

$$\Phi ::= \left(\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \left(\frac{a_i - a_{i0}}{\Delta a_i} \right)^2 \right)^{1/2} ::= \left(\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \delta a_i^2 \right)^{1/2}, \quad (2)$$

где: a_i – ресурсы из списка выходов какого-либо объекта;

a_{i0} и $\Delta a_i > 0$ – настроечные параметры, отражающие требования ЛПР к номинальному значению a_i и допустимому отклонению Δa_i от этого значения;

$\delta a_i ::= \frac{a_i - a_{i0}}{\Delta a_i}$ – относительное отклонение фактического значения ресурса a_i от его

номинального значения a_{i0} .

Если считать a_i скалярными критериями качества работы элемента модели, номинальные значения которых определяются величинами a_{i0} , то (2) есть обобщенный критерий с коэффициентами важности, обратно пропорциональными допустимым отклонениям скалярных критериев, что не лишено здравого смысла.

Удельная величина изменения критерия (2) при изменении одного из его аргументов, задаваемая соотношением:

$$\delta \Phi_i ::= \frac{\partial \Phi / \partial a_i}{\Delta a_i} = m \Phi \delta a_i, \quad (3)$$

характеризует относительную чувствительность критерия (2) к изменению этого аргумента. В предположении о равной важности всех ресурсов для достижения цели функционирования объекта (возможность обобщения очевидна) удельная величина обобщенных затрат на каждый из аргументов критерия (2) оценивается формулой:

$$\eta_i ::= \frac{1}{m} \delta \Phi_i = \Phi \delta a_i. \quad (4)$$

Из (2) – (4) следует, что при нахождении аргумента a_i в допустимых пределах величина η_i не превосходит единицы. Эту величину и предлагается использовать в качестве индикатора удельных собственных затрат некоторого объекта на выработку того или иного

ресурса при сравнительном анализе различных структур реализации той или иной полной ситуации. Если этот объект потребляет какие-либо (материальные) ресурсы от других объектов, то для анализа общих затрат на получение ресурса к собственным затратам добавляются затраты на получение входных ресурсов. Тогда формула (4) примет вид:

$$\eta_i ::= \Phi \delta a_i + \frac{1}{m} \sum_{j=1}^n \eta_j, \quad (5)$$

где: n – количество (длина списка) входных ресурсов данного объекта;

η_j – рассчитанные аналогично (4) или (5) удельные затраты на получение входных ресурсов данного объекта.

По формулам (5), применяемым от объекта принятия решения (ОПР – объект, на котором находится ЛПР) вниз по дереву объектов вплоть до листовых объектов, можно однозначно сопоставить текущие альтернативные структуры (достаточные ситуации [2], сложившиеся на ОПР), по степени их соответствия пожеланиям ЛПР, и классифицировать их по признаку доминирования одного из скалярных критериев в затратах на выходе ОПР. Однако при необходимости перевода системы из одного класса в другой согласно (1) требуется предложить ЛПР такую структуру из нового класса, которая бы требовала минимально возможных изменений текущей структуры, чтобы не подвергать реальную систему излишним воздействиям, но в то же время была достаточно близка к наилучшей структуре этого класса. Для решения такой задачи критерий (2) и обобщенные затраты (5) непосредственно не пригодны, поскольку их значения зависят не только от самой структуры объекта, но и от значений ресурсов. Поэтому ниже предлагается метод классификации ситуаций в ССМ, инвариантный к количественным значениям ресурсов, которыми обмениваются составные части исследуемой системы.

Когнитивная категоризация ситуаций в ССМ

Как показали работы психологов (например, [3]), человек строит категории (классы) сущностей окружающего мира существенно иначе, чем строятся математические классы, основанные на отношении эквивалентности. Основное отличие в том, что все элементы математических классов одинаково типичны для данного класса, а «человеческие» (когнитивные) категории имеют внутреннюю структуру, то есть содержат более и менее типичных представителей. Еще одно немаловажное отличие состоит в четкости границ математических классов и размытости (нечеткости) границ когнитивных категорий. Формализацией этого подхода к задачам искусственного интеллекта занимаются и за рубежом (например, [4]), и в России [5]. Он продемонстрировал эффективность в различных задачах классификации, поэтому предлагается применить его для решения описанной выше проблемы классификации ситуаций в ССМ с целью уменьшения зависимости результатов классификации от конкретных значений ресурсов, при которых проводится классификация, и ослабления возмущений в реальной системе при необходимости изменения ее структуры.

Идея когнитивной классификации ситуаций в ССМ состоит в следующем. В ходе классификации выявляется не одна структура объекта, оптимальная в заданном классе ситуаций (она, естественно, является прототипом данного класса по терминологии когнитивной категоризации), а несколько структур, незначительно (на 10–15 %) отличающихся от оптимальной по критерию (2). Назовем такие структуры предпочтительными в этом классе. Чтобы ослабить зависимость результатов классификации по критерию (2) от использованных при этом значений ресурсов, вычислим семантическое расстояние [4] между предпочтительными структурами и сохраним в архиве ССМ только те, для которых это расстояние невелико (10–15 % от максимального расстояния в классе). Проведем аналогичную когнитивную классификацию для всех классов, полученных по критерию (2), и сформируем полный архив предпочтительных ситуаций, где хранятся группы предпочтительных ситуаций каждого из возможных (для заданного ОПР) класса. Затем вычислим то же семантическое расстояние между всеми парами предпочтительных ситуаций разных классов и отберем пары с минимальным расстоянием между ними. В

результате будет построено отображение (1) для задачи ситуационного управления структурой моделируемой системы, назовем его когнитивным отображением ситуаций.

Когнитивную классификацию ситуаций можно производить априорно, еще до начала эксплуатации реальной системы, а потом уточнять по экспериментальным данным. Процедура принятия решений в ходе работы объекта должна включать следующие этапы:

- классификацию текущей ситуации по критерию (2);
- нахождение в архиве предпочтительных ситуаций той ситуации полученного класса, которая ближе всех к текущей по семантическому расстоянию;
- выбор из архива пары найденной предпочтительной ситуации в том классе, который ЛПР назначил для продолжения работы объекта;
- реализацию предпочтительной ситуации нового класса на объекте.

Выполнение когнитивной классификации ситуаций возможно средствами алгебры кортежей [6].

Работа частично поддержана грантами РФФИ (проекты №№ 14-07-00256-а, 14-07-00257-а, 15-07-04760-а, 15-07-02757-а).

Литература

1. Поспелов, Д.А. Ситуационное управление: теория и практика. / Д.А. Поспелов – М: Наука, 1986.- 228 с.
2. Фридман, А.Я. Ситуационное управление структурой промышленно-природных систем. Методы и модели. / А.Я. Фридман– Saarbrücken, Germany: LAP, 2015.
3. Rosch, E., Mervis, B., Gray, W.D., Johnson, D.M. and Bayes-Braem, P. Basic objects in natural categories. // Cognitive Psychology, 1976. - Vol. 8. - Pp. 382-439.
4. Sowa J.F. Conceptual Structures – Information Processing in Mind and Machines. Addison-Wesley Publ. Comp. 1984.
5. Кузнецов, О.П. Когнитивная семантика – новые подходы к старым проблемам/ О.П. Кузнецов. // XII междунар. науч. конф. им. Т.А. Таран “Интеллектуальный анализ информации ИАИ-2012”, Киев, 16-18 мая 2012 г.: сб. тр. / гл. ред. С.В. Сирота. – К.: Просвіта, 2012.- С. 1–17.
6. Кулик, Б.А., Зуенко, А.А., Фридман, А.Я. Алгебраический подход к интеллектуальной обработке данных и знаний. / Б.А. Кулик, А.А.Зуенко, А.Я.Фридман – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2010. – 235 с.

Халиуллина Д.Н., Малыгина С.Н., Быстров В.В.

РАЗРАБОТКА ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ ОЦЕНКИ КОМПЛЕКСНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РЕГИОНА

Апатиты, Институт информатики и математического моделирования КНЦ РАН

Аннотация. В докладе затрагиваются вопросы исследования комплексной безопасности региона. Авторами вводится понятие комплексной безопасности региона, предлагаются основные показатели безопасности, а также методы ее оценки. В качестве практической реализации приводится описание элементов и связей комплекса имитационных моделей, применяемых для оценки комплексной безопасности региона.

В последние годы стали актуальны направления научных исследований, связанные с оценкой состояния и прогнозированием возможных вариантов развития субъектов Российской Федерации, в частности регионов арктической зоны. Наибольший практический интерес имеют работы, посвященные изучению не отдельных аспектов обеспечения безопасности региона, а обладающие комплексным характером исследований. К такому роду научно-исследовательских работ и могут быть отнесены разработки в области региональной комплексной безопасности.

В работе под комплексной безопасностью региона понимается научно-исследовательское направление, основной задачей которого является создание административно-организационных мер и информационных средств, обеспечивающих

рациональное управление всеми доступными ресурсами региона с целью предотвращения потенциальных угроз, оказывающих негативное воздействие во всех сферах развития региона.

Комплексную безопасность (КБ) региона можно рассматривать как систему факторов безопасности или отдельных аспектов региональной безопасности: экономической, экологической, технологической и информационной.

Уровень комплексной безопасности – это оценка, основанная на наборе показателей и критериев, характеризующая состояние системы в плане защищенности критичных для нее элементов. Данная оценка всегда относительна, поскольку составляющие комплексной безопасности взаимосвязаны и взаимозависимы, поэтому в большинстве случаев невозможно присвоить этой оценке конкретное численное значение.

В работе предлагается метод оценки комплексной безопасности развития региональных социально-экономических систем арктической зоны РФ, который обобщает в себе существующие индикаторные системы и формирует совокупность интегральных показателей, полученных путем свертки ряда групп общепринятых индикаторов безопасности.

В качестве меры оценки комплексной безопасности региона используется матрица региональной комплексной безопасности, которая формируется на основе предложенной системы индикаторов безопасности и включает в себя показатели для каждой составляющей безопасности. Матрица позволяет разработать формальные процедуры сравнения различных сценариев развития социально-экономических систем регионов арктической зоны.

Для исследования факторов, влияющих на формирование существующих систем оценивания состояния региональных социально-экономических систем, разработаны когнитивные модели, которые представлены в виде диаграмм причинно-следственных связей и отражают взаимосвязи основных показателей комплексной безопасности региона (рис.1).

Разработанные диаграммы являются теоретической основой для создания метода оценки комплексной безопасности региона. Построенные когнитивные модели позволяют унифицировать подходы к управлению комплексной безопасностью и на их основе с привлечением эмпирических и статистических данных строится комплекс имитационных моделей комплексной безопасности региона.

