

Российская Академия Наук

**Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт информатики и математического моделирования
технологических процессов Кольского научного центра**

VII-я Всероссийская научная конференция

**ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА
СИСТЕМНОЙ ДИНАМИКИ**

Апатиты, 27 марта-2 апреля 2017 г.

Материалы докладов

Конференция организована при поддержке РФФИ

Апатиты
2017

VII-я Всероссийская научная конференция "Теория и практика системной динамики" (Апатиты, 27 марта - 2 апреля 2017 г.). Материалы докладов. – Апатиты, КНЦ РАН, 2017. – 80 с.

Системно-динамическое моделирование является мощным инструментом, широко применяемым для оценки, анализа и прогнозирования сложных процессов различной природы. Данный метод моделирования используется при создании специализированных информационно-аналитических систем поддержки принятия решений. На базе ИИММ КНЦ РАН успешно развивается научная школа системной динамики при сотрудничестве с ведущими Российскими и зарубежным специалистами в данной области.

В рамках конференции вопросы развития и использования системной динамики традиционно расширяются вопросами, посвященными моделированию динамики сложных систем. В таком формате конференции «Теория и практика системной динамики» проводится в г. Апатиты уже в седьмой раз. Заявленная глобальная тематика конференции разделена на четыре взаимосвязанных направления: теоретические вопросы системной динамики, имитационное моделирование в исследовании социально-экономических систем, применение методов имитационного моделирования в исследовании природных и промышленных систем, информационные системы поддержки управления региональным развитием.

В конференции участвуют как ведущие ученые России, так и молодые исследователи - аспиранты и студенты, для которых это мероприятие приобретает статус школы молодого ученого.

В 2017 году конференция "Теория и практика системной динамики" проходит в рамках XIV Всероссийской (с международным участием) Ферсмановской научной сессии, посвященной 100-летию со дня рождения академика АН СССР А.В. Сидоренко и д.г.-м.н. И.В. Белькова, организованной на базе институтов Кольского НЦ РАН.

Конференция поддержана РФФИ: грант № 17-07-20032\17 Г

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

Артемьева И.Л.¹, Фридман А.Я.²

МЕТАОНТОЛОГИЯ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ЗАДАЧИ СИТУАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ИЕРАРХИЧЕСКИХ СИСТЕМ

¹Владивосток, Дальневосточный федеральный университет

²Апатиты, Институт информатики и математического моделирования технологических процессов Кольского НЦ РАН

Аннотация. Рассмотрена задача автоматизации развития ситуационных систем моделирования динамических иерархических промышленно-природных комплексов (ППК) с помощью онтологии, обеспечивающей поиск частных моделей составных частей ППК в специализированном секторе Интернета, их корректное подключение к общей модели ППК с анализом полноты и консистентности.

Введение

Интеллектуальная система – эта система, в которую при разработке заложены механизмы ее адаптации к изменениям предметной области. Такие изменения предполагают появление новых знаний, расширение системы понятий (онтологии) предметной области, изменение множества классов прикладных задач, для решения которых создана программная система. Интеллектуальная система содержит информационные (метаонтологии, онтологии, знания и данные) и программные (системы для решения разных классов задач, в том числе задач поддержки информационных компонентов) компоненты. Для того чтобы интеллектуальная система была полезна специалистам предметной области в течение длительного времени, она должна быть развиваемой и допускать изменение не только знаний, но и онтологии предметной области и, как следствие, множества классов прикладных задач, для решения которых она используется [1].

Разработке программной системы для автоматизации процесса решения задач в сложной предметной области (ПО) всегда предшествует построение модели профессиональной деятельности этой области, которая содержит модель предметной области и модели прикладных задач, а также методы решения этих задач. Модель может быть неформальной или формальной. Формальное описание позволяет представить все свойства предметной области и задач и применять формальные процедуры для проверки адекватности модели объекту моделирования. Свойства предметных областей определяют основные свойства программных систем для них.

В задаче ситуационного моделирования ППК [2] разработано детализированное концептуальное описание структуры ППК и его составных частей, однако существует проблема распределенного поиска адекватных моделей этих составных частей (подмоделей ППК) и корректной интеграции

найденных подмоделей в процесс исследования ППК. Для решения этой проблемы в настоящей работе предлагается использовать систему онтологий [3], которая должна обеспечивать выполнение нескольких, в общем случае противоречивых, требований:

- полноты и непротиворечивости описания исследуемого ППК;
- поддержания разумной сложности модели ППК;
- автоматического поиска и подключения подмоделей ППК, разработанных различными исследователями в разное время.

Моделирование ситуаций с помощью онтологий

Действительность ПО можно представить в виде потенциально бесконечного множества не связанных между собой ситуаций (называемых в [4] "state of affairs"). Каждая ситуация соответствует некоторому фрагменту действительности, ограниченному как в пространстве, так и во времени.

Множества объектов и отношений между ними в любой ситуации являются конечными множествами.

Поскольку действительность ПО потенциально бесконечна и известны лишь ситуации, которые имели место в прошлом или имеют место в настоящем, то при решении задач используются представления о действительности, задаваемые концептуализацией действительности [3]. Концептуализация определяет множество ситуаций, внешнее по отношению к действительности предметной области.

Понятие концептуализации определено в работе [5]: это объекты, понятия и другие сущности, которые предполагаются существующими в некоторой предметной области, а также отношения, которые определены между ними. Концептуализация рассматривается как множество неформальных правил, которые ограничивают структуру действительности [4-6]. Из определения концептуализации следует, что все наблюдавшиеся ситуации принадлежат множеству ситуаций, определяемых концептуализацией.

Для явного представления концептуализации используется онтология. Определение онтологии было дано Грубером [7]: онтология есть явная спецификация концептуализации.

Онтология определяет внешнее по отношению к концептуализации множество ситуаций. Будем называть это множество концептуализацией действительности, определяемой онтологией.

Таким образом, важным свойством предметной области является онтология действительности, которая определяет понятия, используемые при описании действительности, термины для их обозначения, объемы понятий, обозначенных терминами, и онтологические соглашения, задающие ограничения целостности ситуаций действительности. Онтология действительности

определяет структуру представления информации о ситуациях действительности [8-9]. Онтология действительности используется в программах при задании входных данных и результатов решения задач и при разработке пользовательского интерфейса.

Таким образом, онтология действительности имеет следующие основные свойства:

- Это та часть знаний предметной области, которая предполагается неизменной. Относительно остальной части знаний предметной области предполагается, что она может изменяться, но должна оставаться согласованной с онтологией предметной области.

- Онтология предметной области есть та часть знаний предметной области, которая ограничивает значения терминов предметной области. Значения терминов предметной области не зависят от остальной (изменяемой) части знаний предметной области.

- Онтология предметной области является множеством соглашений о предметной области, другая часть знаний предметной области является множеством эмпирических и других законов этой области. Онтология определяет степень согласования значений терминов специалистами предметной области.

Применение онтологий в задаче ситуационного моделирования ППК

В ситуационной системе моделирования (ССМ) [2] информация о концептуальном описании элементов модели (объектов, процессов и ресурсов) аккумулируется и хранится в их фреймах. Для целей имитации динамики ППК наиболее важны процессы, поэтому рассмотрим роль онтологий в ССМ на их примере. Фрейм процесса имеет вид:

$$\text{Frame}(p_j \in P_m^f) ::= \langle \langle m_имя \rangle, f_p, \langle имя_исп \rangle, [\langle crit \rangle], \langle list_in \rangle, \langle list_out \rangle, \langle cat_p \rangle, \quad (1)$$

где $\langle m_имя \rangle$ - конкатенация имени процесса и его порядкового номера, применяемая для того, чтобы допустить наличие в модели процессов-синонимов;

f_p - функциональный тип процесса;

$\langle имя_исп \rangle$ - имя исполнителя процесса, определяющее способ его реализации в ходе моделирования;

$\langle crit \rangle$ - имя функции или программного модуля, вычисляющего критерий качества выполнения процесса, то есть ссылка на процесс, который не имеет собственного критерия качества и по определению имеет категорию INTER;

$\langle list_in \rangle$ и $\langle list_out \rangle$ - списки входных и выходных ресурсов процесса соответственно.

$\langle \text{cat}_p \rangle ::= \text{INTER} \mid \text{INTRA} \mid \text{INNER}$ - категория процесса, вносимая в его фрейм в ходе анализа КМПО.

Входные ресурсы процесса могут поступать из внешних файлов и/или программных модулей, сам процесс и функция его качества также могут вычисляться некоторым программным модулем либо непосредственно по формуле, введенной пользователем.

Задача онтологии заключается в организации семантического поиска адекватных исполнителей для процессов, которые еще не имеют исполнителей, подключении найденных исполнителей с последующей проверкой корректности (полноты обеспечения входными ресурсами, соответствия реальных параметров исполнителя указанным в (1) значениям категории и функционального типа процесса, а также непротиворечивости условий имитации) всей модели. Программная система, поддерживающая указанные виды работ, может иметь в качестве компонента подсистему хранения исполнителей (программных модулей – информационных компонентов системы), подсистему семантического поиска, подсистему ввода исходных данных. Система для решения задач – это набор исполнителей для процессов.

В работе представлена основная идея системы ситуационного моделирования, в которой онтология организует саморазвитие системы путем семантического поиска адекватных исполнителей в специализированном секторе Интернета – Modelling WEB. Для ее реализации требуется тщательная проработка методов такого поиска. К настоящему времени из литературы не известны методы автоматического выбора программ для решения задачи по спецификации задачи.

Работа частично поддержана грантами РФФИ (проекты №№ 15-07-04760-а, 15-07-02757-а, 16-29-04424-офи_м, 16-29-12901-офи_м).

Литература

1. Артемьева, И.Л. Интеллектуальные системы для сложно-структурированных предметных областей. / И.Л. Артемьева // Научно-технические ведомости СПбГТУ. – 2008. - № 2. - С.108-114.
2. Фридман, А.Я. Ситуационное управление структурой промышленно-природных систем. Методы и модели. / А.Я. Фридман – Saarbrucken, Germany: LAP, 2015. -530 с.
3. Артемьева, И.Л. Онтологии предметных областей и их использование при создании программных систем / И.Л. Артемьева //Тр. симп. "Онтологическое моделирование". Звенигород, 19-20 мая 2008. - М.: ИПИ РАН, 2008. - С. 83-113.

4. Guarino, N. Understanding, Building, and Using Ontologies. // JHCS. - 1996. - 46 (2-3).
5. Genesereth, M.R. and Nilsson, N.J. Logical Foundation of Artificial Intelligence. Morgan Kaufmann, Los Altos, California, 1987. - 419 p.
6. Uschold, M. Knowledge Level Modeling: Concepts and Terminology. //The Knowledge Engineering Review. - 1998. - Vol. 13:1- P.5-29.
7. Gruber, T.R. A translation Approach to Portable Ontology Specifications. In Knowledge Acquisition Journal. - 1993. - Vol. 5. - PP. 199-220.
8. Клещев, А.С., Артемьева, И.Л. Математические модели онтологий предметных областей. Часть 2. Компоненты модели. / А.С.Клещев, И.Л.Артемьева // НТИ, сер. 2.- 2001.- № 3.- С.19-29.
9. Клещев, А.С., Артемьева, И.Л. Математические модели онтологий предметных областей. Часть 3. Сравнение разных классов моделей онтологий / А.С.Клещев, И.Л.Артемьева // НТИ, сер. 2. - 2001.- № 4.- С. 10-15.

Белош В.В., Панин О.А.

ДИСТАНЦИОННАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ УРОВНЯ ТОПЛИВА В РЕЗЕРВУАРАХ АЗС

Чистополь, Чистопольский филиал «Восток» КНИТУ-КАИ

Аннотация. В работе рассмотрена система контроля уровня топлива в резервуарах АЗС. Проведен анализ датчиков уровня и разработана схема соединений, позволяющая сигнализировать оператору о достижении критических значений уровня топлива.

Одной из основных задач любого производства является обеспечение минимальной себестоимости производимой продукции, безопасной эксплуатации производственных мощностей, а также увеличение срока службы основного и вспомогательного оборудования. Это стало возможно с развитием средств вычислительной техники.

В связи с развитием средств вычислительной техники стало возможно контролировать различные параметры систем, проводить измерения с большой точностью, не находясь в непосредственной близости от объекта управления.

Применение современных средств и систем автоматизации позволяет решать следующие задачи:

- автоматически учитывать непрерывные изменения технологических параметров, свойств исходных материалов, изменений в окружающей среде, ошибки операторов;

- автоматически управлять процессами в условиях, вредных или опасных для человека.

В настоящее время в условиях жесткой конкуренции нефтяным компаниям приходится бороться за каждый рубль прибыли, поэтому вопрос об уменьшении издержек производства становится первостепенным. Рациональное размещение производственных объектов, а также жесткий учет всех параметров системы играет здесь ключевую роль.

Пользовательский интерфейс должен максимально способствовать уменьшению вероятности появления ошибок при вводе данных или при оценке отображаемой информации.

Раньше злоупотребления носили преимущественно технический характер и были связаны с недостатками оборудования (неточность учета топлива в резервуарах и топливо распределительная колонка (ТРК) позволяла получать несколько десятков литров «лишнего» топлива, сбой оборудования или неконтролируемые отключения также давали возможность списать потери топлива на технику, то в последнее время точность и надежность оборудования повышаются (особенно на новых АЗС). Современные системы автоматизации, позволяют с высокой точностью отследить время и причины останова/сбоя техники, зафиксировать возможные потери; кроме того, эти системы ведут историю всех технологических и финансовых операций, позволяют восстановить последовательность действий оператора вплоть до выписки чека (т.е. до отдельного отпуска товаров). Информация о текущей работе АЗС может отправляться в офис без ведома оператора станции. Все это резко сужает возможности «технических» злоупотреблений. Поэтому растет доля злоупотреблений, связанных с недостатками в постановке бизнес-процессов. Другими словами, в настоящее время все большее количество злоупотреблений перемещается из разряда технических в разряд организационных, и тут как раз важны системы учета, которые сводят воедино процессы всей сети АЗС (технологические, торговые, финансовые операции как на отдельных заправках, так и в сети АЗС и на связанных с ними нефтебазах).

На АЗС будет установлено четыре резервуара под топливо (А-76, Аи-95, Аи-92 и ДТ) объемом по 25 м³, нужно произвести установку датчиков уровнемера, и установку датчиков температуры и связать это в единую автоматизированную систему, которая будет контролировать уровень топлива в резервуарах, температуру, массу топлива и передавать данные на ПК оператора АЗС.

Производственный процесс приема, хранения и отпуска нефтепродуктов на АЗС должен осуществляется по непрерывной схеме в герметичном оборудовании, исключая контакт работающих с нефтепродуктами.

Все резервуары с нефтепродуктами должны быть расположены на площадке АЗС под землей, на глубине 1,2 метра. Электрооборудование установлено во взрывозащищенном исполнении. Контроль и управление технологическим процессом будет осуществляется частично в ручном режиме, частично автоматически со щита управления операторной. В целях предохранения от действия статических электрорядов и блуждающих токов резервуары оборудуются специальным заземлением.

При наиболее опасных нарушениях технологического режима предусмотрена сигнализация. Автозаправочная станция оснащена громко говорящей связью.

Существуют два вида поплавковых датчиков уровня: герконовый и магнитострикционный. Когда не требуется высокая точность измерения, то удобно применять герконовый датчик уровня с растром точностью 10 мм и более. Когда точность измерения играет большую роль, то данную задачу хорошо решают магнитострикционные датчики уровня, так как точность измерения у них выше 1 мм. Начальная стоимость магнитострикционных датчиков уровня выше герконовых, но магнитострикционные датчики уровня при увеличении длины трубы скольжения в цене возрастают незначительно, тогда как цена герконовых датчиков уровня реагирует на увеличение диапазона измерения сильно.

Был произведен анализ уровнемеров, выпускаемых предприятием ООО «НПП Сенсор». Для данных условий эксплуатации выбран прибор магнитострикционный преобразователь уровня ПМП-201 и соответствующая ему трубнозапорная арматура и соответствующая ему трубнозапорная арматура.

Принцип действия преобразователя уровня, основанном на эффекте магнитострикции.

Поплавок с постоянным магнитом перемещается вместе с уровнем жидкости по трубе скольжения, в которой находится волновод - натянутая проволока из магнитострикционного материала. Периодически генерируемый электроникой датчика токовый импульс передается по волноводу в направлении поплавка в котором размещен постоянный магнит. В волноводе, в точке пересечения магнитного поля, вызванного токовым импульсом, с магнитным полем поплавка возникает механическая (акустическая) волна, которая движется обратно с константной, ультразвуковой скоростью в направлении измерительной головки датчика. Измеренное время между стартом токового импульса и приходом/возвращением импульса в виде ультразвуковой волны и является точным определением уровня (т.е. расстояния до поплавка).

К важным достоинствам этих датчиков относится то, что абсолютное значение уровня жидкости находится в распоряжении оператора сразу же

после подачи напряжения питания, и/или после сбоя в питании. Значение уровня жидкости регистрируется по всей длине зонда, а необходимость в интенсивном обслуживании, как это имеет место в других системах регистрации уровня, полностью отпадает. Благодаря отсутствию трущихся частей, датчики совершенно не подвержены механическому износу, чем гарантируется очень надежная и стабильная их работа на протяжении многих лет. К особенностям этих датчиков относятся низкий коэффициент нелинейности и высокая повторяемость показаний измерения.

Литература

1. Разработка и технология изготовления Delta-Робота /Маликова Р.Р., Гаврилов А.Г., Панин О.А., Иванов Н.М. // Теоретические и практические проблемы развития современной науки: сборник материалов VI Международной научно-практической конференции. - 2014. - С. 46-47.
2. Цагарели, Д.В., Бондарь, В.А., Зоря, Е.И. Технологическое оборудование автозаправочных станций (комплексов). Автозаправочные станции. / Д.В. Цагарели, В.А. Бондарь, Е.И. Зоря – М.: ООО «Паритет Граф», 2000. – 407 с.

Белош В.В., Просвиркин И.А., Гульков П.С. АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИАГРАММЫ НАПРАВЛЕННОСТИ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ АНТЕННЫ

Чистополь, Чистопольский филиал «Восток» КНИТИУ-КАИ

Аннотация. В работе рассмотрена автоматизированная система для определения диаграммы направленности измерительной антенны, установленной на беспилотном летательном аппарате. Характеристики этой антенны необходимо измерить вместе с БПЛА, для чего создается автоматизированная система, состоящая из двух разнесенных между собой позиций.