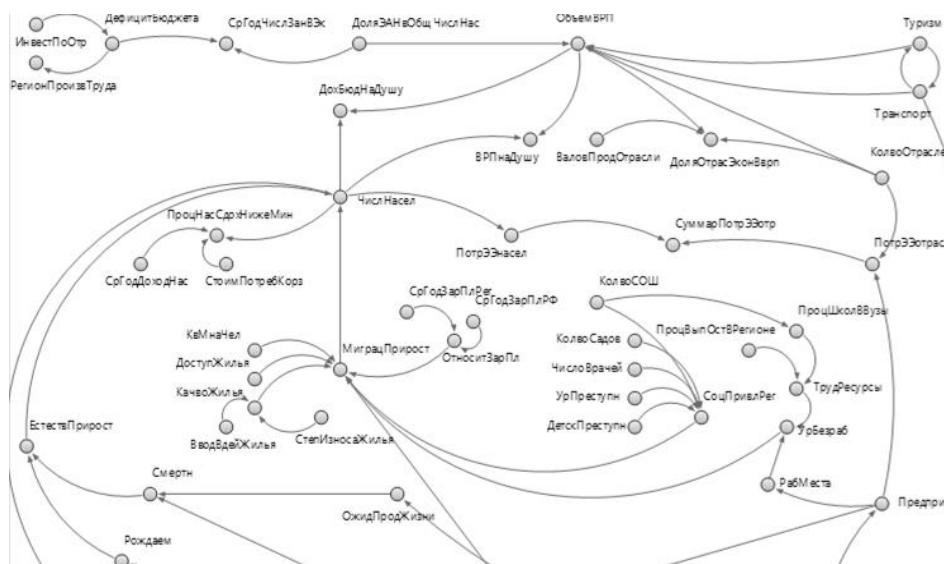


Рис.1 Фрагмент диаграммы причинно-следственных связей

В отличие от существующих подходов к моделированию и оценке развития регионов, использующих в основном макроэкономические показатели и различные балансовые и эконометрические модели, разработанный набор имитационных моделей позиционируется как исследование в рамках развития теории полимодельных комплексов.

Характерной особенностью комплекса является совместное использование агентного моделирования, позволяющего оперировать частными показателями, и метода системной динамики, работающего с макроэкономическими показателями, для получения интегрированных индикаторов, отражающих состояние как комплексной безопасности в целом, так и отдельных ее составляющих. Комплекс представляет собой совокупность взаимосвязанных моделей, каждая из которых описывает одну из составляющих КБ региона:

- Население и демографические процессы;
- Общество и социо-культурные аспекты;
- Различные отрасли экономики (горнодобывающая и обрабатывающая, рыбопромышленная, топливно-энергетическая, торговля);
- Система образования и подготовки кадров;
- Экология и загрязнение окружающей среды;
- Финансовая региональная система.

Комплекс позволяет проводить вычислительные эксперименты по прогнозированию состояния региональных систем и, варьируя значения входных параметров моделей, проигрывать различные сценарии развития ситуации. Таким образом, разработанный комплекс можно использовать как средство прогнозирования возможных сценариев развития социально-экономических систем региона с последующим формированием оценки его комплексной безопасности.

Прогнозы, полученные с помощью разработанного комплекса имитационных моделей, позволяют повысить качество принимаемых решений в сфере региональной безопасности за счет предоставления более детальной и наглядной информации по разным показателям безопасности.

Черныш К.В., Кононов А.А.

ИНДИКАТИВНАЯ ОЦЕНКА РИСКОВ НА КРИТЕРИАЛЬНЫХ МОДЕЛЯХ КРИТИЧЕСКИ ВАЖНЫХ ОБЪЕКТОВ И КРИТИЧЕСКИХ ИНФРАСТРУКТУР

Москва, Институт системного анализа Федерального исследовательского центра «Информатика и управление» Российской академии наук

Аннотация. Критериальные модели позволяют выявлять и оценивать два класса критериальных рисков: риски связанные с проблемами используемых критериальных систем (противоречивостью, неадекватностью, неполнотой и избыточностью критериев), и риски, связанные с невыполнением требований и несоответствием составляющих КВО и КИ критериям безопасности. Предлагаются методы оценки и анализа этих рисков.

В управлении безопасностью больших, в том числе, территориально-распределенных, систем, таких как критически важные объекты (КВО) и критические инфраструктуры (КИ), есть целый ряд проблем, решение которых требует развития как теоретических, так и инструментальных методов их решения. К числу таких проблем относятся оценка и контроль защищенности каждой из структурных составляющих большой системы, с учетом возможности выявления новых уязвимостей, угроз и средств защиты. В настоящем докладе предлагается метод решения этой проблемы путем оценки рисков на критериальных моделях больших иерархических систем.

Под критериальной моделью системы будем понимать структурную модель системы с определением по каждой структурной составляющей множества критериев, соответствие которым будет характеризовать уровень защищенности этой структурной составляющей и влиять на защищенность системы в целом.

При этом, под структурной моделью системы будем понимать иерархическую модель, отражающую организационную и функциональную структуру каждой ее составляющей, вплоть до отдельных элементов, по которой могут быть определены критерии, степень соответствия которым будет влиять на защищенность системы в целом.

Обозначим структурную модель (СМ) как $\vec{S}$, а с учетом, что структура системы может меняться со временем: $\vec{S}(t)$.

Далее предполагается, что все критериальные модели строятся на основе $\vec{S}(t)$, путем определения множеств критериев по структурным составляющим. По любой из структурных составляющих такое множество может иметь любое количество критериев, в том числе, быть пустым. И только в том случае, если по какой-либо структурной составляющей, в принципе, оказывается невозможно определить связанных с ней уязвимостей и угроз, наличие которых может снизить безопасность всей системы, такая составляющая может быть удалена из $\vec{S}(t)$. Собственно, это условие задает процедуру обеспечения целевой «компактности» структурной модели.

Опасности, идентифицируемые с помощью критериальных моделей, назовем критериальными рисками.

Оценки рисков, получаемые по критериальным моделям, назовем оценками критериальных рисков. Очевидно, что такого рода оценки не могут быть точны и носят сугубо индикативный характер, то есть, позволяют лишь отслеживать наличие уязвимостей, делать предположения об уровне их опасности и выявлять формирующие их источники. Последнее будет возможно с введением понятия и процедур получения структурированных оценок рисков. Под структурированной оценкой риска по структурной модели $\vec{S}(t)$ будем понимать множество оценок рисков, полученное по каждой структурной составляющей этой модели. Для расчета структурированной оценки рисков может использоваться структурированная оценка соответствия критериям, которая представляет собой множество оценок соответствия критериям по каждому критерию каждой структурной составляющей структурной модели $\vec{S}(t)$.

Первый класс критериальных рисков – это риски несовпадения некоторой конкретной критериальной модели с объективно существующей, но, как правило, не доступной нашему познанию в полной мере идеальной критериальной моделью.

Под идеальной критериальной моделью (ИКМ) системы будем понимать такую критериальную модель, соответствие всем критериям которой будет означать предельно возможную в данных условиях защищенность системы от всех угроз с минимально возможными при этом затратами. ИКМ может меняться с течением времени, по мере появления новых угроз и уязвимостей, создания новых средств защиты. Обозначим ИКМ как $\vec{M}$. С учетом, что эта модель может меняться со временем, на момент времени t ее состояние обозначим как $\vec{M}(t)$.

Под заданной критериальной моделью (ЗКМ) будем понимать критериальную, модель, используемую в качестве задания к исполнению, обозначим ее как $\vec{Z}$. Она так же может меняться с течением времени, и ее состояние на момент времени t будем обозначать как $\vec{Z}(t)$.

Обозначим процедуру формирования ЗКМ из СМ как $\bar{Q}$:

$$\bar{Q}: \vec{S}(t) \rightarrow \vec{Z}(t).$$

Как правило, процедура $\bar{Q}$ - эта процедура построения системы критериев исходя из существующей нормативной базы. Объективно, в каждый момент времени существует множество критериев, которые есть в $\vec{M}(t)$, но отсутствуют в $\vec{Z}(t)$. По сути, они образуют модель проигнорированных в ЗКМ критериев ИКМ, которую можно обозначить, как $\hat{G}(t)$, и назвать объективно существующей моделью проигнорированных критериев (ОМПК). В наличии $\hat{G}(t)$, можно убедиться, выполнив процедуры построения моделей угроз и возможных событий рисков [1] по структурной модели $\vec{S}(t)$, исходя из предположения, что на ней полностью выполняются все множества критериев, определенные в $\vec{Z}(t)$. И если даже

выявить дополнительных угроз не удастся, это может свидетельствовать лишь об ограниченности существующих возможностей анализа объективной реальности. Тем не менее, в результате дополнительного анализа, как правило, удастся выявить некоторое множество проигнорированных критериев, образующих идентифицированную модель проигнорированных критериев (ИМПК) $\vec{G}(t)$, и если это так, то по этому множеству можно рассчитать оценки рисков проигнорированных критериев.

Также возможно существование в ЗКМ множества избыточных по отношению к ИКМ критериев, и те, которые нам удастся идентифицировать, можно назвать идентифицированной моделью избыточных критериев (ИМИК). Для нее будем использовать обозначение $\vec{\Phi}(t)$.

Определим процедуру $\hat{\mathbb{Z}}$, которая на любой момент времени t позволяет из ИКМ и ЗКМ получать ИМПК:

$$\hat{\mathbb{Z}}: \{\vec{M}(t), \vec{Z}(t)\} \rightarrow \vec{G}(t).$$

Определим процедуру $\check{\mathbb{Z}}$, которая на момент t позволяет из ЗКМ и ИКМ получать ИМИК:

$$\check{\mathbb{Z}}: \{\vec{Z}(t), \vec{M}(t)\} \rightarrow \vec{\Phi}(t).$$

Определим процедуру $\bar{\mathbb{R}}'$, которая по полученным ИМПК и ИМИК позволяет, по каждой структурной составляющей СМ получать индикативную оценку возможного ущерба (риска) принимаемой к исполнению ЗКМ. Получаемый результат назовем структурированной индикативной оценкой рисков несовершенства критериальной базы, то есть, оценкой критериальных рисков первого вида (ОКР1), и будем обозначать ее $R'(t)$:

$$\bar{\mathbb{R}}': \{\vec{G}(t), \vec{\Phi}(t)\} \rightarrow R'(t).$$

Получение $R'(t)$ позволяет оценить уровень безопасности задаваемой системы критериев $\vec{Z}(t)$ на момент времени t , отслеживать его динамику, а так же понять критериальные множества каких структурных составляющих формируют получаемые критериальные риски. Алгоритмы получения индикативных оценок ОКР1 – это алгоритмы расчета рискообразующих потенциалов [1].

Индикативная оценка критериальных рисков второго вида - это оценка рисков, связанных с тем, что в реальности не всегда удастся достигнуть соответствия критериям безопасности, то есть закрыть все уязвимости и парировать все угрозы.

В настоящее время разработаны методы получения индикативных оценок по заданной критериальной модели [2].

Пусть в результате выполнения процедуры $\bar{\mathbb{C}}$ с использованием критериальной модели $\vec{Z}(t)$ формируется структурированная оценка соответствия критериям ЗКМ - $\vec{O}(t)$:

$$\bar{\mathbb{C}}: \vec{Z}(t) \rightarrow \vec{O}(t).$$

Разработанные на сегодня методы [3], на основании $\vec{O}(t)$ позволяют получить индикативную структурированную оценку критериальных рисков второго вида:

$$\bar{\mathbb{R}}'': \vec{O}(t) \rightarrow R''(t).$$

Наличие $R'(t)$ и $R''(t)$ позволяет детально оценить состояние безопасности большой иерархической системы, проанализировать источники формирования рисков, и таким образом идентифицировать и отслеживать уязвимости во всех структурных составляющих.

Литература

1. Бурдин, О.А., Кононов, А.А. Метод оценки рискообразующих потенциалов в компьютеризированных организационных системах / О.А.Бурдин, А.А.Кононов // НТИ - Сер. 1. - 2004. - № 2. - С. 19 - 21.
2. Кононов, А.А., Поликарпов, А.К., Черныш, К.В. Концепция оценки критериальных рисков в управлении безопасностью больших кибернетических систем / А.А.Кононов, А.К.Поликарпов, К.В.Черныш // Труды ИСА РАН. – 2011. - Т. 61, выпуск 5. - С. 23 - 27.
3. Кононов, А.А. Основные концептуальные положения методологии систематического детализированного контроля информационной безопасности больших критически важных объектов и инфраструктур / А.А.Кононов, П.И.Кулаков, А.К.Поликарпов, К.В.Черныш // Современные проблемы и задачи информационной безопасности: Труды Всероссийской научно-практической конференции «СИБ-2015». – М.: МФЮА, 2015, - С. 16 - 21.

Шатунов А. А.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АЛГОРИТМОВ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ

Москва, Институт системного анализа Федерального исследовательского центра «Информатика и управление» РАН

Аннотация: В настоящее время существуют различные алгоритмы распределения транспортных потоков в виде межрайонных корреспонденций в транспортной сети. В докладе представлены основные различия существующих на данный момент алгоритмов распределения транспортных потоков. Основными алгоритмами, представленными здесь, являются дуговые и маршрутные алгоритмы. Так же будет рассказано о промежуточном подходе, в котором переменными являются потоки из "общего источника". Данный метод был разработан американским ученым Х. Бар-Гера.

Цель работы: Провести сравнительный анализ различных существующих алгоритмов поиска равновесного распределения в транспортной сети. Впоследствии провести детальный разбор алгоритма подхода Бар-Гера.

Принцип равновесия

Основой для моделирования процесса распределения корреспонденций является принцип равновесия транспортной сети. В основе данного принципа лежит предположение о том, что каждый участник движения стремится минимизировать обобщенную цену своего пути, что, в свою очередь, является агрегированным критерием оценки пути. Основной составляющей обобщенной цены является время, затраченное на передвижение. В дальнейшем будем говорить о ценах дуг c_a , где a – номер дуги.

Равновесным является распределение потоков, при котором ни один из участников движения не может изменить свой путь так, чтобы уменьшить цену пути. Ключевым предположением о цене пути является следующее: цена движения по дуге является неубывающей функцией суммарного потока по этой дуге: $c_a = c_a(u_a)$. Иначе говоря, чем больше автомобилей движется по данной дуге, тем более медленным становится движение по ней, а значит, возрастает цена пути.

Равновесное распределение дается решением следующей задачи оптимизации:

$$\sum_a \int_0^{u_a} c_a(v) dv \rightarrow \min$$

с ограничениями:

$$u_a = \sum_{p,q} \sum_{k \in K_{pq}, a \in k} u_{kpq}; \quad F_{pq} = \sum_{k \in K_{pq}} u_{kpq}; \quad u_{kpq} \geq 0$$

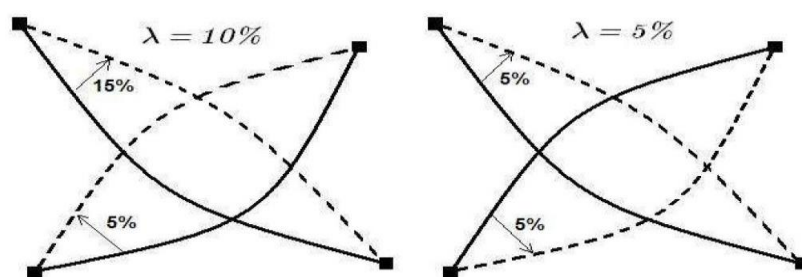
В задаче оптимизации потоки на дугах u_a представляют собой суммы потоков u_{kpq} по всем путям k , проходящим через данную дугу a .

Ограничения задачи состоят в том, что потоки по путям u_{krq} должны в сумме давать корреспонденции F_{pq} между всеми парами районов p и q .

Дуговые (link-based) алгоритмы. Алгоритм Франке-Вульфа

Алгоритм Франке-Вульфа дает возможность вычислить итоговую равновесную загрузку транспортной сети, не сохраняя в памяти компьютера само распределение корреспонденций по путям. На начальном шаге все корреспонденции распределяются на оптимальные по цене пути, рассчитанные по свободной сети. На каждом последующем шаге алгоритма $n + 1$ каждая корреспонденция уже распределена на некоторое количество путей (не более n), вычисленных на предыдущих n шагах. В результате возникает загрузка дуг сети u_a^n . С учетом этой загрузки рассчитываются цены дуг c_a^n , и строится новая система оптимальных путей. Данная система является «опорной» для перераспределения корреспонденций. Далее вычисляется доля корреспонденций λ , которая будет перераспределена со всех прежних путей на новые оптимальные пути (способ вычисления λ для последующего анализа несущественен).

Особенность алгоритма в том, что со всех прежних путей перераспределяется одна и та же доля корреспонденций λ . Это означает, что загрузка всех дуг уменьшится ровно в $(1 - \lambda)$ раз. Отсюда следует, что для вычисления новой загрузки всех дуг нет необходимости запоминать распределение по путям, а достаточно сохранять в памяти компьютера только загрузку всех дуг от предыдущего шага. С учетом того, что цены дуг зависят только от загрузки дуг $c_a = c_a(u_a)$, для вычисления самой доли λ также не требуется знать распределение по путям.



Принцип работы алгоритма продемонстрирован на простом примере (см рисунок), где достигается равновесное распределение двух корреспонденций между двумя парами районов. Пусть на очередном шаге необходимо перераспределить с одного пути на другой 15% первой корреспонденции и только 5% второй. Тогда алгоритм выберет некоторую общую долю перераспределяемых корреспонденций, скажем 10%. В результате окажется, что для первой корреспонденции перераспределение было недостаточным, а для второй — перераспределили лишнее. С учетом новой загрузки дуг на следующем шаге алгоритма оптимальным для первой корреспонденции будет тот же путь, что и на предыдущем шаге, а для второй корреспонденции оптимальным, наоборот, станет путь, с которого на предыдущем шаге сняли корреспонденцию. Таким образом, на этом шаге будут перераспределены оставшиеся 5% первой корреспонденции и возвращены «на место» 5% второй корреспонденции. Разумеется, приведенные цифры приблизительны. На самом деле, за счет нелинейности функции $c_a(u_a)$ значение λ на первом шаге будет отличаться от 10% и даже в описанном простом случае итерации не сойдутся точно за два шага.

Этот алгоритм до сих пор является наиболее распространенным в практике моделирования загрузки автомобильных сетей. Однако алгоритм обладает существенным недостатком. Хотя теоретически алгоритм всегда сходится, на практике скорость сходимости существенно ухудшается в ходе итераций. В течение первых итераций наблюдается достаточно быстрое приближение к равновесию, однако после нескольких десятков итераций приближение может практически прекратиться. Особенно сильно этот эффект проявляется на больших сетях. Ухудшение сходимости тесно связано с так называемым эффектом

«застревающих потоков» (residual flows). Эффект проявляется в сильной неравномерности сходимости потоков к равновесным значениям на отдельных дугах. То есть при общей хорошей сходимости к равновесию в сети может сохраняться небольшое количество дуг, на которых поток сильно отличается от равновесного, причем эти «выбросы» не устраняются последующими итерациями.

Маршрутные алгоритмы. Алгоритм «балансировкой по путям»

Основная идея данных алгоритмов состоит в индивидуальной работе с корреспонденциями, что позволяет своевременно перераспределять отдельные «застрявшие потоки». Очевидно, что перераспределение одной корреспонденции среди альтернативных путей изменяет цены дуг и косвенно влияет на распределение других корреспонденций, использующих те же дуги. Отсюда возникает необходимость в многократном проходе всего массива корреспонденций для приведения системы в равновесное состояние.

Данный алгоритм может быть назван «балансировкой по путям». Основная идея алгоритма состоит в следующем. В равновесном состоянии каждая корреспонденция распределена среди некоторого количества альтернативных путей, причем это количество может быть разным для разных корреспонденций и заранее не известно. Если фиксировать некоторые наборы путей между всеми парами районов, то можно сформулировать задачу поиска равновесия «в узком смысле»: найти равновесие в системе при дополнительном условии, что для передвижения используются только пути из фиксированных наборов и никакие другие. Очевидно, что если в эти наборы включены все пути, используемые при настоящем равновесном распределении, то равновесие «в узком смысле» совпадает с равновесием в обычном смысле. Будем называть фиксированный набор путей между парой районов «пучком» путей. На первом шаге алгоритма можно сформировать пучки, состоящие всего из одного пути — оптимального пути между соответствующей парой районов, рассчитанного по пустой сети. На каждом шаге алгоритма пучки пополняются новыми путями следующим образом. Сначала решается задача равновесия «в узком смысле» для имеющихся пучков (на первом шаге эта задача тривиальна). После этого каждый пучок пополняется оптимальным путем, рассчитанным при сложившейся загрузке дуг сети. Разумеется, в качестве «нового» может выступать один из ранее полученных путей. Фактически алгоритм закончит свою работу, когда ни один по-настоящему новый путь не будет найден.

Равновесие «в узком смысле» находится так. Обозначим через K_{pq} пучок путей из района p в район q . В условиях равновесия цены используемых путей в пучке равны между собой, а цены не используемых путей выше. Если это условие выполнено, назовем пучок сбалансированным. Зафиксируем распределение всех остальных корреспонденций и будем варьировать только распределение корреспонденции f_{pq} между путями пучка K_{pq} . Определим самый короткий и самый длинный (в смысле цены) пути в пучке k_{min} и k_{max} . Если начать переносить часть корреспонденции с k_{max} на k_{min} , то их цены с учетом изменения загрузки будут сближаться. При этом возможны два варианта: либо можно подобрать соотношение долей, при котором цены станут равными, либо вся доля корреспонденции с k_{max} перейдет на k_{min} и длинный путь не будет использоваться. Повторяя вычисление k_{min} , k_{max} в итеративном режиме, можно сбалансировать пучок K_{pq} с любой степенью точности. Проходя в цикле все пары районов, можно сбалансировать все пучки. Однако в силу того, что пути из разных пучков могут использовать одни и те же дуги, балансировка очередного пучка в цикле будет «портить» балансировку уже пройденных пучков. Это делает необходимым многократный проход цикла по всем парам районов. Описанный алгоритм находит равновесное состояние за конечное число шагов, хотя оно, разумеется, не будет точным, поскольку балансировка пучков на каждом шаге ведется до достижения некоторой конечной точности.

Основным преимуществом маршрутных алгоритмов является существенное повышение равномерности сходимости потоков на дугах, в частности, решение проблемы

«застревающих потоков». Однако это достигается за счет кардинального увеличения необходимого объема компьютерной памяти.

Алгоритм Бар-Гера

В этих условиях заслуживает внимания промежуточный подход, предложенный Бар-Гера. Этот подход представляет собой нечто среднее между дуговым и маршрутным подходами. Основной идеей является различение на каждой дуге представителей корреспонденций,двигающихся из общего района отправления, без различения районов прибытия. Таким образом, вместо потоков на дугах u_a или путях u_{krp} в качестве независимых переменных используются потоки из «общего источника» (origin-based) u_{ap} , где a — номер дуги, p — номер района отправления. Очевидно, этот массив существенно (в количестве раз порядка числа районов) меньше массива потоков по путям и может помещаться в оперативную память. Вместе с тем он позволяет достаточно индивидуально работать с корреспонденциями от разных районов. Как показали численные эксперименты, алгоритм обеспечивает требуемую равномерность сходимости и решает проблему «застревающих потоков».

Яковлев С.Ю., Шемякин А.С., Олейник Ю.А.

АВТОМАТИЗАЦИЯ РАЗРАБОТКИ ПЛАНИРУЮЩЕЙ ДОКУМЕНТАЦИИ ПО СНИЖЕНИЮ ПРОМЫШЛЕННО-ЭКОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ

Апатиты, Институт информатики и математического моделирования КНЦ РАН

Аннотация. Анализ многочисленных планирующих документов по промышленно-экологической безопасности предприятий и регионов показывает, что в этих планах можно выделить относительно небольшое число типовых информационно-алгоритмических блоков. Совокупность блоков служит основой для построения предлагаемой автоматизированной системы разработки документации. Создана и апробирована пилотная версия системы.