Для определения диаграммы направленности измерительной антенны, установленной на коптере, необходимо измерить характеристики этой антенны вместе с летательным аппаратом.

Для проведения таких измерений создается стенд в безэховой камере, состоящий из двух разнесенных между собой позиций.

На одной позиции устанавливается не вращающееся передающее устройство, а на другой на опорно-поворотном устройстве устанавливается коптер с измерительной антенной.

Опорно-поворотное устройство обеспечивает перемещение коптера вместе с измерительной антенной в двух плоскостях: по азимуту и по углу места.

Для задания режимов работы аппаратуры передающей позиции используется блок дистанционного управления от основной позиции.

Исследуемая антенна подключается к измерительному прибору, расположенному на приемной позиции. Измерительный прибор через интерфейсный модуль подключается к компьютеру.

Перемещение опорно-поворотного устройства по азимуту и по углу места обеспечивается с помощью двухшаговых двигателей, каждый из которых управляется своим блоком управления (драйвером). Драйверы шаговых двигателей подключаются к компьютеру.

Для определения текущего положения опорно-поворотного устройства имеется два датчика положения: один показывает положение поворотного устройства по азимуту, а другой – по углу места.

Датчики положения через соответствующие интерфейсные модули подключены к компьютеру.

При работе стенда оператор задает начальное положение опорно-поворотного устройства по двум координатам: азимут и угол места.

Затем вступает в действие программа проведения измерений: включается передатчик и снимается показание измерительного прибора на приемной позиции. Опорно-поворотное устройство перемещается на заданный угол по азимуту и вновь снимается показание измерительного прибора.

После того, как опорно-поворотное устройство дойдет до крайнего положения по азимуту, выдается команда на изменение угла места и проводится аналогичный цикл измерений на каждом шаге перемещения опорно-поворотного устройства по азимуту.

Полученный массив отсчетов измерительного прибора обрабатывается программным обеспечением в компьютере и строится двумерная картина диаграммы направленности измерительной антенны.

Для управления различными устройствами в измерительном стенде предполагается использовать микроконтроллер Arduino Uno и шаговые двигатели с драйверами.

Структурная схема измерительного стенда приведена на Рис.1.

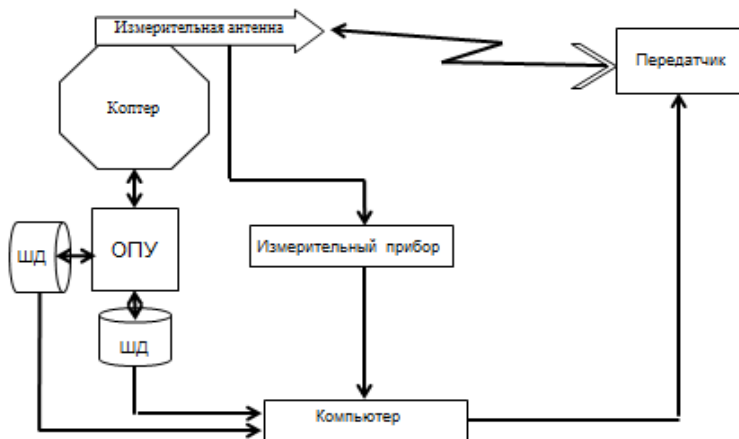


Рис. 1. Структурная схема измерительного стенда

Литература

1. Измерение параметров излучения крупноапертурных антенн с помощью беспилотного летательного аппарата. Measurement of radiation characteristics of large antenna using UAVs / В. Классен, И. Просвиркин, Б. Левитан, С. Точиев // Технологии и средства связи. -2014. - №1 - С. 60-65.
2. Интеллектуальный конвейер проектирования систем безопасности производства нетканых материалов / В.В. Белош, А.В. Козлов, В.В. Осинцов, В.А. Путилов // Технологии техносферной безопасности. - 2014. - № 6 (58). - С. 33.

Белош В.В., Просвиркин И.А., Леушин В.В.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА СТАБИЛИЗАЦИИ БОРТОВОЙ АНТЕННЫ ОБЛЕТНОГО ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА

Чистополь, Чистопольский филиал «Восток» КНИТИУ-КАИ

Аннотация. В работе рассмотрена автоматизированная система для стабилизации положения в пространстве бортовой измерительной антенны, установленной на беспилотном летательном аппарате.

Для стабилизации измерительной антенны и управления ее положением в заданной системе координат используется автоматизированная система стабилизации бортовой антенны.

Основой системы являются гиросtabilизаторы, которые предназначены для стабилизации полезной нагрузки и управления ее положением в заданной системе координат.

Стабилизация осуществляется за счет моторов. Для управления моторами спроектирован и собран специальный контроллер. Он получает информацию с гироскопов и акселерометров, установленных на платформе стабилизатора.

Гироскоп представляет собой устройство, реагирующее на изменение углов ориентации контролируемого тела. В классическом представлении это какой-то инерционный предмет, который быстро вращается на подвесах. Как результат, вращающийся предмет всегда будет сохранять свое направление, а по положению подвесов можно определить угол отклонения. На самом же деле электронные гироскопы построены по другой схеме и устроены немного сложнее.

Акселерометр - это устройство, которое измеряет проекцию кажущегося ускорения, то есть разницы между истинным ускорением объекта и гравитационным ускорением.

В простом варианте такая система представляет собой некоторую массу, закрепленную на подвесе, обладающим упругостью (пружина для хорошего примера). Так вот, если такую систему повернуть под каким-то углом, или бросить, или предать линейное ускорение, то упругий подвес отреагирует на движение под действием массы и отклонится на некоторый угол. По этому отклонению определяется ускорение. Таким образом, гироскоп реагирует на изменение в пространстве независимо от направления движения. С помощью акселерометра можно измерять линейные ускорения предмета, а также и искусственно рассчитываемое расположение предмета в пространстве. Датчики гироскопа и акселерометра изготовлены как MEMS (микроэлектромеханическая система) - внешнее воздействие на датчик сначала изменяет состояние механической части, затем изменение состояния механической части приводит к изменению сигнала электрической части.

С пульта управления задаются требуемые углы. При помощи PID-регулятора вычисляется величина коррекции и выдается на силовую часть, которая управляет токами в обмотках и тем самым, направлением вектора магнитного поля в статоре. Под действием поля ротор двигателя следует в нужную позицию.

В прямоугольной декартовой системе координат, в зависимости от того, вокруг скольких осей надо стабилизировать положение объекта, и различают типы гиросtabilизаторов:

- одноосные;
- двухосные;
- трехосные.

Наиболее распространены двухосные и трехосные гиростабилизаторы. На Рис. 1 представлена структурная схема трехосного гиростабилизатора.

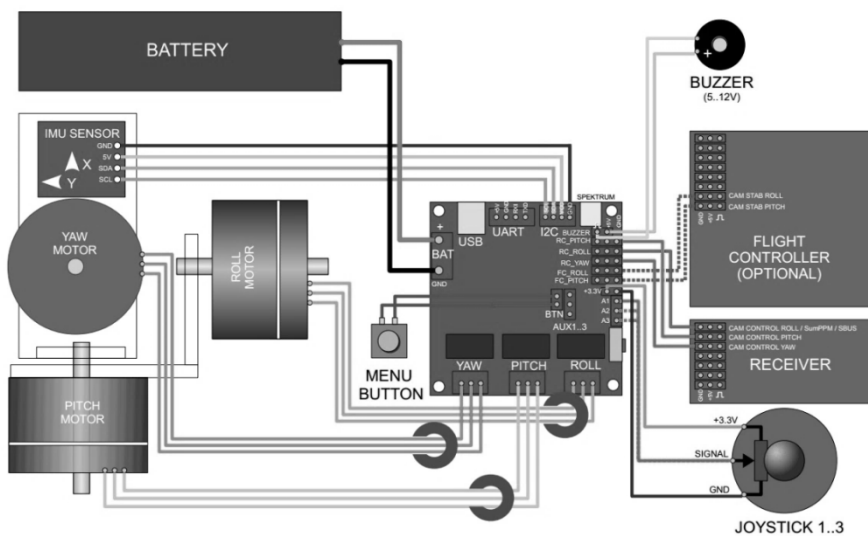


Рис. 1. Структурная схема гиростабилизатора

Литература

1. Измерение параметров излучения крупноапертурных антенн с помощью беспилотного летательного аппарата. Measurement of radiation characteristics of large antenna using UAVs / В. Классен, И. Просvirкин, Б. Левитан, С. Топчиев. // Технологии и средства связи. – 2014. - №1. - С. 60-65.
2. Интеллектуальный конвейер проектирования систем безопасности производства нетканых материалов./ Белош В.В., Козлов А.В., Осинцов В.В., Путилов В.А. // Технологии техносферной безопасности. - 2014. - № 6 (58). - С. 33.

Бритков В. Б.^{1,2}, Зайцев Р.Д.^{1,2}, Перелет Р.А.¹, Ройзензон Г.В.^{1,2}

РАЗРАБОТКА ИНДИКАТОРОВ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ*

Москва, ¹Институт системного анализа ФИЦ «Информатика и управление» РАН, ²МФТИ

Аннотация. В работе рассматриваются особенности разработки индикаторов устойчивого развития (ИУР) с учетом принятых в Организации Объединенных Наций (ООН) новых нормативных документов, учитывающих специфику разных стран. Проанализирован отечественный опыт разработки и использования ИУР. Представлен критический обзор математического инструментария, который может быть использован для построения различных интегральных показателей, в частности ИУР. Предложен подход анализа больших данных применительно к задаче разработки ИУР. Рассмотрены примеры решения практических задач построения ИУР.

Большинство международных структур, в частности: Организация объединенных наций (ООН); Европейский союз (ЕС) и др., осуществляющих в настоящий момент мониторинг устойчивого развития, признают данную концепцию основополагающей стратегией.

Наиболее общепринята формулировка, предложенная в 1989 году в докладе Международной комиссии по окружающей среде и развитию: устойчивое развитие – это развитие, которое удовлетворяет потребностям настоящего времени, не подрывая способности будущих поколений удовлетворять свои потребности [1]. В последние годы появляется ясное понимание того, что классические экономические индикаторы, такие как ВВП, не всегда адекватно отражают состояние экономики в контексте устойчивого развития [2,6]. Для построения по-настоящему устойчивой системы необходимо учитывать также экологические и социальные аспекты, которые системно взаимосвязаны с состоянием экономики. С учётом этих обстоятельств, на саммите ООН в Нью-Йорке в 2015 году организацией были приняты 17 Целей устойчивого развития (ЦУР), которые стали основой для всей дальнейшей работы ООН в области устойчивого развития [2].

В связи с потребностями мониторинга и оценки прогресса по принятым целям большое значение имеет задача разработки и интеграции системы взаимосвязанных ИУР. В докладе организации Sustainable Development Solutions Network (май 2015) представлена система из 100 взаимосвязанных индикаторов по всем 17 принятым целям [4]. При этом, как подчёркнуто в работе [2], существенно важно адаптировать принятые цели и задачи (а вместе с ними и

* Работа поддержана Российским фондом фундаментальных исследований (проекты 14-29-05095, 16-29-12901, 16-29-12878, 16-07-00865).

индикаторы) к реалиям каждой отдельной страны с учётом её климатических, экологических, социодемографических и иных особенностей.

Перечислим цели устойчивого развития, которые были зафиксированы в новых нормативных документах на период с 2016 по 2030 гг.: 1. Повсеместная ликвидация нищеты во всех ее формах; 2. Ликвидация голода, обеспечение продовольственной безопасности и улучшение питания и содействие устойчивому развитию сельского хозяйства; 3. Обеспечение здорового образа жизни и содействие благополучию для всех в любом возрасте; 4. Обеспечение всеохватного и справедливого качественного образования и поощрение возможности обучения на протяжении всей жизни для всех; 5. Обеспечение гендерного равенства и расширение прав и возможностей всех женщин и девочек; 6. Обеспечение наличия и рационального использования водных ресурсов и санитарии для всех; 7. Обеспечение всеобщего доступа к недорогим, надежным, устойчивым и современным источникам энергии для всех; 8. Содействие поступательному, всеохватному и устойчивому экономическому росту, полной и производительной занятости и достойной работе для всех; 9. Создание стойкой инфраструктуры, содействие всеохватной и устойчивой индустриализации и инновациям; 10. Сокращение неравенства внутри стран и между ними; 11. Обеспечение открытости, безопасности, жизнестойкости и экологической устойчивости городов и населенных пунктов; 12. Обеспечение перехода к рациональным моделям потребления и производства; 13. Принятие срочных мер по борьбе с изменением климата и его последствиями; 14. Сохранение и рациональное использование океанов, морей и морских ресурсов в интересах устойчивого развития; 15. Защита и восстановление экосистем суши и содействие их рациональному использованию, рациональное лесопользование, борьба с опустыниванием, прекращение и обращение вспять процесса деградации земель и прекращение процесса утраты биоразнообразия; 16. Содействие построению миролюбивого и открытого общества в интересах устойчивого развития, обеспечение доступа к правосудию для всех и создание эффективных, подотчетных и основанных на широком участии учреждений на всех уровнях; 17. Укрепление средств осуществления и активизация работы в рамках Глобального партнерства в интересах устойчивого развития.

Рассмотрим несколько примеров адаптации новых целей устойчивого развития применительно к отечественным условиям, охватывающим все три компоненты устойчивого развития: социальную, экономическую и экологическую. В РФ в ряде отраслей экономики наблюдается существенное технологическое отставание. Например, для производства бумаги необходимо вырубить в 2-3 раза больше деревьев, чем это осуществляется в ведущих западных странах [1]. Наблюдается низкая энергетическая эффективность (высокая энергоёмкость) при производстве различной продукции, что оказывает крайне негатив-

ное влияние, в том числе, и на экологическую ситуацию в стране. Поскольку значительная часть регионов РФ расположена в районах крайнего севера добиться уровня энергоемкости соответствующего уровню, который наблюдается в ведущих экономически развитых странах практически невозможно (исключение, возможно, составляют скандинавские страны и Канада). Тем не менее, поиск аналогов и заменителей таких технологий является крайне востребованной и актуальной междисциплинарной задачей. Внедрение в отечественной экономике технологий рационального лесопользования, а также различных энергосберегающих технологий положительно скажется при расчете различных ИУР. Если в качестве еще одного примера взять проблемы социальной сферы, то для РФ актуально распространение заболеваемости туберкулезом [2], а не малярией, включенной в исходные документы ООН по устойчивому развитию.

На данный момент существует достаточно большое число практических задач, в которых необходима разработка интегральных показателей деятельности [3]. К подобным задачам можно отнести и разработку ИУР. Построение подобных интегральных показателей можно свести к задаче иерархической многокритериальной порядковой классификации, где ИУР выступают в роли классов решений. Одним из достаточно известных и широко применяемых на практике подходов построения ИУР является свертка признаков (критериев) с использованием весовых коэффициентов [1]. К их числу относится, например, теория многокритериальной полезности (Multi-Attribute Utility Theory — MAUT). Разработка интегральных показателей с помощью агрегирования разноплановых признаков с использованием понятия «взвешенная сумма» ставит целый ряд аналитических вопросов. Основным является определение весов исходных показателей. Исследования в данной области позволяют сделать вывод, что различные методы определения весов показателей приводят к разным результатам [7]. Таким образом, методы определения весов показателей недостаточно устойчивы применительно к исходным данным. Кроме того, методы, использующие свертку многих критериев с весовыми коэффициентами, не позволяют по агрегированным критериям восстановить исходные данные, т.е. получение объяснений принятых решений фактически невозможно, что делает применение подобных подходов малоэффективным. В рамках другого возможного подхода к разработке ИУР предполагается разделение представленных объектов на несколько упорядоченных классов (групп), например, с помощью методов вербального анализа решений [4]. Вместе с тем, при 8-10 критериях и 2-5 градациях оценок на шкалах потребуются достаточно большие затраты времени эксперта для построения полной непротиворечивой порядковой классификации многопризнаковых объектов, что в ряде случаев, создает непреодолимые препятствия для использования на практике такого подхода

[4]. Кроме того, при решении задачи классификации большой размерности возникают значительные сложности психологического плана. В частности, при размерности задачи порядковой классификации больше 5 критериев, числе оценок на шкалах критериев больше 4 и числе классов решений более 5 пользователи склонны применять различные упрощенные стратегии классификации с использованием только части критериев (так называемые упрощающие эвристики). Соответственно важно дополнительно исследовать возможность применения подобного подхода для построения ИУР с использованием большого числа признаков (критериев).

С учетом вышеизложенного при разработке ИУР исследователи сталкиваются с проблемой обработки больших данных [5]. 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. Для анализа больших данных необходимо выделить следующие подходы: методы интеллектуального анализа больших данных (в частности, методы семантического анализа текстов) и методы многокритериального принятия решений (прежде всего при обработке разнородных экспертных оценок). Для разработки ИУР необходимо создать новые алгоритмы семантического анализа и методы построения различных интегральных показателей с использованием многокритериального подхода. Опираясь на полученные результаты, определяются более эффективные научно-технические решения и технологии, которые оказывают положительное влияние на различные стороны социально-экономического (в частности, эколого-экономические аспекты) развития РФ.

В работе рассмотрены новые цели устойчивого развития и особенности разработки ИУР с учетом принятых в ООН новых нормативных документов, учитывающих специфику разных стран. Проанализирован отечественный опыт разработки и использования ИУР. Представлен критический обзор математического инструментария, который может быть использован для построения различных интегральных показателей. Подобный инструментарий основан на использовании, как весовой свертки показателей, так и на применении механизма многокритериальной порядковой классификации. Предложен подход анализа больших данных применительно к задаче разработки ИУР.

Литература

1. Индикаторы устойчивого развития России (эколого-экономические аспекты) / Под ред. С.Н. Бобылева, П.А. Макеенко – М.: ЦПРП, 2001. – 220 с.
2. Бобылев, С.Н., Соловьева, С.В. ООН: смена целей/ С.Н.Бобылев, С.В.Соловьева // Мировая экономика и международные отношения. - 2016. - Т. 60, № 5. - С. 30–39.
3. Петровский, А.Б., Ройзензон, Г.В. Многокритериальный подход к построению интегральных показателей / А.Б. Петровский, Г.В. Ройзензон // Таврический Вестник Информатики и Математики. - 2008. - № 2. - С. 143–150.
4. Ларичев, О.И. Вербальный анализ решений. / О.И. Ларичев – М.: Наука, 2006. – 181 с.
5. Бритков, В. Б., Ройзензон, Г. В. Большие данные в наукометрии: проблемы и перспективы / В.Б. Бритков, Г.В. Ройзензон // XI Всероссийская конференция «Методологические проблемы управления макросистемами». Материалы докладов. - Апатиты: КНЦ РАН, 2016. - С. 11–14.
6. Перелет, Р. А. Системное управление переходом к устойчивому развитию/ Р.А. Перелет // Труды ИСА РАН. - 2009. - Т. 42. - С. 78–103.
7. Методы определения коэффициентов важности критериев / А.М. Анохин, В.А. Глотов, В.В. Павельев, А.М. Черкашин // Автоматика и телемеханика. - 1997. - № 8. - С. 3–35.