Как уже неоднократно отмечалось в публикациях, номенклатура и объём обязательной документации по предупреждению и ликвидации аварий и чрезвычайных ситуаций (ЧС) для уровня потенциально опасных объектов и территорий в последние годы имеют устойчивую тенденцию к возрастанию. К таким документам относятся разнообразные планы, декларации, паспорта. Многие документы подлежат государственной экспертизе, проходят длительную процедуру согласования и утверждения. Эта деятельность осуществляется под эгидой МЧС России, Ростехнадзора, Госпожнадзора, Минприроды и других ведомств. Законодательство в сфере техногенно-природной безопасности регулярно модифицируется. Увеличивается сложность, наукоёмкость выходных документов, разрастается нормативно-методическая база их разработки. Если составить список всех источников, которые регламентируют состав и содержание обязательной документации, то он будет включать в себя сотни наименований. Отметим также многообразие дополнительных (внутренних) материалов, обязательных для обеспечения функционирования опасных производственных объектов: лицензии, свидетельства, договоры с внешними организациями, положения, реестры и т.п. К тому же все указанные документы должны регулярно обновляться. В итоге административная, финансовая нагрузка на предприятия возрастает, они вынуждены прибегать к услугам сторонних организаций. В то же время совокупность обязательных документов, порождённая различными ведомствами, не структурирована, не образует системы. Эти документы во многом, часто почти дословно, повторяют друг друга. Отметим, что дублирование содержания встречается и внутри отдельных документов. В целом можно выделить ряд универсальных, общих блоков, что создаёт предпосылки для внедрения автоматизированной системы ведения нормативной документации. Подчёркнём, что данная работа посвящена, прежде всего, планирующим документам, содержащим, в той или иной степени, оценку риска ЧС. Ранее по этому вопросу был опубликован ряд статей. В настоящей

работе выполняется анализ существующих разработок в сфере управления безопасностью предприятий и регионов, описывается информационная технология ведения планирующей документации, представлена реализованная пилотная версия автоматизированной системы, намечаются направления дальнейших разработок.

Проведён поиск и анализ программных продуктов, обеспечивающих автоматизацию различных задач и функций управления безопасностью на региональном и объектовом уровне.

Представлена нормативно-методическая база планирования борьбы с авариями и ЧС, описана реализованная подсистема работы с базой.

Выполненный ранее анализ позволил выделить содержательные разделы, общие для большинства планирующих документов.

Общий раздел является первой (вводной) частью типового документа. В этом разделе излагается обоснование, формулируются цели и задачи разработки документа. Приводится нормативно-методическая база в виде перечня федеральных законов, государственных стандартов, строительных норм и правил, норм и правил пожарной безопасности и т.п. Сообщается краткая информация об объекте (наименование, адрес, телефон и т.д.). Дается характеристика опасных веществ (при наличии). Приводятся основные направления деятельности, а также краткие сведения о территории и персонале. Описание технологических процессов сопровождается схемами (с нанесением направлений циркуляции веществ) и таблицами (характеристики технологических узлов, агрегатов, устройств). Далее рассматриваются географические и гидрометеорологические характеристики территории. Описывается рельеф местности с нанесением меток высот относительно объекта. Отображаются особенности территории, важные для оценки риска ЧС (жилая зона, зеленая зона, водоёмы и т.д.). Приводятся сведения об авариях на данном и/или аналогичных объектах.

Аналитический (расчётный) раздел является второй и наиболее сложной, наукоёмкой частью документа. Дается описание возможных внутренних и внешних факторов, способных привести к возникновению и развитию аварий и ЧС. Для основных технологических узлов и единиц (резервуар, трубопровод, цистерна и т.п.) формулируется перечень возможных аварий. Строятся деревья развития аварий с определением вероятности (частоты) возникновения каждого сценария. При описании сложных промышленных объектов число возможных сценариев может достигать нескольких сотен. Для каждой «ветви» производится расчет последствий аварий, определяются зоны поражения с последующим нанесением на топографические карты. По результатам исследований рассчитываются экономический и социальный ущерб, выявляются наиболее опасный и наиболее вероятный сценарии.

Третий раздел нередко выполняется в виде приложений к основному документу. Обязательным является расчет необходимых сил и средств для локализации и ликвидации возможных аварий. Приводится расчет необходимого количества техники, материалов и персонала, сравнение с имеющейся технологической и материальной базой предприятия и привлекаемых внешних организаций. Приводятся алгоритмы взаимодействия и/или календарные планы оперативных мероприятий при ЧС. Описываются способы ликвидации последствий аварий, организации временных хранилищ, рекультивации земель и т.п. В состав графических приложений входят нанесённые на картографическую основу зоны поражения при авариях, зоны ответственности организаций, направления эвакуации и т.п.

Таким образом, к числу заранее заготовленных форм (блоков, шаблонов) можно отнести: типовые структуры опасных процессов и объектов, структуры описания возможных аварий и ЧС, этапы управления борьбой с ЧС, схемы анализа безопасности типовых процессов и объектов, таблицы принятия решений, расчётные методики и т.п. Кроме того, в состав возможных архивов по объектам могут входить: карты местности, схемы инфраструктуры, расположение и оснащённость сил и средств, структуры центров управления безопасностью регионов, а также ранее разработанные планирующие и иные

документы. База этих данных является модифицируемой и пополняемой (прерогатива администратора системы).

В целом предлагаемая технология нацелена на создание единого информационного поля для принятия решений, а также на координацию организационных и функциональных структур управления для типовых региональных чрезвычайных и кризисных ситуаций. Заметим, что шаблоны ориентированы на принятую в России систему управления безопасностью, включающую в себя разнородные элементы: организационную и функциональную структуры, нормативно-методическую базу и т.п. Разработка шаблонов осуществляется на основе отечественных теоретических и прикладных исследований. Таким образом, в диалоге с пользователем – экспертом и с использованием заранее разработанных типовых блоков и структур осуществляется постепенное наращивание информационной модели предметной области. Технология позволяет построить соответствующую уровню информированности модель и выявить недостающие для принятия решений данные.

Перейдём к вопросам реализации технологии.

Ранее была представлена локальная автоматизированная подсистема нормативно-методического обеспечения для исследований по промышленно-природной безопасности объектов и комплексов Мурманской области. Система позволяет осуществлять работу с документами, производить оперативный поиск документов по различным критериям и корректировать как содержание нормативной базы, так и набор критериев систематизации документов в ней. Система зарегистрирована в качестве электронного ресурса в ФГАНУ "ЦИТиС".

Общий алгоритм работы автоматизированной системы разработки планирующей документации можно представить следующим образом.

Осуществляется вход в систему, авторизация пользователя.

Вводится тип объекта (или конкретный объект), предоставляется информация по объекту, имеющаяся в системе, в т.ч. ранее разработанные документы.

Вводится тип документа (раздел, блок), предоставляются данные, имеющиеся в системе.

Вызывается соответствующая типу объекта и документа нормативно-справочная база, выполняется работа с ней.

Вызываются (при необходимости) методики, производятся расчёты.

Формируется выходной документ.

Реализована пилотная версия системы, в настоящее время осуществляется её регистрация.

Таким образом, разработана и реализована автоматизированная система поддержки ведения планирующей документации по оценке и снижению риска чрезвычайных ситуаций для уровня потенциально опасных объектов и территорий. Выполнен анализ состава и содержания информационно-методической базы разработки планирующих материалов, выявлены универсальные общие блоки, позволяющие сформировать типовой нормативный документ. Система обеспечивает рациональное ведение документации по оценке риска. Система апробирована для ряда объектов Мурманской области при разработке планов по предупреждению и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов, паспортов безопасности, планов повышения защищенности. Продолжение исследований связано с наращиванием пилотной версии на примере крупного градообразующего предприятия (горно-химического комплекса), расширением функционала системы. Внедрение результатов предполагается в процессе проектирования и реализации объектовых и региональных автоматизированных систем управления промышленно-экологической безопасностью.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проекты № 15-29-06973, № 15-07-02757).

**МОЛОДЕЖНАЯ ШКОЛА-СЕМИНАР
«ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ»**

Астрамович К.А.

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ МНОГОМЕРНЫХ ДАННЫХ С ПОМОЩЬЮ ЛИЦ ЧЕРНОВА

Кировск, Хибинский технический колледж (филиал) ФГБОУ ВПО ПО «Национальный минерально-сырьевой университет «Горный»»

Визуализация данных – это представление информации с помощью изображений, графиков, схем, таблиц и диаграмм.

Одной из схем визуального представления многомерных данных является использование пиктограмм, в частности, так называемых лиц Чернова.

В качестве исходных данных для выполнения работы использовались данные опроса 3 групп технических специальностей колледжа 1, 2 и 4 курса. Цель опроса – выяснить и визуализировать общее психофизическое состояние студентов на момент завершения адаптационного периода у студентов 1 курса и у 2 – 4 курсов после летних каникул. Всего в опросе анонимно участвовало 57 человек.

Каждой группе предлагалось ответить на 10 вопросов, имеющих отношение к оценке уровня эмоционального комфорта и физического состояния в группе и при общении с преподавателями; заинтересованности в получении данной специальности; реализации творческой деятельности в стенах колледжа и т.д.

В работе строятся лица с использованием асимметрии, что позволяет рассматривать объекты в прогрессе. Левая часть лица визуализирует усредненные значения по всем показателям, правая строится при выборе одного из нескольких допустимых параметров.

Достижение поставленной цели подразумевало знакомство со средами быстрой разработки приложений и высокоуровневыми языками программирования, в частности C++, и включало:

- а) разработку оконного Windows приложения с использованием таблиц и графики;
- б) знакомство с понятием «usability» – проработкой элементов пользовательского интерфейса приложения.

Приложение создавалось с помощью среды разработки приложений Borland C++ Builder в операционной системе Windows 7 и является автономным.

Бабанина И.О.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ ПОИСКА И ОБРАБОТКИ СТАТИСТИЧЕСКИХ ДАННЫХ ДЛЯ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Апатиты, Кольский филиал Петрозаводского государственного университета

Государственной статистикой накоплен большой объем статистических данных о социально-экономических процессах в развитии общества. На основе анализа этих данных можно выявлять явные и скрытые тенденции, строить стратегию дальнейшего развития, находить новые решения.

Актуальность темы доклада обусловлена востребованностью обработки статистических данных в научно-исследовательской деятельности.

В настоящее время в статистике применяются современные информационные технологии на всех этапах разработки и проведения статистического наблюдения. В системе государственной статистики эксплуатируется множество прикладных программ, обеспечивающих работу со статистической информацией. При этом могут возникать трудности, обусловленные тем, что еще не решены многие важные проблемы.

В ходе работы передо мной были поставлены следующие задачи:

- провести сравнительный анализ существующих программ по работе со статистическими данными;
- спроектировать основные компоненты;
- выбрать средство реализации;
- разработать прототип приложения.

Для решения поставленных задач мною была изучена предметная область, был проведен анализ полученной информации, были сравнены существующие программы по работе со статистическими данными, выявлены их плюсы и минусы, далее было выбрано средство реализации, разработано приложение, которое было успешно протестировано.

Разработанная система должна в полуавтоматическом режиме искать необходимую информацию на сайтах, посвященных статистике, обращаться к ним через API (интерфейс программирования приложений), сохранять полученную информацию на локальном компьютере и обрабатывать ее. В настоящее время реализована только вторая часть работы приложения – обработка статистических данных.