Быстров В.В.^{1,2}, Малыгина С.Н.^{1,2}, Халиуллина Д.Н.¹

СИСТЕМНАЯ ДИНАМИКА В ЗАДАЧАХ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ КАДРОВОЙ ПОТРЕБНОСТИ РЕГИОНА

Апатиты, ¹ Институт информатики и математического моделирования технологических процессов Кольского НЦ РАН

² Филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Мурманский арктический государственный университет» в г.

Апатиты

Аннотация. Работа носит прикладной характер и направлена на решение практической задачи прогнозирования потребности в кадрах региональной экономики Мурманской области. Авторы предлагают интегрировать существующие методики определения кадровой потребности с имитационным моделированием. Системно-динамические (имитационные) модели используются для создания инструментальных средств определения количества занятых людей и свободных рабочих мест по каждому виду экономической деятельности. Особенностью разрабатываемых

средств является возможность учитывать крупные региональные инвестиционные проекты.

В настоящее время управление региональным кадровым потенциалом остается актуальной задачей, так как является важнейшим фактором, влияющим на развитие социальной и экономической сфер региона. Не смотря на большое наличие разнообразных работ в области формирования региональной кадровой политики, некоторые вопросы до сих пор являются спорными, в частности, проблема прогнозирования потребности в кадрах.

При использовании понятия кадровая потребность, необходимо четко понимать, о какой именно потребности ведется речь. Так под общей потребностью подразумевается вся численность рабочих, специалистов и служащих, необходимых региону для выпуска запланированного объема продукции (товаров и/или услуг), учитывая текущую (базовую) потребность и дополнительную потребность, которая отражает количество рабочих, специалистов и служащих, требуемых в плановом периоде дополнительно к имеющейся численности их на начало этого периода. Дополнительная потребность возникает в связи с выбытием работников с предприятий по разным причинам, а также в соответствии с появлением новых рабочих мест за счет запуска новых производств или расширения имеющихся предприятий, в том числе, как следствие реализации инвестиционных проектов.

Наибольший интерес при планировании кадрового обеспечения для региональных органов власти представляет дополнительная потребность, так как она является причиной колебаний годового баланса трудовых ресурсов. При этом стоит отметить, что изменение данного вида потребности происходит в условиях частичной неопределенности, которая вызвана следующими факторами: наличием миграционных процессов в регионе, изменением социальной и экономической привлекательности региона, природно-климатическими условиями и экологической обстановкой и др.

На сегодняшний день разными отечественными авторскими коллективами предложено несколько методик, позволяющих оценить и/или спрогнозировать соответствие рынка занятости и подготовки рабочих кадров среднего профессионального и высшего образования. Согласно заложенных в них подходов, данные методики условно можно разделить на 3 группы [1]:

1. Методики, основанные на экспертных оценках (Матушкин Н.Н., Столбова И.Д., Щеглов П.Е., Никитина Н.Ш. и др.).

2. Аналитические, основанные на данных статистических органов управления с учетом программ развития региона и страны (Коровкин А.Г., Гуртов В.А. и др.).

3. Смешанные методики, берущие за основу статистическую отчетность наряду с экспертным мнением (Сангадиев З.Г., Скотников С.Н., Жирнов А.Ю. и др.)

Если рассматривать зарубежный опыт в области определения баланса трудовых ресурсов и макроэкономического моделирования для среднесрочного прогнозирования кадровой составляющей, необходимой для стабильного развития национальных экономик, то стоит выделить работы из следующих стран: США (Бюро трудовой статистики Министерства труда), Германия (модели INFORGE и Ifo), Австралия (модель MONASH), Великобритания (модель MDM) и другие.

Рассмотренные модели прогнозирования спроса на кадры обладают рядом общих характеристик. Большинство методик составления кадровых прогнозов на уровне региона используют эконометрический подход, опираясь на понятие «требуемых трудовых ресурсов», а в качестве входных параметров используются результаты макроэкономического прогноза производства товаров и услуг по секторам экономики [2].

Недостатками существующих методик определения региональной потребности в кадрах является отсутствие учета следующих параметров: процессов естественной миграции населения, уровня востребованности специалистов, сложившейся структуры подготовки и другие. В частности, методики, основанные только на статистических данных, недостаточно точны для прогнозирования будущих показателей, так как не учитываются стратегии развития предприятий и региона в целом. Экспертные методы более точны, но в то же время более трудоемки, затратны по времени и носят достаточно субъективный характер [1]. Комплексное использование этих методов дает возможность оценить соответствие рынков труда и занятости региона системе подготовки кадров.

В данной работе вычисление прогнозных значений потребностей социально-экономической системы Мурманской области в кадрах осуществлялось на основе комбинированного использования нескольких методик расчетов: методики разработки прогноза баланса трудовых ресурсов, утвержденная приказом Министерства здравоохранения и социального развития РФ от 29 февраля 2012 г. № 178н, методики «Центра бюджетного мониторинга» Петрозаводского государственного университета под руководством Гуртова В.А., методов экстраполяции данных, имитационного моделирования, экспертных оценок и матриц соответствия.

Определение дополнительной кадровой потребности отраслей Мурманской области согласно предлагаемому подходу сводится к выполнению 7 этапов [3]:

1. Обработка данных о количестве вакансий, трудоустроенных, обращений в Центр занятости (ЦЗ) Мурманской области (МО), высвобожденных рабочих местах за 2007-2015 гг. в разрезе ОКПДТР.

2. Построение временных рядов профессий рабочих и должностей служащих с помощью методов математической статистики.

3. Дополнение временных рядов данными, полученными в ходе анкетирования работодателей МО о планировании и реализации ими инвестиционных проектов.

4. Получение прогнозов о кадровой потребности предприятий на основе системно-динамических и агентных моделей, построенных в условиях неполной информации о планируемых инвестиционных проектах.

5. Объединение данных, полученных на этапах 3 и 4, и проведение экспертной оценки обобщенных результатов расчета дополнительной потребности в кадрах.

6. Формирование матриц соответствия для преобразования полученных данных, представленных в разрезе ОКПДТР, в информацию о кадровых потребностях предприятий и организаций МО по видам экономической деятельности (по ОКВЭД).

7. Расчет дополнительной потребности по ВЭД и уровням образования с использованием сформированных матриц соответствия.

В результате была получена таблица распределения дополнительной потребности по профессиям рабочих и должностям служащих по видам экономической деятельности и уровням образования (размерностью 2168x160).

В предлагаемой методике имитационное моделирование используется как средство дополнения информации о возможных сценариях развития региональной экономики, в частности, изменения кадровой потребности отдельных предприятий и организаций МО. Для решения этой задачи был разработан комплекс имитационных моделей, который структурно можно представить в виде следующих обобщенных компонентов (блоков): региональный рынок труда (официальный, нелегальный), система подготовки/переподготовки кадров, демография, региональная экономика, инвестиционный проект.

Системно-динамическая модель "Регионального рынка труда" реализует функции по определению спроса и предложения трудовых ресурсов МО и соотносением их друг с другом. Спрос образуется за счет вакантных мест на предприятиях и организациях региона, а предложение представляет собой совокупность трудовых ресурсов, поступивших из блока "Подготовки/переподготовки кадров", и безработных. Трудовые ресурсы

подвержены изменениям за счет процессов, протекающих в блоке "Демография".

Компонент "Подготовка/переподготовка кадров" учитывает региональные процессы подготовки (выпуска) квалифицированных кадров, включая среднее профессиональное и высшее образование, а также профессиональное обучение на предприятии. Входными параметрами блока является количество абитуриентов, а также количество людей, направленных на переподготовку. На выходе блока получается распределение квалифицированных трудовых ресурсов по уровню образования и укрупненным группам направлений подготовки.

Блок "Демография" представляет собой системно-динамическую модель распределения населения по возрастным группам и отражает демографические процессы, протекающие в регионе. Входные параметры блока условно можно сгруппировать по таким категориям, как: экономическая привлекательность (средняя зарплата по региону, доступность жилья, вакансии и др.), социальная привлекательность (доступность медицинского обслуживания, образовательных услуг, уровень преступности и др.), экологическая обстановка. Выходом блока является численность экономически активного населения, а также основные демографические показатели (рождаемость, смертность, миграция и др.).

Компонент "Региональная экономика" представляет собой набор агентов, реализованных в виде системно-динамических моделей, описывающих функционирование отраслей экономики в соответствии с основным видом экономической деятельности. Рассматриваются процессы формирования спроса предприятий и организаций отрасли на кадры в условиях штатного режима работы без учета существенных изменений в их деятельности. В качестве входных параметров используются макроэкономические показатели для каждого вида экономической деятельности (доля отрасли в ВРП, объем ВРП, суммарное потребление энергии отраслью и др.). Основным выходным параметром блока является вакантные рабочие места отрасли по категориям работников.

Блок "Инвестиционный проект" предназначен для моделирования основных этапов жизненного цикла инвестиционного проекта (ИП) и представляет собой совокупность модельных агентов, каждый из которых является системно-динамической моделью. В работе под ИП понимается запуск новых или модернизация существующих производств, сопровождающихся созданием дополнительных рабочих мест. В качестве входных параметров рассматриваются: объем инвестиций, планируемые трудовые ресурсы, сроки реализации и другие. Основной задачей данного

блока является получение прогноза дополнительной кадровой потребности, необходимой для реализации запланированных инвестиционных проектов.

Верификация комплекса моделей проводилась сравнением прогнозных данных распределения трудовых ресурсов по видам экономической деятельности на 2016-2018 гг. с балансом трудовых ресурсов, рассчитанным Министерством экономического развития Мурманской области по официальной методике. В среднем, значения данных настоящего исследования расходятся с прогнозом Минэкономразвития от 0.5% до 9.6% в зависимости от вида деятельности. Общая погрешность по всем видам деятельности составила 3.5%. В целом, характер изменения численности занятого населения Мурманской области в обоих случаях совпадает, за исключением таких видов, как оптовая и розничная торговля, финансовая деятельность, государственное управление и обеспечение военной безопасности, предоставление прочих коммунальных, социальных и персональных услуг, где наблюдается незначительное расхождение в прогнозах.

Литература

1. Ильина, Л.А. Эволюция создания методик прогнозирования потребности региона в кадрах / Л.А. Ильина, Д.А. Просвирина // Вестник Самарского государственного экономического университета: Самарский государственный экономический университет. Самара. - № 12 (134) - 2015. - С. 57-62.
2. Мороз, Д.М. Методика прогноза потребности экономики в рабочих кадрах в отраслевом разрезе / Д.М. Мороз, Е.А. Питухин, С.В. Сигова // Спрос и предложение на рынке труда и рынке образовательных услуг в регионах России: Сб. докладов по материалам Двенадцатой Всероссийской научно-практической Интернет-конференции (28–29 октября 2015 г.). – Петрозаводск: ПетрГУ, 2015. – Кн. I. – С. 124-143.
3. Халиуллина, Д.Н. Прогнозирование дополнительной потребности в кадрах отраслей экономики Мурманской области /Д.Н. Халиуллина, В.В. Быстров, С.Н. Малыгина// Труды Кольского научного центра РАН. Информационные технологии. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН. 2016 – 6/2016(40). – Вып. 7. – С. 94-107.

Гайнатуллин З.З., Ефимова Ю.В., Белош В.В.
БЕЗПРОГРАММНЫЙ РОБОТ С МОСТОМ УСИЛЕНИЯ ДЛЯ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ И
ПРОГРАММИРУЕМЫЙ РОБОТ

Чистополь, Чистопольский филиал «Восток» КНИТУ-КАИ

Аннотация. В статье решается проблема повышения производительности и увеличения тяговой силы при использовании механических роботов. Построена схема на основе микросхемы AT90S2313. Реализована аппаратная и программная часть с помощью программатора для микроконтроллеров типа AT9 Atmel.

В настоящее время широко распространена автоматизация с целью замены ручного труда. При этом не существует реализаций, которые позволяют применять готовые автоматизированные роботы для реальных задач, их область использования ограничивается игровой сферой. Поэтому целью настоящей работы является модификация существующих схем для применения робота на практике. Существует проблема повышения производительности и увеличения тяговой силы при использовании механических роботов, например, при транспортировке грузов на продуктовых складах.

Для обеспечения большей тяговой силы, манёвренности и для повышения проходимости нужны не только усиленная рама и электродвигатели большой мощности, но и требуется преобразовать электрическую схему, которая могла бы работать с этими ходовыми качествами робота. Микросхема L293D выполняет роль управляющего компонента робота, принимает решения для реализации действий. Робот избегает столкновений с препятствиями, не прикасается к ним.

Питается робот от любого источника напряжением от 6В до 14В, емкость аккумулятора довольно большая, что позволяет повысить его время работы.

На рис. 1 приведена принципиальная электрическая схема без программно-го робота с мостом усиления.

На данной схеме видно, что главным компонентом является микросхема L293D, она содержит сразу два драйвера для управления электродвигателями небольшой мощности: четыре независимых выходных канала, объединенных в две пары. Микросхема имеет две пары входов для управляющих сигналов и две пары выходов для подключения электромоторов.

На входные каналы микросхемы подключены компоненты, которые, в свою очередь, выполняют роль органов чувств. Для того, чтобы ориентироваться в пространстве, в состав схемы включены 2 светодиода HL7, HL8, излучающие в инфракрасном диапазоне. Лучи выходящие из инфракрасных светодиодов отражаются от препятствий, а затем вновь принимаются. Отражённый луч попадает на фототранзисторы НТ1, НТ2 работающие в инфракрасном диапазоне, установленные в схеме параллельно с инфракрасными светодиодами. Полу-

ченный сигнал через переменный резистор попадает на транзисторы VT3, VT4. Допустим, открыт канал в транзисторе VT3, тогда конденсатор C1 заряжается через диод VD1, на вывод 2 поступает +5В (лог.1). Также ток идет через цепочку из светодиодов HL1-HL3 и диод VD2 и заряжает конденсатор C2, на вывод 15 тоже окажется лог.1.

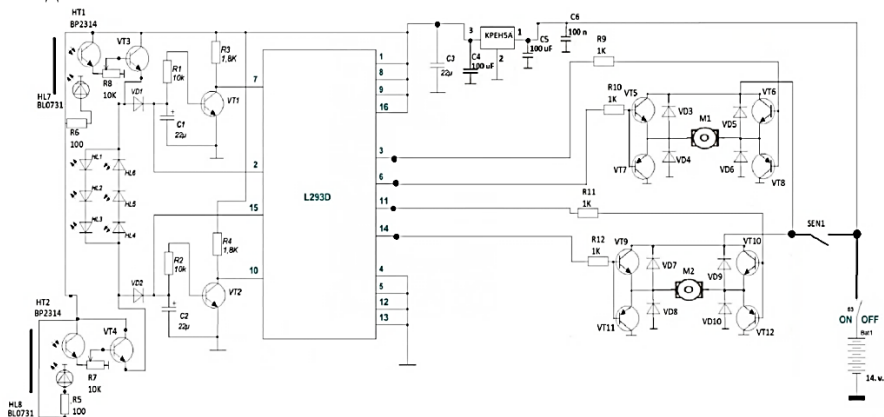


Рис.1. Схема без программного робота с мостом усиления

Но, т.к. на светодиодах падает доля напряжения, то заряд, накопленный C2, окажется меньше, чем на C1. При поступлении лог.1 на выводы 2 и 15 оба мотора реверсируется. После окончания заряда C1 и C2 открываются транзисторы VT1 и VT2. Оба конденсатора разряжаются через базовые резисторы и переход Б-Э транзисторов. Т.к. в этот момент оба транзистора открыты ножки 7 и 10 драйвера сбрасываются на общий провод (лог.0).

Моторы опять реверсируется, но тут продолжительность реверса определяет заряд конденсаторов. Первый в нормальное состояние перейдет транзистор VT2, мотор M2 будет двигать робота вперед, а M1 будет реверсирован пока не разрядится C1. Таким образом, осуществляется поворот робота.

Для усиления сигналов, поступающих из микросхемы, используется специальный мост усиления, который позволяет использовать более мощные двигатели без вреда для микросхемы и других компонентов робота. Основными компонентами моста усиления являются транзисторы, которые открываются в зависимости от полученного сигнала. Допустим, через канал 3 и 11 поступает положительный сигнал, а через канал 6 и 14 отрицательный, тогда от положительного сигнала открывается канал транзисторов VT6 и VT10, ток через эти транзисторы поступает в электродвигатель. Для отвода положительного тока отрицательный сигнал открывает канал в транзисторах VT7 и VT11, через от-

крытые каналы ток отводиться от электродвигателя и электродвигатель начинает реверсировать. Если из канала 3 и 11 поступил отрицательный сигнал, то тогда открывается транзистор VT8 и VT12, а из каналов 6 и 14 положительный, открываться канал транзисторов VT5 и VT9 и двигатель начинает реверсировать в обратном направлении. Для улучшения работы электродвигателей в мосте усиления также установлены по 4 диода (VD3, VD4, VD5, VD6, VD7, VD8, VD9, VD10).

Поскольку микросхема питается напряжением 5В, то в схеме есть блок стабилизатора, который снижает напряжение до 5В, 1200 мА. Основной частью стабилизатора является стабилитрон КРЕН5А. К стабилитрону параллельно подключены сглаживающие конденсаторы С3, С4, С5, С6. Они используются для сглаживания напряжения во время зарядки или работы от блока питания.

Для того, чтобы можно было контролировать действия или управлять работой робота в тех или иных случаях, разработана новая схема на основе микросхемы AT90S2313.

Микроконтроллер AT90S2313 является основной частью робота, к которой подключены инфракрасные датчики (HL1, HL2, HL3) типа BL0731 и приемники (HT1, HT2 HT3) в инфракрасном диапазоне типа BP2314. Как и в предыдущей версии робота, отражённый инфракрасный луч воспринимается инфракрасными приёмниками. В приемнике открывается канал для положительного сигнала, после чего микроконтроллер получает сигнал от приемника и, в зависимости от программного обеспечения, начинает выполнять действия, например, включение заднего хода на 2,5 с и разворот 1 с. Инфракрасные датчики и приемники располагаются в левой и правой частях робота. Для обеспечения стабильной работы робота рекомендуется поставить между датчиком и приемником диэлектрические перегородки.

Кроме датчиков препятствий имеется ещё один инфракрасный датчик HL3 и приемник HT3, которые предназначены для контроля пути движения и направлены вниз по направлению движения робота и расположены в передней части робота. Если, например, робот достигнет края стола, инфракрасный приемник перестанет получать сигнал и в соответствии с программой остановит реверс моторов, выполнит обратный ход и разворот, после чего продолжит путь.

На рис. 2 приведена схема программируемого робота.

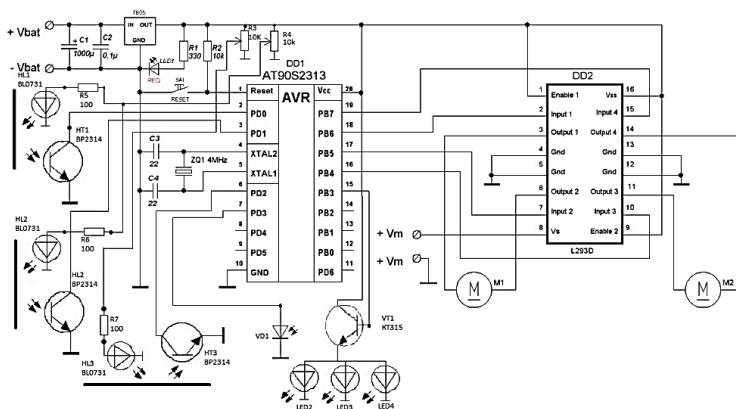


Рис.2. Схема программируемого робота

К микроконтроллеру AT90S2313 также подключен фотодиод. С помощью фотодиода микроконтроллер определяет в освещённом или не освещённом пространстве находится робот. Пока от фоторезистора идет сигнал - это означает, что робот находится в освещённом пространстве, как только сигнал от фоторезистора пропадет - робот по заданной программе подаст сигнал на выход 15 (PB3), после чего откроет канал транзистора VT1 и включит 3 светодиода LED2 LED3 LED4, которые будут играть роль фары робота.

Передаваемые сигналы микроконтроллером AT90S2313 будет принимать микросхема L293D. В зависимости от сигналов микросхема будет реализовывать реверс моторов. Электродвигатели могут быть подключены непосредственно к микросхеме, как показано на рис. 2, а могут через мост усиления, как в предыдущей версии робота, что обеспечит возможность включения отдельного питания для электродвигателей и возможность подключения более мощных электродвигателей.

Стабилизатор напряжения 7805 выдает ток 1А при стабилизированном напряжении +5В. Данный стабилизатор выполнен в корпусе, похожем на транзистор и имеет три вывода. Так же в корпусе имеется отверстие для крепления стабилизатора напряжения 7805 к радиатору охлаждения. Стабилизатор напряжения 7805 предназначен для положительного напряжения. Микросхема 7905 является аналогом 7805 и служит для отрицательного напряжения.

Для нормальной работы на вход обоим стабилизаторам необходимо подавать напряжение около 10В.

Программирование робота производится с помощью программатора для микроконтроллеров типа AT9 Atmel. Микросхему можно отдельно подключить к программатору или сделать разъём в самом роботе для программирования.

Гридин В.Н., Голубин А.Ю.

ОПТИМАЛЬНАЯ СТРАТЕГИЯ ПЕРЕСТРАХОВАНИЯ В ПРОЦЕССЕ РИСКА С ПЕРИОДИЧЕСКИМ ПЕРЕСТРАХОВАНИЕМ

Одинцово, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Центр информационных технологий в проектировании Российской академии наук

Аннотация. Изучена модификация процесса Крамера-Лундберга, где предусмотрено периодическое перестрахование, а для начисления премии используется принцип дисперсии. Получены в явном виде оптимальные стратегии перестрахования в случае линейного функционала полезности типа Марковица. Оптимальным с точки зрения полезности страховщика оказывается комбинация пропорционального перестрахования и stop loss перестрахования с верхним пределом, найдено уравнение оптимальности для нахождения параметра этой стратегии.

В основе модели лежит классический процесс риска Крамера-Лундберга, описывающий динамику капитала страховой компании (см., например, [2])

$$X_t = x_0 + ct - \sum_{j=1}^{N_t} X_j,$$

где $x_0 > 0$ - начальный капитал компании, $\{N_t\}$ - Пуассоновский процесс исков с параметром λ , определяющий число предьявленных исков на выплаты, т.е. число страховых случаев на интервале $[0, t]$; $\{X_j\}$ - независимые одинаково распределенные страховые выплаты (или риски) с функцией распределения $F_1(x)$ и конечным вторым моментом $EX_1^2 < \infty$, которые не зависят от $\{N_t\}$. Скорость накопления премии $c > 0$ - экзогенно заданный параметр. Обычно размер премии страховщика определяется принципом среднего значения [1, 2].

Именно, суммарная премия на $[0, t]$ равна $(1 + \alpha_0) E \sum_{j=1}^{N(t)} X_j = (1 + \alpha_0) \lambda t EX_1$, где

$\alpha_0 > 0$ - заданный коэффициент нагрузки, показывающий надбавку в процентах над средним риском. Таким образом, скорость накопления премии $c = (1 + \alpha_0) \lambda EX_1$. Но в данном случае для начисления премий используется т.н. принцип дисперсии, где к среднему риску добавляется его дисперсия с весом, равным коэффициенту нагрузки $\alpha_0 > 0$.

Основным отличием данной работы от предыдущих исследований является то, что предложена новая модификация управляемого процесса риска Крамера-Лундберга, где предусмотрена возможность периодического перестрахования выплат по страховым случаям, возникшим в заданный период времени. Такой подход argoіі расширяет множество доступных

страховщику стратегий перестрахования по сравнению с выбором стратегий только перестрахования индивидуальных выплат, которые использовались во всех известных автору работах. Как показано, оптимальной стратегией необходимо будет перестрахование суммарного риска, а не индивидуальных ущербов. В отличие от [3] здесь предусмотрено естественное дополнительное ограничение на риск перестраховщика, который устанавливает константу Q как наибольшую сумму возмещения ущербов.

Пусть интервал функционирования $[0, \infty)$ разбит на интервалы заданной длины T . Здесь $T > 0$ - экзогенно заданная константа, равная длине временных интервалов, на которых страховщик периодически выбирает стратегию перестрахования выплат.

В качестве критерия оптимальности рассмотрим удельную полезность (или полезность в единицу времени), а именно, нижний предел

$$J[A] = \lim_{t \rightarrow \infty} \frac{1}{t} [EX_t - \theta DX_t].$$

Термин полезность здесь понимается в смысле теории Марковица [2] как функция, зависящая от среднего и дисперсии риска, возрастающая по первому аргументу и убывающая по второму. В данном случае выбрана линейная функция $U[X_t] = EX_t - \theta DX_t$, где $\theta > 0$ - заданный вес, отражающий неприятие страховщиком разброса его капитала вокруг среднего значения.

Множество допустимых функций дележа A здесь – множество борелевских функций, удовлетворяющих неравенствам $(x - Q)_+ \leq A(x) \leq x$.

Теорема 1. Задача максимизации полезности имеет единственное решение, кусочно-линейную функцию дележа суммарного риска

$$A^*(x) = \{x \wedge (\alpha x + \beta a^*) / (\alpha + \beta)\} \vee (x - Q)$$

где a^* является единственным корнем уравнения

$$-a + \{1 + \alpha / \beta\} EA^a(Y) - \lambda TEY \alpha / \beta = 0$$

выражение для $A^a(x)$ полностью аналогично приведенному выражению для $A^*(x)$.

Литература

1. Arrow, K.J. Essays in the Theory of Risk Bearing / K.J. Arrow - Chicago: Wyley and Sons, 1971. - 278 p.
2. Актуарная математика / Н.Бауэрс, Х.Гербер, Д.Джонс, С.Несбитт, Дж.Хикман - М.: Янус-К, 2001. – 656 с.
3. Голубин, А.Ю., Гридин, В.Н. Оптимальные стратегии страхования в процессе риска с ограничениями на риски страхователей / А.Ю. Голубин,

- В.Н. Гридин // Автоматика и телемеханика. - 2010. - Т. 71. - Вып. 8. - С. 79-91.
4. Голубин, А.Ю. Процесс риска с периодическим перестрахованием: выбор оптимальной стратегии перестрахования суммарного риска / А.Ю. Голубин // Автоматика и телемеханика. - 2017. - Т. 78. (в печати).

Звягинцева А.В, Аверин Г.В.

ФЕНОМЕНОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ И РАЗВИТИЯ ГОРОДОВ РОССИИ

Белгород, Белгородский государственный национальный исследовательский университет

Аннотация. Предложена методика комплексной оценки городов путем определения вероятностей характерных сложных событий. С использованием данной методики по совокупности основных показателей выполнен анализ состояния и развития городов России населением более 100 тыс. человек. Показано, что в многомерных информационных пространствах может быть проведено ранжирование городов по комплексу экономических и социальных показателей.

Процессы и воздействия, связанные с урбанизацией территорий, имеют в городском строительстве, жилищно-коммунальном хозяйстве и экологической безопасности особое значение. Проблема комплексной оценки городских систем, а также анализа риска природных и антропогенных процессов на урбанизированных территориях является одной из фундаментальных проблем современной науки. Сегодня это направление исследований в своей базовой методологии опирается преимущественно на экспертные методы, которые повсеместно используются в научных и практических целях.

Существует и другой путь решения данной проблемы, который отличается междисциплинарным характером научных исследований и связан с использованием при изучении природных, экологических, антропогенных и техногенных процессов естественнонаучных методов. Моделирование таких процессов может основываться на вероятностных подходах анализа и описания характерных событий и индикативных данных, полученных в процессе наблюдений или опыта [1, 2]. Сегодня в повестке дня остро стоит вопрос разработки новой методологии прикладного моделирования урбанизированных и природно-антропогенных систем, которая применяла бы общую логическую схему анализа данных и построения моделей по отношению к совместно протекающим процессам природного, антропогенного и экологического характера.

Авторами предложен комплексный метод анализа многомерных данных, основанный на оценке вероятности совместных событий наблюдения

совокупности разноплановых показателей. Основная гипотеза связана с возможностью создания для определенных массивов опытных данных феноменологических моделей, отличающихся многомерным континуальным представлением пространств состояний систем, а также возможностью существования скалярных полей вероятностей характерных событий. Подробное изложение принципов, гипотез и методов теории событийной оценки на основе феноменологического анализа данных приведено в работах [1 – 3]. Данный подход позволяет получать при наличии репрезентативного объема данных модели сложных систем. В данной работе реализация метода показана на примере анализа состояния и развития городов России.

Анализ информации для городов России основывался на данных Федеральной службы государственной статистики [4]. Соответствующая база данных показателей, характеризующих состояние экономики, социальной и жилищно-коммунальной сферы городов, включает информацию по статистическим показателям 161 города России с населением более 100 тысяч человек. Выбранные города входят в восемь автономных федеральных округов. При анализе для каждого города использовалась информация по 63 показателям, которые формировали 12 групп статистических данных: социально-экономические показатели; демография; трудовые отношения; уровень жизни населения и социальная сфера; основные фонды; предприятия и организации; торговля и т.д.

Имеющиеся данные охватывали период времени с 2003 по 2015 годы, таблицы данных «города – показатели» формировались с шагом один год. В результате выполненных работ был сформирован темпоральный массив статистических данных для событийной оценки, который включал 13 таблиц данных (2003 – 2015 годы), содержащих в каждой таблице информацию по 63 показателям для 161 города.

Выбор наиболее влияющих (атрибутивных) показателей для описания темпорального массива данных основывался на рекомендациях специалистов, исследовавших процессы урбанизации, изучении вариабельности показателей, анализе корреляционных связей между показателями и вероятностями событий наблюдения данных показателей. В результате из 63 показателей развития городов ($p_1 - p_{63}$) отобрано шесть показателей, которые рассматривались как атрибутивные переменные при построении моделей событийной оценки:

- среднегодовая численность работников организаций p_9 , тыс. чел.;
- среднемесячная номинальная начисленная заработная плата p_{11} , рублей;

- объем отгруженных товаров собственного производства, выполненных работ и услуг собственными силами, обрабатывающие производства p_{26} , млн. рублей;
- объем работ, выполненных по виду деятельности «Строительство» p_{28} , млн. рублей;
- оборот розничной торговли p_{30} , млн. рублей;
- инвестиции в основной капитал p_{31} , млн. рублей.

Перечисленные выше атрибутивные показатели формировали группы из двух – трех величин для построения моделей событийной оценки и установления связей вероятностей совместных событий с вероятностями простых и сложных событий наблюдения показателей, характеризующих состояние и развитие городов (всего 57 показателей из 63). В результате статистической обработки данных было установлено, что приведенные выше атрибутивные показатели имеют значимые связи со многими показателями и могут быть скомпонованы в группы, которые при наблюдении можно рассматривать как сложные совместные события, отражающие особенности городов по определенным аспектам их развития.

Группа показателей (группа 1), охватывающая три показателя: численность работников организаций p_9 , среднемесячную заработную плату p_{11} и инвестиции в основной капитал p_{31} , отражала состояние и развитие городов по факту возможности ведения различных видов социально-экономической деятельности. Объединенные в одну группу показатели (группа 2): объем товаров и услуг промышленного производства p_{26} , объем работ, выполненных в строительстве p_{28} , и оборот розничной торговли p_{30} , отражали экономический потенциал развития городов.

Комплексная оценка объектов исследования проводилась на основе выделения индикативных совместных событий, характеризующих состояние городов. Для построения уравнений состояний объектов в виде вероятностных распределений была применена используемая методика оценки вероятности значимых событий [1, 2]. В качестве основного индикативного события, характеризующего состояние города в определенном аспекте, принято совместное событие одновременного наблюдения нескольких атрибутивных показателей. Регрессионные зависимости статистической вероятности совместного события наблюдения двух или трех показателей для определенной таблицы данных (для выбранного года наблюдения) определялись в виде:

$$w(\text{Pr}) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\text{Pr}} \exp\left(-\frac{t^2}{2}\right) dt; \quad \text{Pr} = a_0 + s; \quad \text{или}$$

$$s = c_1 \cdot \ln \frac{P_1}{P_{1_0}} + c_2 \cdot \ln \frac{P_2}{P_{2_0}} + c_3 \cdot \ln \frac{P_3}{P_{3_0}}, \quad (1)$$

где c_i – эмпирические константы, P_1, P_2, P_3 – некоторые выбранные показатели, W – вероятность совместных событий, которая определяется алгоритмически по массивам опытных данных. В качестве опорных величин принимались минимально наблюдаемые значения показателей $P_{i_0} = P_{i \min}$ в группе городов, которые наблюдались в 2003 году. Некоторые из полученных уравнений состояний для различных комбинаций показателей приведены в таблице.

Пример уравнений состояния городов для 2003 и 2013 годов

Год	Показатель и городов	Уравнение состояния	Коеф. коррел.
2003	P_9, P_{11}, P_{31}	$\text{Pr} = -2,750 + 0,500 \cdot \ln \frac{P_9}{P_{9 \min}} + 0,932 \cdot \ln \frac{P_{11}}{P_{11 \min}} + 0,106 \cdot \ln \frac{P_{31}}{P_{21 \min}}$	0,93
2013	P_9, P_{11}, P_{31}	$\text{Pr} = -4,677 + 0,376 \cdot \ln \frac{P_9}{P_{9 \min}} + 0,836 \cdot \ln \frac{P_{11}}{P_{11 \min}} + 0,262 \cdot \ln \frac{P_{21}}{P_{21 \min}}$	0,96
2003	P_{26}, P_{28}, P_{30}	$\text{Pr} = -4,223 + 0,363 \cdot \ln \frac{P_{26}}{P_{26 \min}} + 0,329 \cdot \ln \frac{P_{28}}{P_{28 \min}} + 0,234 \cdot \ln \frac{P_{30}}{P_{30 \min}}$	0,98
2013	P_{26}, P_{28}, P_{30}	$\text{Pr} = -4,814 + 0,264 \cdot \ln \frac{P_{26}}{P_{26 \min}} + 0,237 \cdot \ln \frac{P_{28}}{P_{28 \min}} + 0,356 \cdot \ln \frac{P_{30}}{P_{30 \min}}$	0,98

Модели могут использоваться для установления закономерностей наблюдения событий, характеризующих состояние и развитие городов по различным аспектам (демографическому, социальному, экономическому, инфраструктурному и т.д.).

Для ранжирования городов по уровню развития в качестве атрибутивных показателей принимались величины, входящие во вторую группу показателей, так как они отражают экономический потенциал развития городов. На основе полученных данных, исходя из вероятностной оценки совместных событий, связанных с наблюдением атрибутивных показателей P_{26}, P_{28}, P_{30} , были определены энтропия и потенциал развития для каждого города России [1, 2, 3].

К первым десяти городам, имевшим самый высокий уровень развития в 2013 году, относятся: Москва, Санкт-Петербург, Уфа, Омск, Пермь, Екатеринбург, Тольятти, Челябинск, Волгоград, Набережные Челны. Экономический потенциал состояния Москвы, Санкт-Петербурга, Уфы, Омска и Перми соотносится приблизительно как 137:22:1,3:1,25:1,0.

Все это указывает на крайнюю неравномерность развития мегаполисов. В свою очередь, различие в оставшейся группе городов с населением более 100 тыс. человек при комплексной оценке по трем указанным выше показателям P_{26} , P_{28} и P_{30} еще более значимо и достигает по потенциалу развития 100 – 300 раз.

Предложенный метод событийной оценки, основанный на феноменологических подходах и учете закономерностей развития городов, позволяет строить модели описания данных различной точности. Континуальный принцип представления количественной информации и вероятностные методы оценки значимых событий отличаются универсальностью и дают возможности для описания состояний объектов на основе использования совокупности социальных, экономических и инфраструктурных показателей.