Для создания приложения были использованы среда разработки Microsoft Visual Studio, система для построения приложений Windows Presentation Foundation и язык программирования C#.

Разработанное приложение способно загружать статистические данные из файлов с расширениями .doc и .docx и обрабатывать их, а именно: фильтровать загруженные в приложение данные, выводить диаграммы и графики по этим данным, а также работать сразу с несколькими файлами со статистикой.

К особенностям программной реализации можно отнести способность приложения динамически формировать пользовательский интерфейс в зависимости от показателей, выбранных из статистических данных. При этом пользователю предоставляется возможность указать, по каким именно индикаторам он хочет получить информацию. Перечень показателей также формируется в автоматическом режиме на основе анализа файлов со статистическими данными.

В дальнейшем планируется улучшить приложение: сделать возможным поиск данных с сайтов со статистикой, увеличить функционал приложения (выполнение различных расчетов, открытие файлов с другими расширениями, экспорт полученных результатов и т.д.).

Бородкина М.С.

ЗАДАЧИ НА СМЕШЕНИЕ

Полярные Зори, МБОУ СОШ №4

В школьном курсе математики чаще всего мы рассматриваем задачи, которые решаются с использованием уравнений и систем уравнений. Однако на экзаменах часто предлагаются текстовые задачи, которые имеют наиболее простые алгебраические решения. Приходится смешивать различные жидкости, порошки, твёрдые вещества, разбавлять что-либо водой. У многих учащихся эти задачи вызывают затруднения. Это связано с тем, что таким задачам в школьном курсе математики уделяется совсем мало времени. Однако они входят в различные сборники заданий по подготовке к итоговой аттестации по математике за курс основной школы.

Существует старинный способ решения задач на смеси и сплавы. Задачам подобного типа уделялось значительное внимание в старинных рукописях и «Арифметике» Л.Ф.Магницкого. Если познакомить наших сверстников со старинным способом решения задач, то у них будет больше шансов успешной сдачи выпускных экзаменов. Я считаю, что выбранная тема актуальна. В своей работе я собрала практический материал о текстовых задачах на смешивание, используя при этом материалы различных источников. Материалы

работы выходят за рамки школьной программы и способствуют повышению уровня математической подготовки школьников.

Цель работы: изучить старинный способ решения задач на смешение, выяснить возможность его применения при решении современных задач.

Задачи исследования: исследовать старинный способ решения задач на сплавы и смеси; разобрать различные способы решения задач на смешивание; найти наиболее рациональные способы решения; сделать подборку задач по данной теме; составить памятку закладку для ученика.

Гипотеза: возможно применение старинного способа при решении современных задач.

Объект изучения: старинный способ решения задач на смешение.

Методы работы: сравнение, аналогия, алгоритмизация, обобщение.

Результаты работы: В ходе работы я узнала «старинный» способ решения задач на смеси, изучила его, решила современные задачи этим способом. Способ, предложенный Л.Ф. Магницким можно применять при решении современных задач.

Винник А. Ю.

РАЗРАБОТКА ИГРОВОГО СЕРВЕРА

МНОГОПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКОЙ ОНЛАЙН-ИГРЫ

Апатиты, Кольский филиал Петрозаводского государственного университета

На сегодняшний день игровая индустрия активно развивается, на рынок выходит много разнообразных игровых движков. Но все они учитывают потребности, как правило, обычного мультиплеерного приложения общим числом игроков до 64. В то же время для создания массовой многопользовательской онлайн-игры (далее ММО) необходимо самостоятельно реализовывать сервер.

В данной работе рассматривается подход и программные средства для разработки многопользовательского игрового сервера, способного быстро обрабатывать запросы и отвечать на них клиенту. Для этого предлагается использовать язык программирования C++, а так же библиотеку шаблонов Boost. Основными требованиями к серверу в данном случае являются: высокая скорость работы, возможность принятия и обработки одновременного как можно большего количества пакетов, расширяемость бизнес-логики игры. Помимо этого следует помнить, что для ММО сервера в виду одновременного обслуживания им множества клиентов, необходимо обеспечить возможность асинхронного выполнения своих функций. Наряду с этим необходимо разработать сетевой и прикладной протоколы взаимодействия сервера и клиента и обеспечить его расширяемость. Для этого предлагается использовать асинхронную библиотеку шаблонов Boost::Asio и библиотеки стандартных шаблонов (STL).

В основе разрабатываемого сервера лежат 2 компонента: компонент сетевого взаимодействия и непосредственно бизнес-логика игры. Компонент сетевого взаимодействия должен обеспечивать приём, отправку и маршрутизацию пакетов внутри сервера. Он абстрагирован от основной логики сервера, и выполняет непосредственно низкоуровневую работу с пакетами. Например, проверку пакета на соответствие протоколу или «рассылку» пакетов в необходимые классы для их дальнейшей обработки.

Бизнес-логика в свою очередь представляет из себя набор классов для обработки того или иного пакета, полученного сервером. Правильно спроектированная сетевая часть делает выполнение игровой логики по определению асинхронным, так как все операции выполняются на пуле потоков.

Киселева А. А.

СЕРВИС ПОДДЕРЖКИ ГРАЖДАНСКОГО КОНТРОЛЯ В УПРАВЛЕНИИ ГОРОДСКИМ ХОЗЯЙСТВОМ

Апатиты, Кольский филиал Петрозаводского государственного университета

В настоящее время, жители городов часто сталкиваются с различными повседневными проблемами, информацией о которых они активно делятся в социальных сетях. Некоторые из этих проблем являются общими и привлекают внимание целой группы единомышленников. Одной из таких значимых и волнующих многих коллективных сфер интересов является городское хозяйство. Оперативность, широкая огласка и настойчивая концентрация внимания на многих вопросах городского хозяйства несомненно будет способствовать быстрому их разрешению.

Так как, в последнее время разнообразные мобильные устройства стали всё больше использоваться в различных сферах жизни, они позволяют получить доступ к различным информационным ресурсам практически из любого места, где есть доступ к глобальной сети Интернет. Необходимо связать решение проблем и мобильные устройства, используемые людьми постоянно.

Целью работы является создание веб-сервиса и мобильного приложения, объединяющих в едином информационном пространстве возможностей по публикации, проверке, контролю и сопровождению пользовательских информационных сообщений о выявленных проблемах в городском хозяйстве. Это позволит администрации города и городским службам просматривать такие сообщения и своевременно на них реагировать. С помощью мобильного приложения появится возможность, находясь в любом месте, сделать фотографию и опубликовать проблему, к которой пользователь хочет привлечь внимание общества. Кроме того, у пользователей будет возможность увидеть, какие проблемы добавлены и актуальны на данный момент, оценить и проконтролировать их решение.

Князев Л.А.

ПРОБЛЕМЫ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Апатиты, Кольский филиал Петрозаводского государственного университета,
Институт информатики и математического моделирования КНЦ РАН

Одним из приоритетных направлений государственной политики РФ в Арктике [1] является развитие сферы информационных технологий и связи. Реализация Арктической Стратегии по данному направлению предполагает создание комплексной информационно-телекоммуникационной инфраструктуры для поддержки управления рискоустойчивым развитием территорий Арктической зоны РФ (АЗ РФ) и входящих в ее состав регионов. Наличие такой инфраструктуры позволит создать Единое информационное пространство АЗ РФ. Единое информационное пространство (ЕИП) понимается как совокупность данных, технологий их сопровождения и использования, информационно-телекоммуникационных систем и сетей, функционирующих на основе единых принципов и по общим правилам, обеспечивающих информационное взаимодействие организаций и граждан, а также удовлетворение их информационных потребностей [2]. Существующие в настоящее время системы, в задачу которых входит информационная поддержка деятельности в АЗ РФ, нацелены в основном на решение частных задач обеспечения информацией конкретных видов деятельности – к примеру, связанных с метеорологией, энергетикой, горными работами, экологией и обучением. Эти разработки, обычно не предполагают вариантов совместного использования [3]. Это существенно снижает социальный, экономический и научно-технический эффект использования средств информационно-аналитической поддержки деятельности по освоению арктического.

Учитывая разнородность субъектов деятельности в АЗ РФ и решаемых ими задач при построении ЕИП необходимо решить проблему регламентации, как формирования, так и

использования представленного в этом пространстве ресурсов. Решение вопроса регламентации доступа в масштабе АЗРФ позволило бы сделать шаг на пути объединения гетерогенного информационного пространства, а также повысить оперативность и безопасность получения необходимой информации, содержащей коммерческую или государственную тайну.

Для решения данной проблемы планируется разработать формальную модель определения полномочий различных категорий пользователей при работе с ЕИП АЗ РФ, механизмов делегирования полномочий и регламентации доступа к ресурсам в соответствии с правилами, ограничивающими их использование. На основе модели будет создаваться технология управления доступом к информационным ресурсам ЕИП АЗ РФ, которая будет протестирована на примере системы информационно-аналитической поддержки междисциплинарных научных исследований АЗ РФ.

Литература

1. Стратегия развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 года. – Режим доступа: www.minregion.ru/upload/02_dtp/101001_str.doc
2. Вицентий, А.В. Разработка модели единого информационного пространства для оценки надежности его функционирования / А.В. Вицентий // Труды Кольского научного центра РАН. Информационные технологии. - Вып.2 – Апатиты: Изд-во КНЦ РАН. - 4/2011(7). - 2011. - С.65-71
3. Маслобоев, А.В. Проблемы информационной поддержки управления глобальной безопасностью Арктической зоны России / А.В. Маслобоев, В.А. Путилов // Труды Кольского научного центра РАН. Информационные технологии. -Вып.2 – Апатиты: Изд-во КНЦ РАН.- 4/2011(7). -2011. - С.29-56.

Коваль А. Е.

ВЕЧНЫЙ КАЛЕНДАРЬ

Полярные Зори, МБОУ СОШ №4

Есть много полезных вещей, которые мы не ценим только потому, что, находясь постоянно у нас под руками, они превратились в слишком обыденный предмет домашнего обихода. К числу таких недостаточно ценимых вещей принадлежат наши календари. Мы вправе гордиться календарями, так как они помогают следить всему миру за временем. Но в разное время в разных странах были свои календари, и каждый народ и человек считал свой календарь совершенным....

Цель работы: проанализировать календари разных времён и создать свой в программе Microsoft Excel.

Гипотеза: любой введенный календарь считался создателем идеальным.

Задачи: исследовать историю возникновения календаря, научиться создавать календари, провести опрос о календаре и сделать выводы.

Методы и приёмы: поиск и изучение теоретических источников, разработка календаря в программе Microsoft Excel, анкетирование учащихся.

Результаты работы: Для решения поставленных задач я изучила исторические источники, провела анализ полученной информации, выбрала средство реализации, разработала календарь, который был успешно протестирован.

Чтобы создать календарь, я самостоятельно изучила программу Microsoft Excel. Календарь - это определенная система счета продолжительных промежутков времени с их разделением на более короткие периоды. Мой календарь позволяет узнать день недели с 1800 года до 2114 год. В ниспадающем меню можно выбрать нужный год и месяц. В результате получить

год

2002

месяц

сентябрь

1 пн	7	14	21	28	
2 вт	1	8	15	22	29
3 ср	2	9	16	23	30
4 чт	3	10	17	24	31
5 пт	4	11	18	25	
6 сб	5	12	19	26	
7 вс	6	13	20	27	

необходимую информацию. Это удобно при планировании важных событий, поездок. Алгоритм создания такого продукта подробно описан в моей работе.

Анкетирование одноклассников показало следующие результаты: 42% учеников знают более трех видов календарей, 53% знают, в какой день недели они родились, 80% знают, каким днём недели будет 1 сентября 2014 года. По данным опроса я установила, что мои одноклассники интересуются темой календаря и многое знают.

Данная тема и на современном этапе является не только актуальной, но и интересной. В наше время нет человека, который не знал бы, что такое календарь. К его услугам мы прибегаем ежедневно. Мы настолько привыкли пользоваться календарем, что даже не можем себе представить современное общество без упорядоченного счета времени.

Моя разработка может найти применение: в быту, на уроках географии и астрономии, в исторических исследованиях и прогнозировании, в исследовании процессов реального времени, в дальнейших творческих замыслах.

Криницына А. В.

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ЦЕНТРАЛЬНОГО СКЛАДА ТСЦ АО «АПАТИТ»

Апатиты, Кольский филиал Петрозаводского государственного университета

Объектом исследования данной работы является Центральный склад ТСЦ АО «Апатит». Цель состояла в том, чтобы разработать и исследовать имитационную модель работы склада.

Актуальность обусловлена существующей потребностью в оптимизации работы склада, так как на исследуемом объекте с увеличением объёма продаж возникает проблема обработки большого количества заказов, что приводит к возможности потери клиентов.

В ходе выполнения данной работы передо мной были поставлены следующие задачи:

- 1) теоретическое исследование объекта моделирования;
- 2) разработка и исследование имитационной модели.

Для решения поставленных задач была изучена предметная область, произведен анализ полученной информации, выявлены плюсы и минусы, что позволило выбрать вид моделирования, а также среду реализации.

Склад акционерного общества «Апатит» производит разгрузку, хранение и погрузку оборудования. Доставка груза осуществляется двумя видами транспорта: вагонами и грузовыми машинами. В состав рабочих входят: заведующая складом, кладовщица, а также 3 грузчика.

Рассматриваемая система относится к системам обслуживания, поэтому для разработки модели было выбрано дискретно-событийное моделирование, в основе которого лежит теория массового обслуживания. Модель разрабатывалась в среде AnyLogic.

При исследовании модели были рассмотрены два случая. В первом случае рассматривалась работа склада с реальным количеством рабочих. В результате получили, что кладовщицы постоянно заняты, большинство машин стоит в очередях в пунктах проверки накладных и на таможне, а грузчики оказались менее загружены. Во втором случае увеличили число кладовщиков, что привело к значительному уменьшению количества машин в очередях, снижению нагрузки на кладовщиков. Были сделаны выводы, что при увеличении количества кладовщиков, склад работает интенсивней, количество обслуженного транспорта увеличилось, что благоприятно складывается для предприятия.

Разработанная модель позволяет исследовать работу склада, при разных значениях параметров, что помогает выявить достоинства и недостатки. В модели можно изменять количество персонала, а также время обслуживания в различных пунктах.

В дальнейшем планируется оптимизировать работу склада, а также рассмотреть его экономические стороны.

Ладик А.С.

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЛОГИСТИКОЙ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ В ГОРОДСКИХ СИСТЕМАХ В ВИДЕ WEB-СЕРВИСА

Апатиты, Кольский филиал Петрозаводского государственного университета

На базе существующего прототипа планируется разработать веб-сервис информационной поддержки управления логистикой бытовых отходов в городских системах на базе серверной геоинформационной системы с открытыми исходными кодами MapServer, карты будут взяты с свободного веб-картографического сервиса OpenStreetMap, реализующего средства визуализации мониторинга процесса транспортировки бытовых отходов, процедуры расчета и формирования оптимальных маршрутов транспортировки с учетом дорожной обстановки в городе, расположения пунктов сбора и технических характеристик мусоровозов. При этом все исходные данные, необходимые для расчета маршрутов, финансовых затрат и экологического ущерба, планируется хранить в базе данных PostgreSQL с использованием расширения PostGIS.

Для решения задачи формирования маршрутов планируется использовать алгоритм Дейкстры, и реализовать на высокоуровневом языке программирования общего назначения Python.

Основные возможности информационной системы управления логистикой бытовых отходов следующие: 1) автоматизированное формирование оптимальных маршрутов для осуществления процессов сбора и транспортировки бытовых отходов; 2) расчет финансовых затрат на сбор, транспортировку отходов с учетом амортизации транспортных средств и топливных расходов; 3) расчет содержания CO, NO, CH в выхлопных газах при сжигании топлива; 4) мониторинг подвижных (мобильных) объектов (мусоровозов) в реальном времени; 5) ведение статистики по произведенным затратам на процессы сбора и транспортировки отходов, выброса вредных веществ при сжигании топлива.

Полных аналогов разрабатываемой системы не найдено. Поэтому в качестве аналогов были подобраны ИС, решающие задачу прокладывания оптимальных маршрутов (транспортной логистики). Были выбраны следующие программные средства: Antor Logistics Master, Oracle Transportation Management и Top Logistic.

Их основным недостатком является отсутствие возможности расчета экологического ущерба, которая является основополагающей для реализации задачи минимизации негативного влияния на окружающую среду и здоровье населения (уменьшение экологического ущерба от процесса транспортировки отходов). Также недостатком является то, что вышеперечисленные информационные системы не предназначены для решения задач управления логистикой бытовых отходов.

Кроме заявленных возможностей ИС, планируется реализовать дополнительные возможности: формирование транспортных схем для транспортировки экологически опасных грузов, возможность корректировки маршрутов, а так же расширить список сфер, в которых можно будет применять данное решение: грузовое и пассажирское такси, курьерские доставки, транспортная логистика.

Менькова А.А., Диковицкий В.В.

ТЕХНОЛОГИЯ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ НА ОСНОВЕ КОМПЛЕКСА УДАЛЕННОГО ПРИСУТСТВИЯ

Апатиты, Институт информатики и математического моделирования технологических процессов КНЦ РАН, Кольский филиал Петрозаводского государственного университета

На сегодняшний день существует множество ситуаций, связанных с риском для жизни человека. К таким ситуациям относятся, например, поисково-спасательные работы, отдельные виды открытых и закрытых горных работ. В подобных ситуациях эффективным

программно-аппаратным решением в плане достижения безопасности является замена физического присутствия на виртуальное. Цель данного исследования – разработка и реализация технологии дополненной реальности на основе программно-аппаратного комплекса удаленного присутствия. Имеющиеся на данный момент разработки в области удаленного присутствия обладают рядом недостатков, а именно: низкое разрешение изображения, высокая стоимость, значительная масса и отсутствие стереоэффекта, из-за чего становится затруднительной оценка расстояния между объектами и их взаимного расположения.

Для реализации удаленного присутствия в работе предлагается использовать очки виртуальной реальности. Среди их особенностей необходимо отметить отслеживание положения оператора в пространстве. Дополненная реальность является результатом введения в поле восприятия человека дополнительных сенсорных данных с целью дополнения сведений об окружении и улучшения восприятия информации. Дополненная реальность позволяет использовать средства трехмерного моделирования для расширения видеосигнала реального времени вспомогательной информацией. Схема программно-аппаратного комплекса удаленного присутствия представлена на рисунке 1.

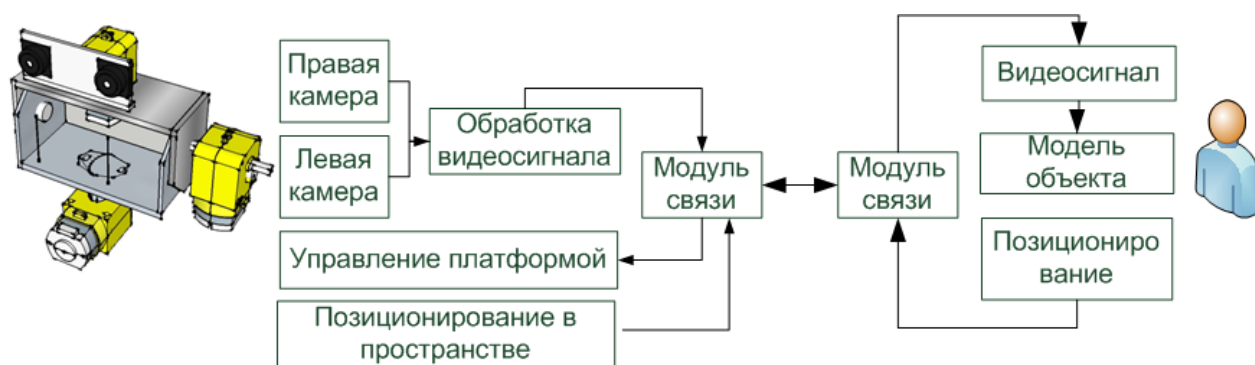


Рис. 1. Схема программно-аппаратного комплекса удаленного присутствия.

Видеосигнал камер передается средствами модулей связи для отображения в очках виртуальной реальности. Сигнал о положении очков виртуальной реальности в пространстве обрабатывается программно с целью выработки управляющего воздействия для управления положением наклонно-поворотной платформы. Сигналы передаются через модуль связи на контроллер, которым управляются приводы платформы. Используется технология создания стереоскопического видеоряда, характеристики которого максимально приближены к характеристикам человеческого зрения. Видеоизображение передается по модулям связи на очки виртуальной реальности. Трехмерная модель необходимого объекта накладывается на видеоизображение реального времени и дополняет видеосигнал модельными данными.

Реализация предложенной технологии сможет найти применение в практической деятельности горнодобывающей промышленности, в чрезвычайных ситуациях, в индустрии развлечений, также в военных целях.

Морозкин Н.Н., Хисматуллина Г.Ф.

АНАЛИЗ ТОЧНОСТИ ЧИСЛЕННОГО РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ФИЛЬТРАЦИИ СТАЦИОНАРНОЙ НЕСЖИМАЕМОЙ ЖИДКОСТИ НА НЕРАВНОМЕРНОЙ СЕТКЕ С УЧЕТОМ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБОВ ПОДСЧЕТА ПОГРЕШНОСТИ

Уфа, Башкирский Государственный Университет

В современных численных методах важную роль играют вопросы точности и скорости численного решения. В работе анализируется точность численного решения на

неравномерной сетке, предложенной в [1], одной фильтрационной задачи. В отличие от работы [2], для оценки точности вычислений применяется не только способ расчета погрешности, основанный на подсчете максимума модуля разности точного и приближенного решения, но и интегральные способы расчета погрешности.

Математическая постановка задачи

Рассмотрим задачу стационарной несжимаемой фильтрации:

$$\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left[r \frac{\partial P}{\partial r} \right] = 0 \quad R_w \leq r \leq R_k \quad (1)$$

Граничные условия для данной задачи имеют вид

$$\begin{aligned} P(R_w) &= P_w \\ P(R_k) &= P_0 \end{aligned} \quad (2)$$

Для численного решения этой задачи будем использовать метод конечных разностей. Введем неравномерную сетку:

$$\bar{w}_h = \{r_i = r_{i-1}h_i, i = 1..N, r_0 = R_w, r_N = R_k\} \quad (3)$$

Узлы неравномерной сетки будем располагать также как и в [1].

На неравномерной сетке (3) был проведен численный расчет. Погрешность оценивалась по следующим формулам:

$$\varepsilon = \max_i |\hat{p}_i - p_i| \quad (4)$$

$$\varepsilon = \int_{0.1}^{100} |\hat{p}_i - p_i| dr \quad (5)$$

$$\varepsilon = \sqrt{\int_{0.1}^{100} (\hat{p}_i - p_i)^2 dr} \quad (6)$$

где $\hat{p}_i$ - точное значение давления в i -ой точке, а p_i - приближенное значение.