Литература

1. Аверин, Г.В. Системодинамика. / Г.В. Аверин - Донецк: Донбасс, 2014. - 405 с. – Режим доступа: <http://www.chronos.msu.ru/ru/urnameindex/item/averin-s> (18.02.17).
2. Звягинцева, А.В. Вероятностные методы комплексной оценки природно-антропогенных систем / Под науч. ред. д.т.н., проф. Г.В. Аверина. - М.: Издательский дом «Спектр», 2016. - 257 с. - Режим доступа: http://dspace.bsu.edu.ru/bitstream/123456789/17837/1/Zviagintseva_Veroyatnostnye_2016.pdf (18.02.17).
3. Звягинцева А.В. 2016. О вероятностном анализе данных наблюдений о состоянии природно-антропогенных систем в многомерных пространствах. Научные ведомости БелГУ, серия «Экономика. Информатика», №2 (223). Выпуск 37. Белгород: 93 – 100. – Режим доступа: http://www.bsu.edu.ru/bsu/science/bsu-science-journal/list.php?SECTION_ID=6463 (18.02.17).
4. База данных показателей муниципальных образований по субъектам России. Офиц. сайт. – Режим доступа: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc_1138631758656 (18.02.17).

Зуенко А.А., Яковлев С.Ю., Шемякин А.С.

ПОСТАНОВКА И ВОЗМОЖНЫЕ МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИЛ И СРЕДСТВ ПРИ АВАРИЯХ НА ОПАСНЫХ ТЕРРИТОРИАЛЬНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТАХ

Апатиты, Институт информатики и математического моделирования технологических процессов Кольского НЦ РАН

Аннотация. Совместное использование разнородных сил и средств, рациональная координация их действий во времени и пространстве – задача, возникающая во многих областях деятельности. В докладе предполагается осветить состояние методической базы, а также рассмотреть возможности применения методов программирования в ограничениях к решению задачи.

Совместное использование разнородных сил и средств, рациональная координация их действий во времени и пространстве – задача, возникающая во многих областях деятельности. Одно из актуальных направлений – управление (планирование) в чрезвычайных ситуациях (ЧС).

Поскольку у авторского коллектива имеется задел [1, 2] в области разработки планов по предупреждению и ликвидации разливов нефтепродуктов (ПЛРН), то в докладе рассматривается именно этот класс ЧС. По природе процессов и способам борьбы различают разливы на территории (на местности) и акватории (в водоёмах, на море). В настоящих исследованиях рассматриваются разливы на территории. Территориальные объекты могут быть разных типов, масштабов и сложности: автоцистерна, железнодорожный состав, трубопровод, резервуар, склад, нефтебаза, нефтезавод и т.д.

Опасный объект «погружён» в организационно-управляющую и технологическую систему своей организации. Объект привязан к местности. Играть роль природно-климатические характеристики (в т.ч. возможные стихийные бедствия, наличие в зоне возможного поражения особых территорий, питьевых водоёмов, редких растений и животных и т.п.), инфраструктура (дороги, иные коммуникации) региона.

Объект «погружён» в региональную систему управления борьбой с ЧС (российская система – РСЧС и её региональные подразделения), для борьбы могут быть привлечены распределённые силы и средства (АСФ – аварийно-спасательные формирования: профессиональные, аттестованные – ПАСФ; непрофессиональные, неаттестованные – НАСФ). Важны их дислокация, готовность, пути и скорости прибытия (доставки), производительность работы, всевозможные запасы. Возможно наращивание сил в ходе борьбы с ЧС.

Управление борьбой с ЧС на объекте регламентируется разветвлённой системой ограничений в форме нормативно-методических документов. Так, все участники должны иметь лицензии, сертификаты для выполнения

определённого вида работ и не выходить за рамки своих полномочий. Организация должна обладать набором разнородных документов (десятки наименований), в т.ч. должен быть заключён договор с ПАСФ.

В зависимости от объёма и площади разлива выделяются категории ЧС: локальные, муниципальные, территориальные, региональные, федеральные. Перечислим задачи, которые решаются на различных этапах возникновения и развития аварий.

1. *Определение возможных сценариев аварий.* В данной работе не рассматривается, берётся какой-либо конкретный готовый сценарий в виде последовательности событий.

2. *Расчёт параметров сценария (аварии):* вероятность (частота), объём нефтепродукта, параметры (форма и размеры) зоны поражения, ущерб (социальный, экономический, экологический). В данной работе не рассматривается, берутся готовые значения параметров.

3. *Локализация аварии.* Определяется порядок действий, производится расчёт достаточности сил и средств, обеспечивающих локализацию (фиксацию, нераспространение) аварии на местности не более, чем за 6 часов.

4. *Ликвидация аварии* (сбор нефти, тушение пожара). Осуществляется примерно так же, как и локализация, только цели, задачи и технологии несколько отличаются.

5. *Ликвидация последствий, восстановление работоспособности, рекультивация земель.* В данной работе не рассматривается, т.к. эта задача не столь актуальна.

Итак, на входе рассматриваемой задачи планирования: характеристики объекта и территории; характеристики сил и средств борьбы с ЧС; сценарий с числовыми характеристиками. На выходе: план действий, возможно, оптимизированный по различным критериям, таким как: минимальный ущерб, минимальный (но достаточный) состав сил и средств, минимальная стоимость.

По мнению авторов, многие из перечисленных задач можно ставить и решать в виде задач удовлетворения ограничений, где ограничения могут носить как качественный, так и количественный характер. При расчете параметров возможных сценариев может применяться логико-вероятностный подход [3], опирающийся на методы ортогонализации логической функции. Предлагается задачу ортогонализации логической функции рассматривать как задачу удовлетворения ограничений. Задача формирования состава сил и средств также может рассматриваться как задача удовлетворения ограничений. Определение плана локализации аварии также предлагается выполнять в рамках технологии программирования в ограничениях.

Программирование в ограничениях сформировалась на стыке таких направлений как искусственный интеллект, теория языков программирования, символьные вычисления и вычислительная логика.

Согласно [4] *задача удовлетворения ограничений* (Constraint Satisfaction Problem – CSP) определена множеством переменных $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$, и множеством ограничений $C = \{C_1, C_2, \dots, C_m\}$. Каждая переменная x_i имеет непустую область определения D_i (область возможных значений, домен). Каждое ограничение C_i включает некоторое подмножество переменных и задает допустимые комбинации значений для этого подмножества. CSP можно записать в виде кортежа $\langle X, C, D \rangle$, где $X = \{x_i\}$, $C = \{C_j\}$, $D = \{D_k\}$.

Решением CSP-задачи является такая подстановка для всех переменных, при которой все ограничения удовлетворены. Если для некоторой задачи имеется, по крайней мере, одно решение, то задачи является разрешимой, иначе – неразрешимой, или противоречивой, или переограниченной.

В зависимости от того, что принимается в качестве переменных CSP, какие области определения для них выбираются, какие типы ограничений используются, довольно сильно различаются и методы решения CSP. В качестве доменов переменных могут выступать целые числа, вещественные числа, числовые интервалы, конечные множества, конечные мультимножества, мультиинтервалы и т.д. Ограничения могут быть логическими, арифметическими, формулироваться на языке каких-либо теорий, вроде теории графов или теории автоматов. В работе рассматриваются задачи удовлетворения ограничений, где переменные имеют конечные области определения.

На практике при решении конкретных задач часто оказывается, что ограничения носят как количественный, так и качественный (нечисловой) характер. Их совместная обработка, обычно, затруднена, поскольку приходится привлекать различные математические аппараты. Однако, в рамках технологии программирования в ограничениях имеются предпосылки унификации подобной совместной обработки числовых и нечисловых ограничений.

Качественные ограничения, такие как правила, логические формулы, многоместные отношения играют важную роль при моделировании многих предметных областей. Существующие на данный момент в теории удовлетворения ограничений методы, основанные на табличном представлении нечисловых ограничений, недостаточно эффективны.

Настоящая работа продолжает исследования, начатые в статьях [5, 6] и посвященные созданию методов удовлетворения нечисловых (качественных) ограничений. Ранее одним из авторов были предложены методы решения задачи удовлетворения ограничений для случая, когда нечисловые

ограничения представлены в виде специализированных матрицеподобных структур – *C*- и *D*-систем [5]. Рассматривались вопросы совместной обработки числовых и нечисловых ограничений [6].

В форме *C*-систем удобно “сжато” представлять таблицы, множества фактов, а в виде *D*-систем различного рода правила и запреты. Среди предлагаемых алгоритмов удовлетворения ограничений особый интерес представляют алгоритмы распространения ограничений. Алгоритмы распространения ограничений преследуют цель преобразовать описание задачи удовлетворения ограничений к более простому виду с сохранением всех решений, то есть сократить пространство поиска, за полиномиальное время. Для *C*- и *D*-систем это означает, что из доменов переменных должны быть удалены “лишние” значения, могут быть удалены некоторые столбцы, строки *C*-систем и *D*-систем, некоторые значения из компонент, и даже сами *C*- и *D*-системы. Правила, с помощью которых выполняются подобные упрощения подробно представлены в [5]. Иногда алгоритмы распространения ограничений останавливаются, достигнув некоторой неподвижной точки, при этом решение задачи CSP может быть еще не получено. Поэтому подобные алгоритмы, обычно, применяются совместно с алгоритмами поиска с возвратами [5], обеспечивающими систематическое исследование пространства поиска, и/или с методами обработки глобальных ограничений [6].

Благодарности. Работа выполнена при поддержке РФФИ (проекты №№ 15-07-02757-а, 16-07-00313-а, 16-07-00377-а, 16-07-00273-а, 15-29-06973, 15-07-04290).

Литература

1. Яковлев, С.Ю., Рыженко, А.А., Исакевич, Н.В. Разработка планов по предупреждению и ликвидации разливов нефтепродуктов для территориальных объектов / С.Ю.Яковлев, А.А.Рыженко, Н.В.Исакевич // Моделирование и анализ безопасности и риска в сложных системах: Труды Международной научной школы МА БР-2010 (Санкт-Петербург, 6 - 10 июля, 2010 г.) / СПб: ГУАП. СПб., 2010.– С.447-452.
2. Яковлев, С.Ю. Прикладные разработки ИИММ КНЦ РАН по информационной поддержке обеспечения безопасности региональных промышленно-природных комплексов /С.Ю.Яковлев // История науки и техники. - 2014. - №1. – С.107-123
3. Рябинин, И.А., Струков, А.В. Автоматизированное моделирование надежности систем структурно-сложных систем из элементов с тремя

- несовместными состояниями / И.А.Рябинин, А.В.Струков // Труды СПИИРАН. - 2014. - № 3(34). - С. 89-111.
4. Bartak, R. Constraint Programming: In Pursuit of the Holy Grail // Proceedings of the Week of Doctoral Students (WDS99), Part IV. – Prague: MatFyzPress, 1999. P. 555–564.
 5. Зуенко, А.А. Вывод на ограничениях с применением матричного представления конечных предикатов / А.А. Зуенко // Искусственный интеллект и принятие решений. – 2014. - № 3. - С. 21-31.
 6. Зуенко, А.А. Совместное применение алгоритмов фильтрации и распространения ограничений на основе матриц ограничений / А.А. Зуенко // Шестая Междунар. конф. «Системный анализ и информационные технологии» САИТ-2015 (Россия, Калининградская обл., г. Светлогорск, 15-20 июня 2015): Труды конференции. В 2-х т. – М.: ИСА РАН – 2015. - Том 1. – С. 56-66.

Зуенко А.А.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ УДОВЛЕТВОРЕНИЯ ОГРАНИЧЕНИЙ В ЗАДАЧАХ КАЧЕСТВЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Апатиты, Институт информатики и математического моделирования технологических процессов Кольского НЦ РАН

Аннотация. Доклад посвящен рассмотрению задач комбинаторного поиска, возникающих при качественном моделировании динамических систем. В частности, предлагается задачу замыкания состояния динамической системы рассматривать как задачу удовлетворения ограничений. Правила замыкания предлагается записывать в виде нечисловых матриц – C - и D -систем, а вывод на этих структурах осуществлять с помощью авторских методов распространения ограничений.

Существенной трудностью при разработке методов качественного моделирования является обеспечение приемлемой скорости процесса вычислений, поскольку возникающие задачи, как правило, относятся к классу задач комбинаторного поиска и связаны с обработкой большого объема информации. При моделировании динамических систем возникают специфические задачи, имеющие высокую вычислительную сложность. Положение еще более усложняется, если в единую модель требуется объединить детерминированные подмодели и подмодели с неопределенностями, поскольку для разработки соответствующих программных процедур приходится привлекать различные математические аппараты, что негативно сказывается на производительности. Особым видом

неопределенности в подобных качественных моделях можно считать ситуацию, когда параметры (переменные) системы недоопределены, то есть переменная может принимать сразу несколько значений из некоторого конечного множества альтернатив.

В настоящее время среди динамических систем достаточно хорошо изучены различные классы дискретных систем, такие, как дискретно-аргументные системы, системы с нечеткой информацией, логико-динамические системы, системы на конечных множествах (т-цепи). С другой стороны, изучаются и гибридные динамические системы, в которых присутствуют как гладкая, так и дискретная части, такие, как дифференциальные автоматы, модель Нерода-Кона, модель Брокета и некоторые другие. В качестве наиболее близких прототипов предлагаемых в статье исследований являются работы Г.С. Осипова [1], посвященные интеллектуальным динамическим системам, а также работы ряда западных исследователей, где рассматриваются качественные дифференциальные уравнения (QDE) и метод качественного машинного моделирования QSIM [2]. Отличительной особенностью выбранных прототипов является то, что каждое из состояний образуется путем замыкания некоторого порождающего множества событий – фактов и аксиом.

В докладе для описания состояния динамической системы предлагается использовать только переменные, области определения которых конечны, а, значит, информация о динамической системе может быть представлена с помощью многоместных отношений. По мнению автора, для формализации состояния динамической системы целесообразно применять качественную абстракцию дифференциальных уравнений – модель QDE, где предложены конкретные типы конечных предикатов для описания дифференциальных уравнений. В данной модели числа заменяются их знаками (положительными или отрицательными), символическими значениями (иногда называемыми отметками) или интервалами, вместо точных значений времени применяются символические обозначения моментов времени и интервалов, а производные по времени упрощенно представляются в виде направлений изменения (возрастающее, уменьшающееся или постоянное). Конкретные функциональные зависимости могут быть заменены менее определенными, такими как монотонные отношения. При проведении качественных рассуждений арифметические операции упрощенно представляются с помощью качественных арифметических действий. Как правило, результаты качественных арифметических действий являются недетерминированными. Другими словами, в модели QDE приводится типизация многоместных отношений (конечных предикатов), требуемых для нечислового моделирования дифференциальных уравнений и некоторых других видов

зависимостей, а также разработаны рекомендации по преобразованию количественной модели в качественную в случае, если уже имеется соответствующая численная модель. Также в QSIM конкретизирован способ представления качественных состояний, а также введен тип отношений для задания переходов между качественными состояниями.

В рамках предлагаемой в докладе двухуровневой технологии комплексного моделирования динамических систем верхний уровень связан с формализацией информации об объекте исследования с помощью модели QDE. На нижнем (базовом) уровне планируется осуществлять преобразование онтологического описания исследуемой системы в представление, более пригодное для машинной реализации вычислительных процедур.

На нижнем уровне предлагается состояние динамической системы представлять с помощью совокупности специфических матрицеподобных структур – C - и D -систем [3], состоящих из секционированных булевых векторов.

Значительное внимание в докладе уделено разработке методов, реализующих функцию замыкания текущего состояния, поскольку в литературе, посвященной интеллектуальным динамическим системам, подобные методы практически не представлены. Алгоритмы, реализующие данные функции, неизбежно обладают высокой вычислительной сложностью, что затрудняет применение обобщенных схем вычислений, где не учитываются особенности представления знаний в памяти компьютера и не уделяется должного внимания вопросам ускорения вычислительных процедур.

Предлагается задачу замыкания текущего состояния рассматривать как задачу удовлетворения ограничений [4]. Решение данной задачи предлагается строить на основе базовых методов распространения нечисловых ограничений, разработанных ранее автором [5]: описание текущего состояния следует считать полным, когда система ограничений, выраженных в виде C - и D -структур, становится совместной в узлах и по дугам. Разработанные методы реализуют достижение дуговой совместности на основе анализа отношений доминирования одних значений над другими в рамках одного домена (столбца) матрицы ограничений.

Таким образом, в докладе предлагается построение качественной модели сложных динамических систем осуществлять на основе концептов и отношений модели QDE, а сам процесс имитации – с использованием авторских алгоритмов удовлетворения нечисловых ограничений. Описана технология построения модели динамической системы на примере развития торговых предприятий, действий робота в среде с препятствиями.

Благодарности. Работа выполнена при поддержке РФФИ (проекты №№ 15-07-02757-а, 16-07-00313-а, 16-07-00377-а, 16-07-00273-а).

Литература

1. Осипов, Г.С. Динамика в системах, основанных на знаниях / Г.С. Осипов // Известия Академии Наук. Теория и системы управления. – 1998. – №5. – С.24-28.
2. de Kleer J., Brown J.S. Qualitative physics based on confluences. Artificial Intelligence Journal, 24, 1984, pp 7-83.
3. 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.
4. Ruttkay Zs. Constraint satisfaction a survey // CWI Quarterly.1998. V. 11. P. 163–214.
5. 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.

Кононов А.А., Поликарпов А.К., Черныш К.В.
ФОРМАЛЬНАЯ СХЕМА ДИНАМИКИ КРИТЕРИАЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ И ОЦЕНКИ
РИСКОВ НЕКОРРЕКТНОСТИ КРИТЕРИАЛЬНОЙ БАЗЫ УПРАВЛЕНИЯ
БЕЗОПАСНОСТЬЮ БОЛЬШИХ РЕГИОНАЛЬНЫХ СИСТЕМ
Москва, ИСА РАН ФИЦ ИУ РАН

В управлении безопасностью больших, в том числе региональных 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 основательности (фундаментальности) защищенности каждой из структурных составляющих большой системы, с учетом возможности появления новых уязвимостей, угроз, новых методов и средств защиты. В настоящей работе рассматривается формальная схема отражения такого рода изменений в критериальных моделях больших иерархических систем.

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

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.

Под идеальной критериальной моделью (ИКМ) системы будем понимать критериальную модель, лишенную недостатков неадекватности, противоречивости критериев и их избыточности, соответствие всем критериям которой будет означать предельно возможную в данных условиях защищенность системы от всех угроз с минимальными, или фиксированными предельно возможными, затратами.

Идеальная критериальная модель (ИКМ) может меняться с течением времени, по мере появления новых угроз и уязвимостей, и новых средств защиты. Обозначим ИКМ как $\hat{K}^M(t)$.

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 \vec{P}^K :

$$\vec{P}^K : \{\vec{S}(t), \vec{D}^K(t)\} \rightarrow \vec{Z}(t), \quad (1)$$

где $\vec{D}^K(t)$ - каталог критериев по классам объектов структурной модели $\vec{S}(t)$.

Как правило, $\vec{D}^K(t)$ - это каталог критериев, включающий все используемые классы объектов с требованиями по их безопасности, прежде всего, согласно существующей нормативной базе, но, возможно, также дополненной критериями, выработанными по результатам анализа полноты парирования угроз.

Объективно, в каждый момент времени существует множество критериев, которые потенциально определены в $\hat{K}^M(t)$, но отсутствуют в $\vec{Z}(t)$. По сути, они образуют модель проигнорированных в ЗКМ критериев ИКМ, которую можно обозначить, как $\Delta \hat{K}^M(t)$, и назвать объективно существующей моделью проигнорированных критериев (ОМПК):

$$\Delta \hat{K}^M(t) = \hat{K}^M(t) - \vec{Z}(t). \quad (2)$$

Проблема состоит в том, что и $\hat{K}^M(t)$ и, соответственно, $\Delta \hat{K}^M(t)$, в силу ограниченных возможностей человеческого интеллекта не могут быть познаны сразу. И лишь опыт и процедуры эволюционного пошагового прототипирования, позволяют со временем переводить критерии из множества $\hat{K}^M(t)$ в множество $\vec{Z}(t)$. В наличии $\Delta \hat{K}^M(t)$, 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 $\vec{Z}(t)$:

$$\vec{\Pi}^{YS} : \{\vec{S}(t), \vec{D}^Y(t)\} \rightarrow \vec{Y}^S(t); \quad (3)$$

$$\vec{\Pi}^{MRS} : \vec{Y}^S(t) \rightarrow M^{RS}(t), \quad (4)$$

$$\vec{\Pi}^{\Delta Y} : \{\vec{S}(t), \vec{Y}^S(t), \vec{D}^Y(t), \vec{M}^{RS}(t), \vec{Z}(t)\} \rightarrow \Delta \vec{Y}^S(t), \quad (5)$$

где

$\vec{\Pi}^{YS}$ - процедура построения модели угроз $\vec{Y}^S(t)$ по структурной модели $\vec{S}(t)$ с использованием каталога угроз $\vec{D}^Y(t)$:

$\vec{\Pi}^{MRS}$ - процедура построения моделей событий рисков $M^{RS}(t)$;

$\vec{\Pi}^{\Delta Y}$ - процедура выявления множества угроз $\Delta \vec{Y}^S(t)$, остающихся не отраженными при выполнении всех требований и соответствии всем критериям, определенным в $\vec{Z}(t)$.

Наличие $\Delta \vec{Y}^S(t)$, свидетельствует о том, что множество $\vec{Z}(t)$ должно быть дополнено критериями (требованиями) соответствие которым позволит парировать угрозы из $\Delta \vec{Y}^S(t)$.

И если даже выявить дополнительные угрозы не удастся, это, в принципе, 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 (которое в принципе может быть и пустым, если выявить новых угроз не удастся), образующих идентифицированную модель проигнорированных критериев (ИМПК) $\Delta \vec{K}^I(t)$, и если это множество не пустое, то по нему можно рассчитать индикативные оценки рисков проигнорированных критериев.

Определим процедуру $\vec{\Pi}^I$, которая на любой момент времени t позволяет по структурной модели $\vec{S}(t)$ и ЗКМ получать ИМПК:

$$\vec{\Pi}^I : \{\vec{S}(t), \vec{Z}(t), \Delta \vec{Y}^S(t), \vec{D}^K(t)\} \rightarrow \Delta \vec{K}^I(t) \quad (6)$$

Также возможно существование в ЗКМ множества избыточных (в том числе, устаревших и не адекватных используемым технологиям) по отношению к ИКМ критериев, и те, которые нам удастся идентифицировать,

можно назвать идентифицированной моделью избыточных критериев (ИМИК). Для нее будем использовать обозначение $\Delta\vec{K}^E(t)$.

Определим процедуру $\vec{\Pi}^E$, которая на момент t позволяет из структурной модели $\vec{S}(t)$, и ЗКМ получать ИМИК:

$$\vec{\Pi}^E : \{ \vec{S}(t), \vec{Z}(t) \} \rightarrow \Delta\vec{K}^E(t) \quad (7)$$

Суть процедуры $\vec{\Pi}^E$ состоит в том, чтобы выявить множество критериев $\Delta\vec{K}^E(t)$, исключение которого из модели $\vec{Z}(t)$ не приведет к появлению уязвимостей, через которые могли бы быть реализованы какие-либо угрозы, и при этом не пострадают надежность и эшелонированность защиты, а также готовность к парированию возможных будущих угроз.

Определим процедуру $\vec{\Pi}^{F1}$, 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, и будем обозначать ее $\vec{R}^{F1}(t)$:

$$\vec{\Pi}^{F1} : \{ \Delta\vec{K}^M(t), \Delta\vec{K}^E(t) \} \rightarrow \vec{R}^{F1}(t) \quad (8)$$

Получение $\vec{R}^{F1}(t)$ 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 оценки рисков некорректности критериальной базы. Алгоритмы получения индикативных оценок КР – это алгоритмы расчета рискообразующих потенциалов [1]. При этом необходимо понимать, что в $\vec{R}^{F1}(t)$ рассчитывается как сумма нескольких рискообразующих потенциалов, с учетом того, что, согласно [1], рискообразующие потенциалы выражаются в оценочных единицах, с рекомендованным эквивалентом – одна оценочная единица равна 1000 руб. (или любого назначенного количества любой другой валюты):

$$\vec{R}^{F1}(t) = \vec{R}^I(t) + \vec{R}^E(t) + \vec{R}^G(t), \quad (9)$$

где $\vec{R}^I(t)$ - индикативная оценка рискообразующего потенциала проигнорированных угроз;

$\vec{R}^E(t)$ - индикативная оценка издержек на выполнение «избыточных» требований;

$\tilde{R}^G(t)$ - индикативная оценка рискообразующего потенциала по угрозам, которые могли бы быть парированы, если бы средства оцененные, как $\tilde{R}^E(t)$, были затрачены на выполнение требований, обеспечивающих парирование этих угроз, но которые не выполнялись, в виду недостатка средств на их выполнение.

В настоящее время в ФИЦ ИУ РАН разработан программный комплекс РискДетектор, автоматизирующий расчеты (1)-(9) [2].

Из приведенных рассуждений можно сделать следующие выводы:

1) очевидно, что системы с жестким утверждаемым перечнем угроз и требований (критериев) их парирования могут нести с собой, не только позитивный эффект централизованного управления безопасностью, но и отрицательный, если система критериев и требований не будет систематически анализироваться, корректироваться и обновляться с целью снижения риска негативных воздействий некорректной критериальной базы и принятия решений на ее основе; этим отрицательным, зачастую, деструктивным эффектом, в частности, объясняется почему, государственные бюрократические структуры, нередко уступают в конкурентоспособности частным предприятиям;

2) для снижения отрицательного (деструктивного) влияния централизованных критериальных моделей, объективно закрепляемых в законодательной и нормативной базе, и снижения рисков некорректности критериальной базы, должны предусматриваться процедуры (а значит, для больших систем, возможно, специальные аналитические службы и подразделения) построения структурированных критериальных моделей, внутреннего контроля и анализа их выполнения, обеспечения их качества - систематического пересмотра, корректировки и обновления.

Литература

1. Управление кибербезопасностью автоматизированных информационных систем / А.Б. Бекетов, А.А. Кононов, С.Н. Осипов, А.А. Фобьянчук // Труды ИСА РАН. – 2011. - Т. 61, вып. 5. - С. 8-13.
2. Алгоритм построения интегрированных показателей наличия рисков нарушения информационной безопасности в иерархических организационных системах / А.А. Кононов, П.И. Кулаков, А.К. Поликарпов, К.В. Черныш // Современные проблемы и задачи обеспечения информационной безопасности: Труды Всероссийской научно-практической конференции «СИБ-2014». – М., МФЮА, 2014 - С. 22-26.

Шилова О.Ю., Мельников А.В.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИМИТАЦИОННОГО МНОГОАГЕНТНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ЗАДАЧЕ ОПТИМИЗАЦИИ ЗАТРАТ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ МАРКЕТИНГОВЫХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ПРИЕМНОЙ КОМПАНИИ ВУЗА

Челябинск, ФГБОУ ВО «Челябинский государственный университет»

Аннотация. Приводится описание основных этапов имитационного моделирования для задачи оптимизации затрат и прогнозирования эффективности маркетинговых решений для приемной компании вуза, а также кратко рассмотрен вопрос применения технологии управления отношениями с абитуриентами.

Границы имитационной модели можно распределить по нескольким признакам, среди которых можно выделить основные, такие как: временные: сроки приемной комиссии (активная фаза), в течение года (пассивная фаза); нормативные: законы о высшем образовании, правила поступления в учебные заведения (например, максимальное количество вузов и факультетов для подачи документов); географические: Российская Федерация; финансовые: финансовая основа и стоимость обучения (от 0 до максимальной суммы) и другие.

Объекты, участвующие в исследовании, связаны между собой по различным признакам, с различной силой и значимостью.

При выборе учебного заведения на абитуриента могут влиять следующие параметры: отзывы студентов, выпускников, друзей и родителей, заметки и статьи в СМИ, рекламные кампании, сайт заведения, частота и качество проведения дней открытых дверей и других мероприятий по привлечению абитуриентов, качество организации приемной комиссии, наличие военной кафедры, наличие знакомых среди числа студентов/абитуриентов, статус заведения (государственное или нет), размер стипендии.

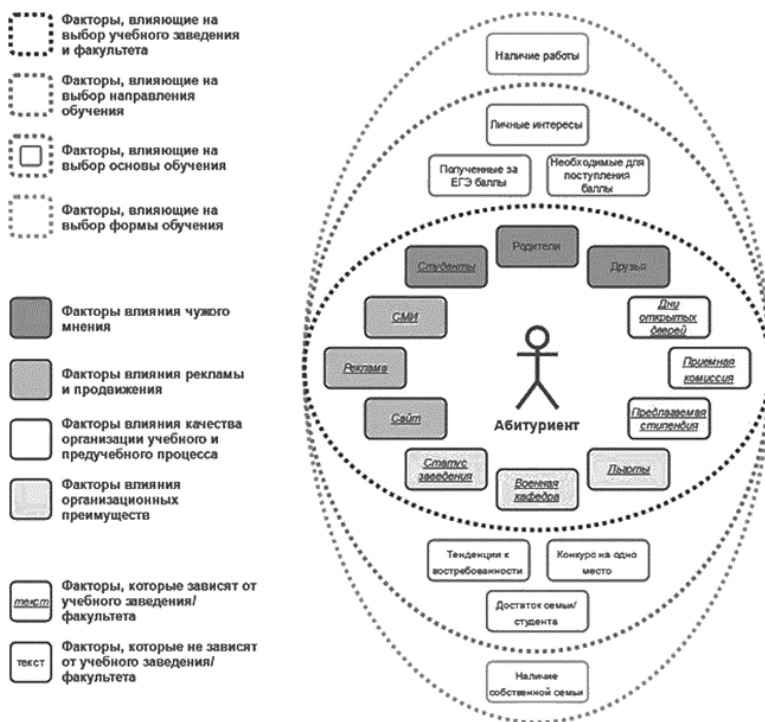
Помимо этого, при выборе факультета и направления обучения на абитуриента могут влиять: полученные баллы ЕГЭ и необходимый для поступления балл, личные интересы, тенденции к востребованности специалистов. При выборе финансовой основы обучения (бюджет/контракт) на абитуриента могут влиять: достаток семьи/студента, полученные баллы ЕГЭ и необходимый для поступления на бюджет балл, наличие бюджетных мест на интересующей специальности, конкурс на одно место, наличие льгот. При выборе формы обучения (очная/заочная) на абитуриента могут влиять: наличие работы, наличие семьи.

Перечисленные выше связи в графическом виде на схеме отражены на рисунке.

Для корректного составления модели и проведения исследования могут понадобиться следующие данные об объектах, участвующих в исследовании:

количество бюджетных мест; средний размер стипендии на факультете/в учебном заведении; количество проведенных мероприятий по привлечению клиентов; средний конкурс на одно место; частота обновления информации на сайте факультета/заведения; наличие военной кафедры; наличие государственного статуса заведения; затраты на рекламу в течение последней приемной комиссии и другие.

Приведенная концептуальная модель (рис.) может быть транслирована совокупностью различных технологических средств и методов, к которым, на наш взгляд, можно отнести:



Концептуальная схема

- создание базы данных, содержащей информацию о текущих абитуриентах, а также о потенциальных абитуриентах на следующие годы поступления с указанием их контактной информации в целях рассылки важной информации об изменениях и новостях относительно поступления;

- создание и информационная поддержка онлайн-портала для абитуриентов с актуальной информацией относительно изменения условий поступления, текущего рейтинга, конкурса на одно место и другой полезной информации;
- создание информационного портала об учебном заведении / факультете в целях предоставления наиболее полной информации абитуриентам и создания позитивного имиджа в их глазах;
- создание и обеспечение бесперебойной работы горячей линии в период работы приемной комиссии в целях оперативного разрешения проблем абитуриентов и ответов на их вопросы.

Схема получения желаемых результатов эксперимента может представлять собой документ, содержащий помимо результатов анкетирования (то есть исходных данных), результаты проведенного с моделью эксперимента в виде следующих данных (например, в виде коэффициентов): зависимость числа абитуриентов от наличия бюджетных мест и их количества; зависимость числа абитуриентов от количества проведенных мероприятий по их привлечению; зависимость числа студентов (или полученной с них прибыли для факультета / университета) от количества затраченных на продвижение средств; соотношение числа потенциальных абитуриентов, фактических абитуриентов и студентов (по итогам приемной комиссии) и другие показатели, наглядно отображающие возможности изменения движения и оптимизации потока финансовых средств, которые тратятся на продвижение. С этой же целью особую ценность будут иметь схемы (в том числе, интерактивные и динамические). К данной задаче можно применить стандартную модель распространения инфекционного заболевания (SIR).

Кроме того, предполагается использование методики управления совокупности впечатлений, которые получают студенты/выпускники при взаимодействии с ВУЗом (Customer Experience), что является актуальным для ВУЗов в связи с большой конкуренцией на рынке России. Различные исследования, проведенные за последние 5-6 лет говорят, что внимание к CX ведет за собой повышение уровня лояльности клиентов, увеличивает размер их трат на полюбившийся бренд, служит распространению позитивной информации о компании, что ведет к увеличению числа клиентов. Таким образом, Customer Experience Management (управление клиентским опытом, СЕМ или СХМ) стало обязательным направлением для любого крупного предприятия, в том числе и для университетов. Существуют различные методики измерения и управления лояльностью клиентов. Первый этап реализации стратегии на улучшение СЕ – измерение этого параметра, что в Институте информационных технологий ЧелГУ частично реализовано: после каждой сессии студенты отвечают на анонимные анкеты по вопросам качества ведения дисциплин.

Данная модель, в случае ее успешной реализации с помощью инструментов имитационного моделирования, может помочь в оптимизации расходов на продвижение учебного заведения или факультета, и предоставить показатели, при которых число абитуриентов останется на прежнем уровне (то есть сокращение средств не повлияет на уменьшение числа абитуриентов) и при которых их число можно будет увеличить. Также на основании проведенных экспериментов можно будет говорить об успешности тех или иных каналов продвижения, а также отметить те факторы, которые имеют наибольшее влияние на выбор абитуриента. Такие данные смогут помочь сотрудникам, связанным с приемом абитуриентов, оптимизировать свою работу в целях создания позитивного имиджа и привлечения большего числа потенциальных абитуриентов.

Морозов И.Н.

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬЮ КОНУСНОЙ ДРОБИЛКИ КРУПНОГО ДРОБЛЕНИЯ ККД 1500/180

Апатиты, Институт информатики и математического моделирования технологических процессов Кольского НЦ РАН

Аннотация. В работе рассмотрен вопрос имитационного моделирования системы автоматического управления производительностью конусной дробилки крупного дробления ККД 1500/180. Результаты функционирования разработанной модели позволяют сделать вывод о целесообразности применения методов имитационного моделирования для диагностики и предсказания состояний объекта управления.

Объектом управления является конусная дробилка крупного дробления ККД 1500/180. Конусная дробилка это объект, работу которого характеризует производительность питателя, ширина разгрузочной щели, крупность и прочность исходного материала, а также мощность, потребляемая в процессе дробления, и гранулометрический состав дробленого продукта, характеризуемый средневзвешенным диаметром кусков [1].

Возможные отклонения ширины разгрузочной щели от заданного значения, как правило, своевременно устраняются обслуживающим персоналом при профилактических осмотрах. Кроме того, изменение ширины разгрузочной щели в процессе эксплуатации настолько мало, что его влиянием можно пренебречь [1].

Динамические свойства процесса дробления соответствуют инерционному звену первого порядка с запаздыванием [1,2]:

$$W_{\text{др}}(p) = \frac{k_{\text{др}} \cdot e^{-Pr_{\text{др}}}}{T_{\text{др}} \cdot p + 1} \quad (1)$$

где $k_{\text{др}} = \frac{\Delta P \cdot Q_{\text{баз}}}{\Delta Q \cdot P_{\text{баз}}}$ - коэффициент усиления дробилки;

$T_{\text{др}} = \frac{V_{\text{NP}} \cdot 3600}{q}$ - постоянная времени дробилки;

$r_{\text{др}} = \frac{1}{v}$ - транспортное запаздывание;

q - производительность дробилки по дробленому продукту, т/ч;

P - мощность, потребляемая приводом дробилки;

Q - количество материала (руды) в дробилке.

Далее были определены значения передаточных функций асинхронного двигателя, преобразователя частоты, и произведена настройка внутреннего контура регулирования скорости двигателя

Структурная схема системы регулирования производительности конусной дробилки представлена на рисунке 1.