Для подсчета интегралов (5), (6) использовался метод средних прямоугольников. Проведенные расчеты показали, что неравномерная сетка, введенная в [1], позволяет сохранить точность вычислений при значительно меньшем числе узлов по сравнению с равномерной сеткой. В работе показано, что точность вычислений сохраняется в независимости от того, по какой из формул: (4), (5) или (6) оценивалась погрешность.

Литература

1. Морозкин, Н. Н., Садретдинов, А. А. Решение одной задачи фильтрации с использованием неравномерных сеток по пространству / Н.Н.Морозкин, А.А.Садретдинов // Вестник Башкирского университета. - 2013.- Т. 18. - №4. - С. 965–968.
2. Морозкин, Н. Н. Хисматуллина, Г.Ф. Анализ точности решения при различных критериях неравномерности сетки в задаче стационарной плоскорадиальной несжимаемой фильтрации / Морозкин, Н. Н. Хисматуллина, Г.Ф. // Наука третьего тысячелетия: сб. статей Международной научно-практической конференции 20 января 2016 г. - Часть 4. - С. 7-9.

Попова М. А.

СИММЕТРИЯ И АСИММЕТРИЯ В ЛИТЕРАТУРЕ

Полярные Зори, МБОУ гимназия №1

В последнее время повысился интерес молодежи к изучению литературы, что делает данное исследование актуальным для заинтересованных в полном анализе литературных произведений с приемами математики лиц.

Основными задачами проекта являются:

- анализ литературных произведений;

- доказательство присутствия симметрии в выбранных произведениях;
- выявление общих литературных и математических точек в исследуемых текстах.

Для решения поставленных задач были изучены литературные и Интернет-источники по вопросу симметрии (использованы ресурсы Википедии и иных сайтов, собрана вся теоретическая информация по проекту). Так как для понимания проекта необходимы определенные знания о произведениях, то для анализа были выбраны произведения русской классической литературы («Мцыри» и «Герой нашего времени» М.Ю.Лермонтова, «Капитанская дочка» А.С. Пушкина, стихотворение «Ночь, улица, фонарь, аптека» А.Блока, «Отцы и дети» И.С.Тургенева).

В ходе выполнения проекта были проанализированы сюжеты и отдельные герои произведений (для этого использовалась двойниковая система), был раскрыт смысл приемов симметрии и разъяснено упрощение анализа при применении математических знаний.

Целью самого исследования был поиск математических черт в литературе, а также упрощение анализа произведений, в результате было доказано и найдено присутствие математических приемов в данном списке произведений.

Соколова А.А.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРИОДИЧНОСТИ СУММЫ КВАДРАТОВ ЦЕЛЫХ ЧИСЕЛ ПО МОДУЛЮ m

Кандалакша, «Средняя общеобразовательная школа № 10»

Если плоскость разбить на клетки, то удобно рассмотреть множество точек (клеток) с целочисленными координатами. Каждая клетка может быть окрашена в некоторый цвет по заданному правилу. Функцией будет являться зависимость цвета точки от ее координат. Конечные одноцветные области определяют некий узор. Математические узоры на плоскости позволяют продемонстрировать не только красоту науки, но и выявить интересные свойства числовых множеств. В данной работе исследуется периодичность таких узоров. Цвет точки определяется остатком от деления суммы квадратов координат на модуль m . Таким образом, одинаковые остатки от деления определяют на плоскости точки одного цвета, разные остатки определяют точки разных цветов. Использованы возможности языка программирования Pascal для создания графических моделей исследуемых закономерностей разработанным программным модулем Math_Patterns. Графическая интерпретация остатков позволила выявить некоторые свойства, которые в дальнейшем были доказаны.

Данная работа является попыткой продолжить исследования в области модульной арифметики над степенными последовательностями.

Цель: исследовать закономерности и периоды суммы квадратов целых чисел по модулю m и рассмотреть графическую интерпретацию этих свойств.

Задачи: изучить учебную, справочную литературу по заявленной теме; разработать программный модуль Math_Patterns для организации исследования; исследовать суммы квадратов целых чисел по модулю m с помощью графической интерпретации; выявить закономерности для исследуемых числовых множеств: определить период в каждом рассмотренном случае: доказать, что для каждого случая период равен m ; найти закономерности для определения наименьшего периода; проанализировать закономерности периодичности суммы квадратов; доказать обнаруженные свойства, выполнив обобщения найденных закономерностей; изучить возможность применения свойств при решении задач.

Гипотеза: суммы квадратов целых чисел по модулю m всегда имеют, но не всегда минимальный, период m ; существуют и иные закономерности внутри последовательностей.

Методы исследования – изучение литературы, обобщение и систематизация найденных сведений, разработка программного модуля Math_Patterns для проведения исследования, сопоставление графической интерпретации делимости со свойствами рассматриваемых

числовых множеств; выявление аналогий, исследование периодичности суммы квадратов целых чисел по модулю m , проведение сравнительного анализа.

Представленная исследовательская работа имеет три части: в первой части проводится исследование результатов работы программного модуля, анализируются периоды и определяются закономерности в периодичности математических узоров (суммы квадратов целых чисел по модулю m), во второй части – доказываются найденные свойства.

Полученные результаты данной исследовательской работы подтверждают гипотезу:

- 1) период суммы квадратов целых чисел по модулю m равен m ;
- 2) период суммы квадратов целых чисел по модулю m равен $m/2$, если m кратно 4;
- 3) минимальный период суммы квадратов целых чисел по модулю m равен m , если m не кратно 4, и $m/2$, если m кратно 4;
- 4) последовательность внутри минимального периода за исключением первого остатка (от 1 до $m-1$, кроме 0) будет делиться на две части с противоположным порядком следования чисел – таким образом, математический узор симметричен относительно прямых $x=[(m-1)/2]$, $y=[(m-1)/2]$ и центра узора $([(m-1)/2];[(m-1)/2])$.

Авторские доказательства обнаруженных свойств разобраны в работе полностью.

Актуальность рассматриваемой темы вытекает из того факта, что многие задачи на делимость целых чисел могут быть решены с помощью выявленных закономерностей. Возможно применение программного модуля для создания математических узоров с целью популяризации науки и создания математических мозаик для дальнейшего исследования.

Суховицкий А.А., Тримасова Л.О., Швалева О.В.

АНАЛИЗАТОР ТРАФИКА

Санкт-Петербург, Санкт-Петербургский государственный университет ИТМО

Актуальность: с развитием сетевых технологий все больше актуализируется задача анализа сетевого трафика. С появлением нового протокола прикладного уровня HTTPS практически бесполезным стал традиционный анализ по сигнатурам.

Цель: создание утилиты командной строки, способной определять вид трафика (аудио, видео, браузеринг, загрузка файла), проходящего через сетевую карту устройства путем анализа содержимого сетевых пакетов, а также методом статистического анализа.

Описание работы модуля статистического анализа

Для того чтобы проследить возможные закономерности, мы собирали статистику по каждому виду трафика, и с помощью программы `gnu-plot` строили графики зависимости объема полученного трафика от времени. Причем на каждый дамп строилось 2 графика: по исходящему от нас трафику (uplink) и входящему (downlink). Визуальный анализ графиков показал, что их форма у определенного вида трафика часто повторяется.

Мы использовали принцип машинного обучения «обучение по прецедентам» для дальнейшей возможности классификации трафика. В нашем случае множеством примеров (samples) выступает усредненная форма графика, а множеством меток (responses) – виды трафика. Возникает сложность сравнения форм графиков, поэтому нам удобно представить каждую пару графиков как вектор из четырех величин. Разделим всю временную ось на равные отрезки. В зависимости от наличия или отсутствия трафика в данный момент выделим 4 состояния:

- 1) Трафик присутствует и downlink, и в uplink – состояние interactive
- 2) Трафик присутствует только в downlink – состояние downloading
- 3) Трафик присутствует только в uplink – состояние uploading
- 4) Трафик отсутствует – состояние none

Измеряя средний процент состояний для каждого вида трафика, формируем множество примеров, удобных для сравнения в отличие от изображений графиков.

Полученный нами алгоритм, собирая статистику количества трафика от времени, для каждой сессии формирует новый экземпляр множества примеров (вектор величин (%U, %D, %I, %N)), ищет в обучающем множестве примеров ближайший и в соответствии с ним определяет вид трафика.

Описание работы модуля сигнатурного анализа

Сигнатурный анализ основывается на поиске ключевых последовательностей «сигнатур» в содержимом пользовательской части пакета (заголовке протокола прикладного уровня). Решение здесь принимается на основе анализа содержимого пакетов сессии. Особенно мы уделили внимание анализу заголовка протокола HTTP, так как по этому протоколу в наше время возможна передача практически любой информации: video, audio, text. Равную группу составили другие протоколы прикладного уровня (DNS, POP3, FTP).

Результаты

На языке C++, с помощью библиотеки libpcap была реализована утилита командной строки, способная определять вид трафика, приходящего на сетевую карту устройства.

Таблица.

Результаты тестирования в процентах отлова трафика

Тестируемый вид трафика	Общее количество сессий	Результативность сигнатурного анализа, %	Результативность статистического анализа, %
BROWSING	220	100	90.77
VIDEO	123	94	100
AUDIO	195	86	-
DOWNLOADING	195	-	51.43

Ссылка на исходный код: <https://github.com/cscenter/TrafficAnalysis>

Трещеткин М.О.

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННО-СПРАВОЧНОЙ СИСТЕМЫ ПО ДОБЫЧЕ И ПЕРЕРАБОТКЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Апатиты, Кольский филиал Петрозаводского государственного университета

Сегодня с уверенностью можно сказать, что 21 век – век информационных технологий. Интернет стал неотъемлемой частью жизни каждого человека, а компьютер – необходимым инструментом, как для работы, так и для доступа к информации. Сегодня информационные технологии применяются во всех сферах деятельности человека: в экономике, промышленности, социальных сферах, культуре, государственном управлении, не обошли стороной и научную деятельность.

Масштабы и глубина проводимых Россией комплекса арктических исследований, бесспорно, являются ее важнейшим конкурентным преимуществом в изменяющемся мире. Россия не только имеет практически доказанный столетиями цивилизационный приоритет в освоении Арктики, но и приумножает его. XXI столетие уже называют веком Арктической России. Однако многие актуальные вопросы арктической проблематики еще не получили достаточно глубокого анализа в научной литературе, требуют более четкого концептуального обоснования, определения затрат и выгод нового индустриального и постиндустриального, креативного освоения Арктики в XXI столетии.

Горнодобывающая промышленность Арктической Зоны Российской Федерации специализируется на добыче различных полезных ископаемых, поэтому данная отрасль находится в постоянном развитии, поскольку регулярно открываются новые месторождения,

которые требуют применения специализированного оборудования и инновационных технологий.

Для хранения и многократного использования больших объемов данных используется специальные приложения, обеспечивающие удаленный доступ к базам данных. Как правило они являются многопользовательскими информационно-справочными системами (ИСС). Основная функция ИСС заключается в обеспечении людей актуальной информацией. Основными задачами ИСС являются структурированное хранение данных и их предоставление пользователям по соответствующим запросам. Процесс выдачи запрашиваемых сведений основан на ассоциативном поиске в базах, с последующей переработкой их в удобный для пользователя формат.

Целью работы является создание информационно-справочной системы (ИСС) по добыче и переработки полезных ископаемых Арктической Зоны Российской Федерации (АЗ РФ). Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- ознакомиться с структурой, горнодобывающей и перерабатывающей отраслей АЗ РФ;

- разработать информационную модель предметной области;
- создание базу данных о предметной области (БД);
- разработать комплекс интерфейсных форм, обеспечивающих целевое манипулирование БД;

- осуществить практическую реализацию системы.

Основной задачей ИСС является выдача пользователю запрошенной информации, но для этого эту информацию необходимо внести в ИСС, а также заполнить все вспомогательные таблицы. Так как система постоянно будет расти, то пользователи системы, которые являются специалистами в сфере горнодобывающей отрасли, будут вносить необходимую информацию.

Планируется исследовать предметную область, определить основные разделы, представление которых необходимо в создаваемой информационно-справочной системе. Разработать и реализовать функциональные и информационные составляющие системы. Реализовать систему современными программными средствами в виде web-приложения обеспечивающего гибкие возможности ведения информационной специализированной базы данных и целевого доступа к данным.

С учетом особенностей предметной области, выделены восемь категорий пользователей и для каждой определены особые функции и возможности. В рамках системы должны быть реализованы механизмы разграничения полномочий, различных категорий пользователей. Это обеспечит возможность закрепления ответственности за конкретную поступающую в базу информацию за определёнными пользователями. Кроме этого предполагается осуществить дополнение системы возможностями картографического представления расположения месторождения и предприятий.

Шаварский М.В.

СИСТЕМА ЭЛЕКТРОННОГО ДОКУМЕНТООБОРОТА «УНИВЕРСИТЕТ»

Апатиты, Кольский филиал Петрозаводского государственного университета

На сегодняшний день в университете КФ ПетрГУ существует несколько разработанных программных средств, связанных с обработкой данных о студентах, причем каждая использует собственную базу данных. Приемная комиссия, экономический отдел, студенческий отдел кадров используют Desktop-приложения, для медицинского работника разработано Web-приложение. Все эти программные средства разрабатывались независимо друг от друга, в разное время и разными сотрудниками.

Потребность юридического отдела в программном средстве для автоматизации своих процессов привела к идее создания единой системы электронного документооборота (СЭД).

Использование готового продукта не представлялось возможным из-за специфичности и разнообразия решаемых задач, а также из-за высокой стоимости таких продуктов. Изучив инфраструктуру университета и деятельность отделов, были сформированы требования к СЭД. Так система должна быть Web-приложением, с аутентификацией пользователей, с гибкой системой прав, иметь паттерн MVC, а также должна быть масштабируемой для наращивания возможностей. В качестве основы разрабатываемой системы был выбран PHP-фреймворк Laravel, так как он является легко масштабируемым, легко дополняемым и хорошо документированным и полностью бесплатным (MIT). Для создания интерфейса системы была выбрана библиотека Admin-LTE. Для создания списков в виде таблиц используется библиотека datatables.net.

На первом этапе разработки были спроектированы три основные модели: Реестр, Раздел и Роль, которые связаны между собой. Роль имеет уникальный идентификатор и название, которое доступно для изменения, например – Сотрудник юридического отдела. Пользователю системы назначается роль, согласно которой он будет иметь доступ к реестрам. Реестр в свою очередь имеет уникальный идентификатор, название и привязку к разделу. Примером реестра является список договоров в юридическом отделе. Права на доступ к тому или иному реестру описаны в модели Разрешения: указывается связка «роль-реестр-уровень доступа». Уровень доступа – это комбинации из основных действий: добавление, редактирование, удаление, просмотр. Данная система прав позволяет гибко назначать разрешения пользователям – так пользователь с ролью «сотрудник юридического отдела» может только добавлять, редактировать и просматривать реестр договоров, а пользователь с ролью «начальник юридического отдела» может выполнять все действия в реестре. Дополнительно пользователю с ролью «сотрудник экономического отдела» можно дать право на просмотр реестра договоров для получения требуемой информации. С помощью компонентов routes (маршрутизации) и middleware (обработчик запросов) обрабатываются переходы пользователей по реестрам и отслеживается, чтобы пользователь имел доступ только в доступные разделы, и не мог случайным образом попасть в раздел (например, по прямой ссылке) недоступный ему. Администратор имеет право создавать новые разделы, новые роли и новые реестры.

На втором этапе разработки был спроектирован раздел «Юридический отдел». Техническое задание требовало получить инструмент, с помощью которого можно было бы отслеживать количество договоров, получать напоминания об окончании действия договора по электронной почте. Были созданы два реестра: контрагенты и договора, которые связаны связью один ко многим. Запись о контрагенте содержит основную юридическую информацию (название, ИНН, КПП, юридический адрес). В договоре указывается название, номер, дата, предмет договора, контрагент и т.д. Также есть возможность прикрепления электронного варианта договора и указания времени напоминания об окончании действия договора.

СОДЕРЖАНИЕ

Амбарян Ц.О., Горохов А.В., Стрелкова Э.С. Технология поддержки управления государственными закупками на основе концептуального моделирования.....	3
Бойченко В.С., Заболева-Зотова А.В., Петровский А.Б. Модель информационно-аналитического обеспечения системы экспертизы проектов в научном фонде	5
Богатиков В.Н., ТузА.А. Подходы к моделированию технологического процесса измельчения.....	8
Бритков В. Б., Ройзензон Г.В. Большие данные в наукометрии: проблемы и перспективы	11
Вицентий А.В. Разработка системы когнитивной геовизуализации для управления макросистемами.....	14
Дубовский С.В. Внешние воздействия на российскую экономику	16
Дюфур М.С., Игнатьев М.Б., Катермина Т.С., Коновалов М.А., Ненашев В.А., Соколов Б.В., Шепета А.П., Юсупов Р.М. Моделирование движения литосферных плит для прогнозирования литосферной погоды	18
Зуенко А.А. Качественное моделирование технических систем с использованием матриц ограничений.....	20
Игнатьев М.Б., Соколов В.Б., Юсупов Р.М. Моделирование глобального социо-культурного цикла как основы инновационного развития.....	22
Игнатьев М.Б., Бурштын Л.Н. Легкий В.М. Формирование и управление городом с полицентрической структурой на примере Санкт-Петербурга.....	25
Каменская М.А., Тихомиров И.А. Сети трансфера технологий как инструмент коммерциализации исследований и разработок	26
Кириллов И.Е. Разработка нечеткой адаптивной модели сау электропривода с учетом изменения передаточной функции исполнительного механизма	29
Константинов И.С., Иващук О.А., Котельников А.П. Научные основы построения автоматизированных систем управления экологической безопасностью регионов	31
Кулик Б.А., Фридман А.Я. Унификация методов обработки данных и знаний различной природы	34
Левитин Е.С. Поиск допустимых элементов для ряда детерминированных проблем математики и системного анализа: редукция к базовым задачам глобальной оптимизации	36
Левитин Е.С. Поиск в бескоалиционной игре К лиц ситуаций, одновременно оптимальных (точно или приближённо) и по Парето, и по Нэшу на основе редукции к базовой задаче глобальной оптимизации.....	40
Маликов С.Н. Проблемы сервис-ориентированного подхода к управлению информационными технологиями организации.....	43
Марлей В.Е., Хмелевская В.Б. Система принятия решений на основе использования двумерных таблиц	45

Маслобоев А. В., Путилов В. А. Методология информационной поддержки сетевцентрического управления региональной безопасностью.....	48
Маширин А.В. Эмпирическое определение приведенных единиц транспортного потока	51
Олейник А.Г. Разработка информационной базы междисциплинарных исследований Арктической зоны Российской Федерации	52
Орлова Е. Р. Оценка инвестиционного климата России и ее регионов.....	55
Павлов А.А., Датьев И.О., Шишаев М.Г. Тестирование протоколов маршрутизации многошаговых беспроводных сетей	56
Парфенова М.Я. Методологические проблемы построения стратегического профиля инновационного развития информационных технологий организации.....	57
Попков А.Ю., Зубарев Д.В. Вычисление энтропийно-робастных оценок на вычислительных системах гетерогенной архитектуры.....	59
Попков Ю.С. Рандомизированные процедуры машинного обучения	62
Ростопшин Ю.А. Методологические основы междисциплинарных системных исследований	64
Рубинович Е.Я. О программности траекторного управления наблюдениями	66
Рыженко А.А. Моделирование системы формализации управляемых процессов фасетного представления данных определенного информационного пространства.....	67
Рыженко А.А., Береснев Д.С. Моделирование программной среды комплексного управления автономными устройствами при решении профильных целевых задач	70
Смирнов А. В., Пономарев А.В. Поддержка принятия решений на основе крауд-вычислений: подход и архитектура платформы	73
Соколов А.В. Технологии моделирования биологических систем: анализ погрешностей.....	76
Тищенко В. И. Логико-эпистемологические предпосылки становления сетевой парадигмы	78
Фридман А.Я. Когнитивная категоризация ситуаций в задаче управления структурой иерархических систем	81
Халиуллина Д.Н., Малыгина С.Н., Быстров В.В. Разработка имитационной модели для оценки комплексной безопасности региона	84
Черныш К.В., Кононов А.А. Индикативная оценка рисков на критериальных моделях критически важных объектов и критических инфраструктур	86
Шатунов А. А. Сравнительный анализ алгоритмов распределения транспортных потоков	89
Яковлев С.Ю., Шемякин А.С., Олейник Ю.А. Автоматизация разработки планирующей документации по снижению промышленно-экологических рисков	92

МОЛОДЕЖНАЯ ШКОЛА-СЕМИНАР «ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ»	95
Астрамович К.А.	
Визуализация многомерных данных с помощью лиц Чернова.....	95
Бабанина И.О.	
Проектирование приложения поиска и обработки статистических данных для научно-исследовательской деятельности.....	95
Бородкина М.С.	
Задачи на смещение	96
Винник А. Ю.	
Разработка игрового сервера многопользовательской онлайн-игры.....	97
Киселева А. А.	
Сервис поддержки гражданского контроля в управления городским хозяйством	98
Князев Л.А.	
Проблемы информационного обеспечения Арктической зоны Российской Федерации	98
Коваль А. Е.	
Вечный календарь	99
Криницына А. В.	
Разработка и исследование имитационной модели центрального склада ТСЦ АО «Апатит».....	100
Ладик А.С.	
Разработка автоматизированной информационной системы управления логистикой бытовых отходов в городских системах в виде web-сервиса.....	101
Менькова А.А., Диковицкий В.В.	
Технология дополненной реальности на основе комплекса удаленного присутствия.....	101
Морозкин Н.Н., Хисматуллина Г.Ф.	
Анализ точности численного решения задачи фильтрации стационарной несжимаемой жидкости на неравномерной сетке с учетом различных способов подсчета погрешности	102
Попова М. А.	
Симметрия и асимметрия в литературе.....	103
Соколова А.А.	
Исследование периодичности суммы квадратов целых чисел по модулю М	104
Суховицкий А.А., Тримасова Л.О., Швалева О.В.	
Анализатор трафика	105
Трещеткин М.О.	
Разработка информационно-справочной системы по добыче и переработке полезных ископаемых в Арктической зоне Российской Федерации	106
Шаварский М.В.	
Система электронного документооборота «Университет»	107

Материалы докладов

XI Всероссийская конференция "Методологические проблемы управления макросистемами" (Апатиты, 26 марта-3 апреля 2016 года).

Технический редактор Малыгина С.Н.

Лицензия ЛРИД №02969 от 16 ноября 2000 г.

Подписано к печати 22.03.2016 г.

Формат бумаги 60x84 1/16

Бумага офсетная.

Усл. - печ. л. 9.8

Заказ № 2. Тираж 70 экз.

Отпечатано подразделением оперативной полиграфии

Кольского филиала Петр ГУ

184200, Апатиты, Мурманская область, Космонавтов, 3