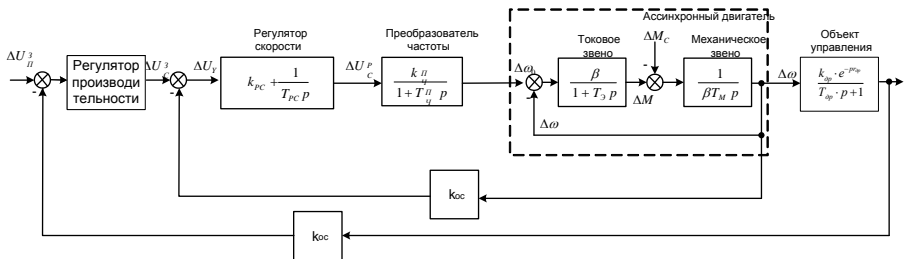


Рис. 1. Структурная схема системы регулирования производительности конусной дробилки

На рисунке 1 обозначено:

ПЧ – преобразователь частоты;

АД – асинхронный электродвигатель;

ОУ – объект управления;

ДП – датчик производительности;

$U_{\text{зад}}^Q(p)$ – напряжение задания по производительности;

$U_{\text{зад}}^\omega(p)$ – напряжение задания по скорости;

$U_{\text{ОС}}^Q(p)$ – напряжение обратной связи по производительности.

Был произведен синтез регулятора производительности пропорционально-интегрального типа [3], после чего осуществлялось моделирование системы автоматического регулирования производительности конусной дробилки в среде Mat Lab 7.9.0 с использованием приложения Simulink.

Моделировался режим пуска системы автоматического регулирования производительности конусной дробилки и режим наброса нагрузки на 5 секунде.

Математическая модель системы автоматического регулирования производительности конусной дробилки с применением ПИ-регулятора представлена на рисунке 2

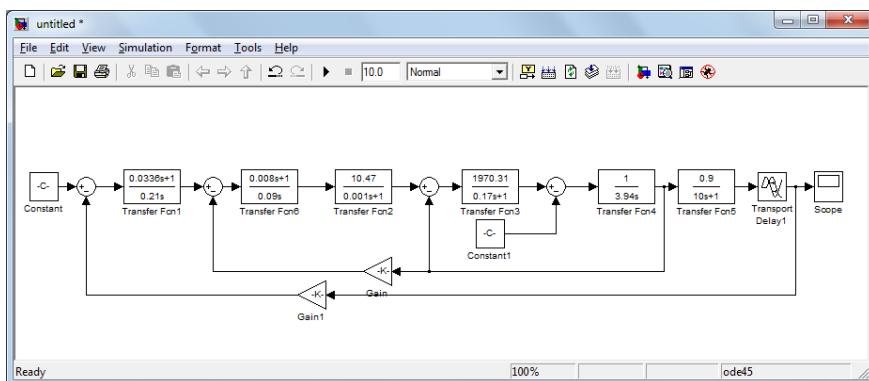


Рис. 2. Математическая модель системы автоматического регулирования производительности конусной дробилки (ПИ-регулятор)

Результаты моделирования (в относительных единицах) представлены на рисунке 3.

По полученному переходному процессу (рис. 3) определялись качественные показатели системы регулирования производительности конусной дробилки:

- перерегулирование при пуске:

$$\gamma_n^{III} = \frac{h_{\max} - h_{уст}}{h_{уст}} \cdot 100\% = \frac{1,04 - 1}{1} \cdot 100\% = 4\% . \quad (2)$$

- время переходного процесса при пуске: $t_n^{III} = 3.2 \text{ сек}$;
- статическая ошибка отсутствует.

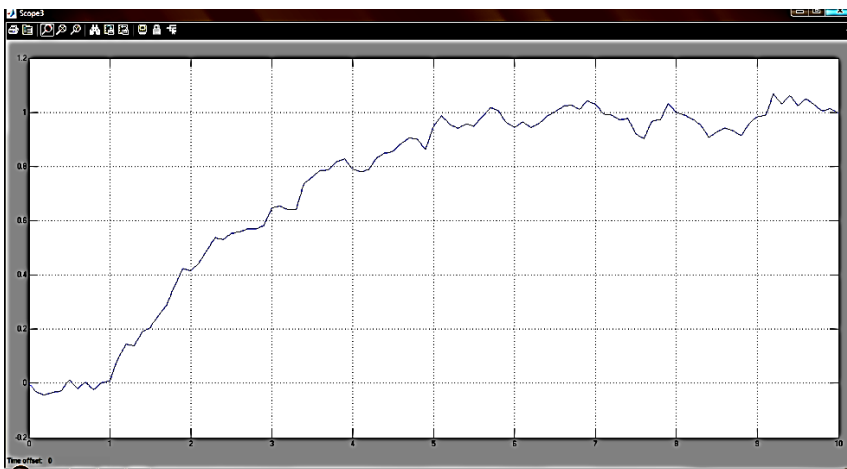


Рис. 3. График изменения производительности конусной дробилки при пуске (ПИ-регулятор)

Заключение

В работе были определены и рассчитаны передаточные функции всех звеньев системы автоматического регулирования производительности конусной дробилки. Также было произведено имитационное моделирование системы автоматического регулирования производительности конусной дробилки в программной среде Matlab (приложении Simulink) и проанализированы полученные переходные процессы. В результате возможно моделирование критических ситуаций (предельных состояний объекта управления) с использованием разработанной модели, что в свою очередь поможет предвидеть поведение исследуемого объекта в различных режимах работы.

Литература

1. Свердель, И.С. Вопросы автоматики на обогатительных фабриках / И.С. Свердель // Известия вузов. Горный журнал. - 1964 г. - № 3.
2. Олейников, В.А., Тихонов, С.И. Автоматическое управление технологическими процессами в обогатительной промышленности. / В.А. Олейников, С.И. Тихонов - М.: Недра. - 1966 г. - 356 с.
3. Автоматизация технологических процессов и производств: учебник. / А.Г. Схиртладзе, А.В. Федотов, В.Г. Хомченко, В.Б. Моисеев - ПензГТУ, 2015. - 442 с. – Режим доступа:
http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&book_id=437131

Павлов А.А., Датъев И.О.

РАЗРАБОТКА МОДУЛЕЙ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА МОДЕЛИРОВАНИЯ МНОГОШАГОВЫХ БЕСПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ

Апатиты, Институт информатики и математического моделирования технологических процессов Кольского НЦ РАН

Аннотация. Беспроводные многошаговые сети – одно из перспективных направлений развития коммуникационных сетей. Основным средством тестирования разрабатываемых в данной области решений является имитационное моделирование. В статье представлены программные модули, позволяющие автоматизировать процесс создания и тестирования моделей беспроводных многошаговых сетей с помощью различных сетевых симуляторов.

Беспроводные многошаговые сети – это радиосети, узлы которых способны выступать в роли ретрансляторов, что увеличивает зону покрытия сети. Наиболее известными видами таких сетей являются: Mobile Ad-hoc Network (MANET) [1] – самоорганизующаяся сеть, состоящая только из мобильных устройств; Wireless Mesh Network (WMN) [2] – радиосеть ячеистой топологии, состоящая из беспроводных стационарных маршрутизаторов и мобильных или стационарных узлов-абонентов. Следует отметить, что стандарт Wi-Fi Mesh (802.11s), помимо управляемого, допускает и самоорганизующийся режим, который превращает WMN в сеть, подобную MANET. Кроме того, могут быть выделены различные подвиды вышеперечисленных сетей: Wireless Sensor Networks (WSN) [5] – беспроводные сенсорные сети, изначально разрабатываемые преимущественно для стационарных узлов, но с распространением различных роботов также приближающиеся к сетям на основе мобильных устройств; Low power and Lossy Network (LLN) [4] – сеть, образованная множеством встраиваемых устройств с ограниченными мощностью передатчика, зарядом батареи, памятью и вычислительными ресурсами; Vehicle Ad-hoc Network (VANET) [7] – автомобильная самоорганизующаяся сеть, предназначенная для повышения эффективности и безопасности дорожного движения; Flying Ad-hoc Network (FANET) [3] – т.н. «летающая» самоорганизующаяся сеть, узлами которой, как правило, являются беспилотные летательные аппараты.

Основным отличительным свойством беспроводных многошаговых сетей на базе мобильных узлов является возможность обмена данными в условиях произвольного перемещения узлов и отсутствия предварительно заданной инфраструктуры сети. Вышеупомянутое свойство, в совокупности с быстротой развертывания, делает данный класс сети актуальным и перспективным средством решения задач передачи информации в регионах с неразвитой коммуникационной инфраструктурой, особенно в отдаленных Арктических

районах. Поэтому беспроводные многошаговые сети на базе мобильных узлов представляют высокую практическую ценность и являются объектом пристального внимания разработчиков всего мира.

Для проверки эффективности разработанных для беспроводных многошаговых сетей решений (метрик, алгоритмов, протоколов маршрутизации и др.) в качестве основного инструмента используется компьютерное моделирование. Существует большое количество программ - сетевых симуляторов, позволяющих создавать модели сетей, проводить имитационные эксперименты и предоставлять результаты в различных форматах данных. На сегодняшний день, наиболее распространенным среди исследователей из различных научных организаций является сетевой симулятор NS-3 [6].

NS-3 является гибким и мощным средством моделирования информационно-коммуникационных сетей, в основном благодаря возможности использования встроенных языков программирования C++ и Python при создании моделей. Наличие большого количества функций интерфейса прикладного программирования (API) предоставляет разработчику возможность создания собственных моделей, а также, согласно лицензии GNU GPLv2, модификации и дополнения моделей, входящих в комплект программного обеспечения сетевого симулятора. В NS-3 сообществом программистов разработаны модели беспроводных сетей различных типов, модели протоколов различных сетевых уровней и модели перемещения узлов (позволяющие имитировать движение узлов даже в трёхмерном пространстве).

Одной из проблем разработки эффективных сетевых решений является разрозненность проводимых различными исследователями имитационных экспериментов. Как правило, каждая группа исследователей создаёт модели для определенного частного случая функционирования сети, используя определенный сетевой симулятор. Поэтому, процесс сравнения эффективности большинства предлагаемых разработок – метрик маршрутизации, моделей перемещения узлов, алгоритмов маршрутизации – между собой при одинаковых начальных условиях является затруднительным. Следует отметить, что применяемые для моделирования наборы значений параметров различных сетевых уровней оказывают существенное влияние на результаты моделирования. Например, протокол маршрутизации DSR может превосходить протокол маршрутизации AODV при небольшой скорости узлов за счет использования агрессивного кэширования, а при больших скоростях узлов AODV может показать лучшие результаты. Поэтому, так важно проводить имитационные эксперименты, придерживаясь определенной унифицированной методики тестирования (которая на сегодняшний день отсутствует). В основу такой методики можно заложить базовые правила

постановки имитационных экспериментов и соответствующие программные шаблоны моделей для многошаговых беспроводных сетей. Например:

- 1) использовать одинаковые наборы и значения исходных параметров;
- 2) применять разнообразные наборы параметров для охвата максимально-возможного количества предполагаемых ситуаций использования сети;
- 3) опираться на результаты имитационных экспериментов нескольких наиболее распространенных сетевых симуляторов.

Поэтому, для разработки эффективных сетевых решений необходимо создание базового фреймворка, включающего в себя унифицированные методiku и программный инструментарий автоматизации создания виртуальных испытательных «стендов» и постановки имитационных экспериментов.

В данной работе авторами представлены программные модули, которые в дальнейшем запланированы для использования в программном комплексе, позволяющем автоматизировать следующие процессы:

- перенос моделей между разными сетевыми симуляторами;
- создание моделей беспроводных многошаговых сетей;
- создание моделей перемещения узлов;
- обработка результатов моделирования;
- программная реализация метрик маршрутизации и их интеграция в протоколы маршрутизации;
- изменение значений параметров для постановки серий имитационных экспериментов и т.д.

Следует отметить, что степень автоматизации каждого из вышеперечисленных процессов зависит от особенностей программной реализации интерфейсных функций конкретного сетевого симулятора.

На сегодняшний день разработаны и программно-реализованы следующие функциональные модули:

1. Формирование моделей перемещения узлов сети. Программный модуль предназначен для создания моделей перемещения узлов, доступных для использования в нескольких сетевых симуляторах. (Реализовано для Riverbed Modeler и NS-3). Как правило, форматы хранения данных в различных симуляторах неодинаковы. Так, например, если использовать библиотеку ns2-mobility (применяемую в сетевом симуляторе NS-3), модель перемещения будет представлять собой один отдельный файл, в котором хранится информация о начальном расположении всех узлов и их перемещений. В то же время, в симуляторе Riverbed Modeler используется набор определенных траекторий, которые можно создавать, удалять и модифицировать. Каждому узлу задается конкретная траектория, по которой он движется в процессе имитации и соответствует отдельный файл.

2. Портирование моделей перемещения узлов (мобильности) между сетевыми симуляторами. (Реализовано для NS-3 и Riverbed Modeler). Данный модуль обеспечивает возможность создания моделей беспроводных многошаговых сетей с использованием реализованных ранее в другом сетевом симуляторе моделей перемещения узлов.

3. Создание модели сети MANET в сетевом симуляторе NS-3. Посредством данного модуля производится автоматическое генерирование основного файла модели с расширением .cc для проведения имитационных экспериментов. Текущая программная реализация данного модуля позволяет задавать значения следующих параметров: протокол маршрутизации, стандарт WiFi, количество узлов, размер территории, модель перемещения узлов, размер пакета, мощность передатчика, количество передающих пар, скорость передачи данных узла-отправителя (битрейт), модуляция, модели распространения и задержки сигнала, время моделирования. В дальнейшем времени, планируется расширить доступный для изменения набор параметров.

4. Программный шаблон-библиотека для встраивания маршрутной метрики в протоколы AODV и DSR. Разработанный авторами программный шаблон-библиотека позволяет сократить объем модификаций программного кода протоколов маршрутизации, требуемых для встраивания маршрутной метрики. Кроме того, планируется разработка программного модуля, позволяющего повысить степень автоматизации этого процесса.

В итоге, разработаны программные модули, повышающие степень автоматизации создания и портирования моделей беспроводных многошаговых сетей, а также проведения серий имитационных экспериментов. Планируется использование этих программных модулей в рамках разрабатываемого программного комплекса информационной поддержки и автоматизации разработки и тестирования решений для беспроводных многошаговых сетей.

Литература

1. Bhushan S., Saroliya A., Singh V. Implementation and Evaluation of Wireless Mesh Networks on MANET Routing Protocols // International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering. - 2013. - № 6. - P. 2477-2484
2. Mesh Networks - Mesh Networks Information Headquarters. - Режим доступа: <http://www.meshnetworks.com/>
3. Md. Hasan Tareque, Md. Shohrab Hossain. On the Routing in Flying Ad hoc Networks // Proceedings of the Federated Conference on Computer Science and Information Systems. - 2015. - №5. - P. 1-9

4. Afonso Oliveira, Teresa Vazão. Low-power and lossy networks under mobility: A survey // Computer Networks. – 2016 - № 107. - P. 339–352
5. Qinghua Wang, Ilango Balasingham. Wireless Sensor Networks - An Introduction // Wireless Sensor Networks: Application. Режим доступа: <http://www.intechopen.com/books/wireless-sensor-networks-application-centric-design/wireless-sensor-networks-an-introduction>
6. NS-3 - discrete-event network simulator. - Режим доступа: <https://www.nsnam.org>
7. Saleh Yousefi, Mahmoud Siadat Miousavi, Mahmood Fathy. Vehicular Ad Hoc Networks (VANETs): Challenges and Perspectives. 6th International Conference on ITS Telecommunications Proceedings. - 2006. - P. 761–766

Ростопшин Ю.А.

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД И ВЕРИФИКАЦИЯ МОДЕЛЕЙ СИСТЕМНОЙ ДИНАМИКИ

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

Аннотация. Верификация имитационных моделей является одним из самых важных этапов построения инструментария исследований динамических свойств объектов, традиционно относимых к сфере междисциплинарных научных интересов. Сложность, трудоемкость и надежность процедур идентификации существенно зависят от размерностей моделей исследуемых объектов, наличия изоморфизмов в их системных представлениях. В докладе предлагается возможный вариант формализованной процедуры верификации, основанной на методологии общего системного подхода в междисциплинарных исследованиях.

Введение

Основная задача системно-модельных представлений состоит в достижении структурно-функционального соответствия модели и исследуемого объекта. Реальному, принятому к рассмотрению объекту может быть поставлено в соответствие множество его представлений в качестве систем и последующих его модельных описаний, определяемых, прежде всего, постановкой задачи исследования, т. е., в конечном счете, субъективно. Это наиболее характерно для традиционных отраслевых системно-аналитических исследований.

Оказалось, что по мере усложнения задач исследований и распространения их на механизмы, определяющие динамические свойства объектов междисциплинарных исследований требуется в максимально возможной степени ограничить проявления субъективизма в установлении структурно-функциональных свойств таких объектов.

Теоретико-концептуальные основы общего системного подхода

Ныне реализуемые модельных описаний объектов междисциплинарных научных интересов (в том числе имитационные модели), являющиеся по существу попытками синтеза общее конструктивное описание на основе частных подходов к сожалению не привели к ожидаемым результатам. Фактически пришлось констатировать, что для таких объектов построение эффективных модельных методов невозможно без общей концептуально-теоретической основы базирующейся на общем определении понятия «система» и общей концепции систем [1].

Основой для предлагаемого построения общего определения понятия «система» служит онтологическое (или натуралистическое) представление о системности, интерпретируемой как одно из основных фундаментальных свойств привлекаемых к рассмотрению объектов. В общей постановке задачей системных исследований является описание структурно-функциональной организации объектов рассмотрения.

В дальнейшем предлагается считать, что *«система» это - концептуальный аналог, определенным образом представленная совокупность знаний об интересующих исследователя системные структурно-функциональных свойствах объекта рассмотрения* [2].

Необходимыми условиями того, чтобы полученное представления объекта считалось системой, являются требования, чтобы оно:

- являлось частью представления в качестве системы макрообъекта, включающего рассматриваемый объект как элемент структуры (являлось микросистемой);
- содержало в себе представление в качестве подсистем собственных структурных элементов, выполняя для них роль макросистемы [3].

Реализация предлагаемой схемы определения объекта рассмотрения в качестве системы снимает проблемы проявления субъективизма, присущего частным системным подходам. Однако для дальнейшего использования полученных представлений в качестве конструктивных моделей этого не достаточно, поскольку в общей постановке последовательное выполнение приведенной процедуры ведет к описаниям с практически неограниченным количеством уровней структурной иерархии и моделям с неограниченным количеством переменных. Поэтому для практических целей – построения формализованных модельных представлений - процесс «декомпозиции» может быть ограничен достижением такого уровня структурной иерархии, компоненты которого можно считать «элементарными блоками» микрообъектами. При этом в качестве одного из критериев «элементарности» может служить возможность допустимого в рамках поставленной задачи (имитационного - основанного на теоретических обобщениях экспериментальных

исследований) описания функций таких микрообъектов. Процесс «укрупнения» можно закончить при достижении уровня, на котором рассматриваемый объект может считаться относительно автономным (например, по принятому допущению несущественности его воздействия на объекты окружающей среды - отсутствия обратной связи «макрообъект – окружающая среда») [4-7].

Ограничение, вводимое для верхнего и нижнего уровней структурно-функционального системного представления, смягчает, но не полностью решает проблемы «проклятья размерности». Для реализации требований корректного использования существующих формализованных методов редукции моделей требуется выполнить требования изоморфизмов в представлении исследуемых объектов в качестве систем и в их последующих формализованных описаниях - математических моделях. Возможным вариантом достижения изоморфизмов является принятие общей концепции систем. Одним из вариантов такой концепции в применении к объектам современной биосферы является концепция открытых неравновесных систем, предложенная Л.- фон Бергаланфи еще в первой половине XX столетия, но до сих пор не получившая должного признания.

Распространения этой концепции на определения в качестве открытых систем всех мыслимых объектов, вне зависимости от их субстрата совместно с общим определением понятия «система» представляется перспективной уже потому, что ее основой являются объективные физические законы определяющие динамику материально-энергетических процессов в эволюционирующем окружающем нас мире.

Схема реализации общего системного подхода

По-видимому, одними из наиболее эффективных инструментов исследования динамических свойств любых принимаемых к рассмотрению объектов являются их математические модели. Применение изложенных выше и обладающих высокой степенью общности концептуально-теоретических постановок в их построении позволяет:

- выделить существенные переменные моделей, с учетом того, что к рассмотрению следует привлекать лишь характеристики механизмов, определяющих функции компонентов, слагающих рассматриваемый объект;
- достичь изоморфизмов системных и последующих модельных описаний, требуемых для обоснованного применения формализованных методов исследований.

Вышесказанное с полным основанием можно отнести ко всем принимаемым к рассмотрению объектам современной биосферы, включая человека. Важно, что при такой постановке основанные на определении рассматриваемых

объектов в качестве открытых неравновесных систем формализованные их описания – приводят к моделям единого типа – моделям популяционной динамики. Поэтому в докладе представлена последовательная, основанная на вышеизложенных концептуально-теоретических представлениях процедура общего для биосферы системного подхода моделирования динамики, позволяющая унифицировать и в значительной мере снять трудности верификации моделей.

Использование организмами энергии на осуществление работ по поддержанию жизнедеятельности позволяет ввести функцию резерва энергообеспеченности организмов в следующем виде [4-8]

$$G(t) = f^{(s)}(t) - \sum_{j=1}^J F_j(t)$$

где $f^{(s)}(t)$ - потенциал энергообеспеченности;

$F_j(t)$, ($j = 1, 2, \dots, J$) - энергопотребности для выполнения специфических функций жизнедеятельности.

Для функции энергообеспеченности следует отметить следующие возрастные особенности. Эта функция достигает максимального значения в начальный период жизни с последующим уменьшением, связанным со снижением эффективности системы снабжением кислородом органов и тканей организма.

В правую часть функции резервов энергообеспеченности входит выражение $F_j(t)$, ($j = 1, 2, \dots, J$), определяющее возрастные зависимости энергопотребностей основных фаз жизнедеятельности. Очевидно, что имеется необходимость в энергии для роста организма ((энергопотребление неосинтеза) - F_N , и поддержания неравновесного состояния сформировавшихся на этапах его существования элементов структуры – клеток, тканей, органов - $\sum_{j=1}^k F_j(t)$

.Ткани и органы формируют регуляторные системы, обеспечивающие специфические функции взаимодействия с окружающей средой. Естественно, что и реализация этих функций также требует соответствующих энергозатрат -

$\sum_{j=k+1}^J F_j(\vec{\mu}, t)$, где $\vec{\mu}$ вектор параметров взаимодействия с окружающей средой.

Тогда получаем следующее представление возрастных особенностей энергопотребления

$$W(\bar{\mu}, t) = \sum_{j=1}^J F_j(t) = \sum_{j=1}^k F_j(t) + \sum_{j=k+1}^J F_j(\bar{\mu}, t) + F_N$$

Для случая комфортных условий окружающей среды $\bar{\mu} = \bar{\mu}^0$ - так называемый основной обмен - $W(\bar{\mu}^0, t)$ может служить хорошей оценкой минимальных энергопотребления организма.

С учетом вышеизложенного для функции резерва энергообеспеченности процессов жизнедеятельности получаем следующее выражение

$$G(\bar{\mu}, t) = f^{(s)}(t) - W(\bar{\mu}, t)$$

Графическая интерпретация особенностей процессов энергообеспечения жизнедеятельности организмов проведена на следующем рис.

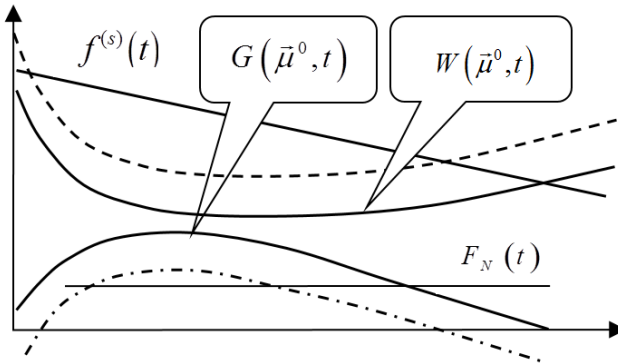


Схема возрастных особенностей энергетики основных процессов жизнедеятельности организмов.

Заключение

Вышеприведенные гипотезы требуют обратить особое внимание в модельных исследованиях популяционной динамики на описание энергетических аспектов жизнедеятельности организмов. Представляется, что именно описание судьбы энергетических потоков, обеспечивающих неравновесное стационарное состояние объектов структуры современной биосферы, может дать шанс на существенное продвижение в становлении общесистемного подхода исследований устойчивого ее развития.

Необратимые процессы возрастной деградации организменных структур, флуктуации в окружающей среде, являющиеся причиной возникновения снижения энергообеспеченности и основных процессов жизнедеятельности организмов - приводят к уменьшению резерва энергообеспеченности.

Результатом может явиться снижение и утрата рождаемости, нарушение основных регуляторных функций, рост смертности, уменьшение продолжительности жизни.

Рассмотренная выше схема позволяет провести верификацию основных параметров, определяющих динамику структуры популяции рождаемости и смертности, используя при этом обширную статистическую информацию о возрастной структуре рождаемости и смертности и вид функциональные зависимости энергообеспеченности. Важно при этом то, что статистическая информация по рождаемости и смертности довольно хорошо представлена в демографических исследованиях, а для функций энергообеспеченности существуют эффективные методы измерений, широко практикуемые в физиологии.

Литература

1. Поспелов, И. Г. Моделирование экономических структур / И. Г.Поспелов - М.: ФАЗИС * ВЦ РАН. – 2003. - XIV+194 с.
2. Бергаланфи, Л. фон. Общая теория систем – обзор проблем и результатов. / Л. фон. Бергаланфи // Системные исследования. Ежегодник – 1969. - М., 1969. - С. 30 – 54
3. Рапопорт, А. Различные подходы к общей теории систем. / А.Рапопорт // Системные исследования. Ежегодник – 1969. - М., 1969. - С. 55 - 79.
4. 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.
5. 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.
6. Ростопшин, Ю.А. Принципы эволюционной преемственности в общесистемной методологии исследований устойчивого развития. / Ю.А. Ростопшин // Труды ИСА РАН, Т. 54. - М.: ЛЕНАНД, 2010. - С. 13-32.
7. Ростопшин, Ю.А. Методологические основы моделирования природной среды. / Ю.А. Ростопшин // Природа моделей и модели природы. – М.: «Мысль», 1996. – С. 82 – 118.
8. Волькенштейн, М.В. Общая биофизика. / М.В. Волькенштейн - М.: «Наука», 1978. – 590 с.

Рубинович Е.Я.

УКЛОНЕНИЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЛОЖНОЙ ЦЕЛИ ПРИ УГЛОМЕРНОЙ АПРИОРНОЙ ИНФОРМАЦИИ

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

Аннотация. В 2D рассматривается задача уклонения подвижного объекта от равномерно и прямолинейно движущейся поисковой системы при угломерной информации о ее начальных координатах. Для отвлечения поисковой системы объект использует мобильную ложную цель.

Предполагается, что в начальный момент $t_0 = 0$ подвижный объект поиска E_1 знает только пеленг на поисковую систему P , которая движется по плоскости равномерно и прямолинейно со скоростью $u = 1$. Направление вектора скорости поисковой системы и дистанция до нее объекту поиска E_1 не известны. Предполагается, что объект поиска движется со скоростью $\beta_1 < 1$, имея ограничение на разворот, с минимально допустимым радиусом разворота равным единице. В момент $t_0 = 0$ объект поиска E_1 выпускает мобильную ложную цель E_2 , которая движется программно со скоростью $\beta_2 < 1$, «прикрывая», совершающий маневр уклонения объект поиска ($\beta_1 < \beta_2 < 1$). Маневр уклонения состоит в циркуляции с минимально допустимым радиусом разворота на некоторый угол и последующим движением по касательной к окружности разворота.

Траектория движения ложной цели E_2 должна строиться таким образом, чтобы при измеренном начальном пеленге на поисковую систему, ее перехват (в смысле точечной встречи E_2 и поисковой системы) осуществлялся независимо от действительного расстояния между поисковой системой и объектом поиска в худшем для него случае, когда поисковая система движется по прямой в упрежденную точку, расположенную на криволинейной траектории движения объекта поиска (где предположительно должна произойти его встреча с поисковой системой).

При простых движениях близкая постановка рассматривалась в [1].

Литература

1. Железнов, В.С. Об одной задаче перехвата / В.С. Железнов, Б.С. Кряковский, Е.П. Маслов // Автоматика и телемеханика. - 1996. - № 8. - С. 14-21.

Рыженко А.А., Долгополов С.С.

**ОРГАНИЗАЦИЯ ЕДИНОГО ИНФОРМАЦИОННОГО ПРОСТРАНСТВА
ГОСУДАРСТВЕННОЙ МЕТАКОРПОРАЦИИ**

Москва, ФГБОУ ВО Академия Государственной противопожарной службы МЧС России

Аннотация. Представлена формальная составляющая модели формирования единого информационного пространства крупных организаций государственного уровня (на примере системы управления МЧС России) в соответствии с требованиями объектного взаимодействия разного уровня в рамках концепции организации АПК «Безопасный город».

Комплексный анализ текущего состояния множества разработок моделей и подходов организации единой корпоративной информационной среды разного уровня и профиля выявил ряд недостатков и ограничений. Большая часть упирается в современное состояние аппаратной составляющей, что является заведомо неверным, поскольку существенное разделение в развитии, а также степень не проработанности сопровождающих алгоритмов выявляют более значимые проблемы. Данный факт подтверждается независимыми экспертизами, где в явной форме отображено, что коэффициенты степени оптимизации работоспособности существующих систем с каждым годом несут все более регрессионный вид, при этом не снижая усредненные показатели работоспособности. Данный фактор обосновывается тем, что существующие механизмы рационализации использования программно-аппаратных ресурсов при организации сложных логических сетей выходят на второй план, что существенно сказывается при переходе на основной этап жизненного цикла действующей системы корпоративного уровня [1].

Основной проблемной составляющей выступает организация логических построений переходов состояний системы в целом и компонентов автономно. Типовым решением данной проблемы выступает внесение в систему решателя, позволяющего на основе правил строить логические цепочки. Тем не менее, предлагаемый инструмент в виде базы знаний не всегда может принимать своевременные решения при синхронизации множества ресурсов. Данный фактор существенно усложняется для организаций метакорпоративного уровня, где каждая подсистема автономна в принятии решений, но является частью общей системы.

Ранее предложено разделение используемой базы знаний на базу правил фасетной формы и объектовые базы ассоциаций, являющимися посредниками между непосредственно клиентами и логическими конструкциями [2]. В качестве теоретического обоснования класса задач и формализации процесса перехода состояний системы в работе предлагается подход, основанный на теории мультимножеств с использованием правил множеств абстрактных

объектов замкнутой группы как содержимого ячеек фасета логического правила в алгебраической форме [3]. Предполагается, что данная технология позволит обосновывать переходы асинхронной системы для обеспечения целостности информационного пространства корпоративной сети.

Рассматривая существующие модели формализации элементов и атрибутов можно определить, что использование формы представления кортежей концептуального моделирования позволяет систематизировать разрозненные ресурсы продукционных правил в виде единого кортежа данных, например [4]:

$$i = \langle S; L; A \rightarrow B; Q \rangle,$$

где

S – описание класса ситуаций; L – условие, при котором продукция активизируется; $A \rightarrow B$ – ядро продукции; Q – постусловие продукционного правила.

Используется стратегия, направленная на описание организации совместных действий между объектами и процессами системы как агентов MAS. Формализуя основные элементы перехода состояний, можно предположить следующее высказывание: *использование аксиоматики изотонного отображения в условиях строгой иерархии позволяет учитывать возможность выбора с учетом покрытия на множестве возможных значений*, т.е.:

$$\begin{cases} f: X \rightarrow Y \mid xRy, \\ x \leq y, f(x) \leq f(y), \\ X_\alpha, \alpha \in \Omega, \\ \exists f: \Omega \rightarrow \cup X_\alpha, \\ x_\alpha = f(\alpha), \cap x_\alpha = \emptyset, X = \cup x_\alpha; \end{cases}$$

где x, y – множество координируемых управляемых процессов P_u .

При этом необходимо учесть, что элементы исследуемой информационной среды полностью автономны (исходное условие), а принципы иерархии автономности заложены только в HOLON-системах, не являющихся агентом [5].

Рассматривая данное условие можно определить: *учет автономности возможен только при использовании отношения отображения с возможностью разбиения автономных объектов управления $x \in X$ на множестве линейно-упорядоченного фактора множества (цум) $y \in Y$ в условиях не predetermined мажоранты и миноранты*, т.е. [6]:

$$f: X \rightarrow Y = \begin{cases} xRy, \\ \forall x \in X, X = \prod X_i, \\ \exists! y \in Y, Y/\sim = \{\bar{y} | y \in Y\}, \\ [R \cup R' = Y \times Y, \\ \exists r_{max} \geq r, \forall r \in R, \\ \exists r_{min} \leq r, \forall r \in R. \end{cases}$$

Внесение основного критерия (обеспечивающего замкнутость группы) можно определить: *формирование целостности системы возможно только при учете фактора взаимодействия адаптивности α при анализе элементов строгой иерархии множеств с учетом возможности автономности*, т.е. [7]:

$$\begin{cases} f: X^\alpha \rightarrow Y^\alpha | x_i^{\alpha_i} R y_i^{\alpha_i}, \\ x_i^{\alpha_i} \leq y_i^{\alpha_i}, f(x_i^{\alpha_i}) \leq f(y_i^{\alpha_i}), \\ x_i^{\alpha_i}, y_i^{\alpha_i} \in [0; 1], \\ \forall x_i^{\alpha_i} \in X^\alpha, X = \prod X_i, \\ \exists! y_i^{\alpha_i} \in Y^\alpha, Y/\sim = \{\bar{y} | y_i^{\alpha_i} \in Y\}. \end{cases}$$

Предполагается: *существует некоторое множество (информационное пространство), являющееся подмножеством универсума, где переход между состояниями объектов осуществляется по функции отображения в рамках ограничения показателя целого (границы мажоранты и миноранты). Причем, для каждого абстрактного объекта (информационного ресурса), существует управляющее воздействие x, y (управляемый процесс), осуществляющее переход состояний*. Отличие от существующих моделей: комплексный учет добавочных ограничений адаптивности и автономности на множестве управляемых процессов.

Приведенное высказывание можно использовать как посредника между существующими и действующими адаптивными системами (которыми можно пожертвовать в любой момент времени без вмешательства в основной жизненный цикл) и своеобразным «столпом» в системе управления, неизменяемым неадаптивным яром информационной среды (*noCAS*), позволяющим вносить эффект асинхронности.

Использование формализованных форм представления данных в виде мультимножеств накладывает ряд ограничений на используемую символику. Следовательно, в данном случае, многоаспектная классификация фасета однокритериальных функций позволяет использовать параллельно только несколько независимых признаков в качестве основания классификации, что означает ограничение на использование символов, т.е. [8]:

$$\left\{ \begin{array}{l} f: [X^\alpha] \rightarrow [Y^\alpha] \mid [x_i^{\alpha_i}]R[y_i^{\alpha_i}], \\ \{x, y, \alpha, i \mid [, , , , \rightarrow\}. \end{array} \right.$$

В результате: аналитический блок базы знаний (БЗ) предлагается разделить на две составляющие – база ассоциаций (БА) и база правил (БП). Классические ассоциативные связи в виде безальтернативных продукционных правил будут использоваться для наполнения БА. Левая часть правила остается без изменений в классической форме условия ($S:Q[S]; L_{[Q]}$ или $[x_i^{\alpha_i}]R[y_i^{\alpha_i}]$; $\exists f: \Omega \rightarrow \cup X_\alpha$), правая – представлена только ссылкой на ячейку фасета БП ($A[Q] \rightarrow B$ или $X \rightarrow (P^H(O; D))$).

Базы ассоциаций единой системы располагаются в каждом хранилище и могут взаимодействовать как между собой, так и с решателем, что не является обязательным требованием. Технология позволит разгрузить центральный модуль за счет распределения начальных аналитических действий по источникам информации. Условности построения правил БА с использованием иерархии контрольных точек предлагается выполнять на основе существующих сетевых моделей. Второй обязательный элемент – БП, сформирован на основе технологии свободного фасета. Левая часть правил БП формируется на основе описания исходных данных и ограничений, правая часть представляет собой описание результирующей целевой функции.

Литература

1. 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.
2. Рыженко, А.А. Фасетный метод анализа статистических данных по пожарам на территории РФ / А.А. Рыженко // Материалы 3-й международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов «Проблемы техносферной безопасности-2014». – М.: Академия ГПС МЧС России, 2014. – С. 297-299.
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. Продукционная модель представления знаний. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/> (19.02.2017)
5. Ryzhenko, A.A. Algebraic approach of the operated processes modeling of difficult systems / A.A Ryzhenko // American Journal of Control Systems and

- Information Technology, 2014. – Т. 4, No. 2. – Pp. 17-21. – Режим доступа: <http://www.sbook.us/ajcsit/>
6. А.Н. Колмогоров. – Режим доступа: <http://www.kolmogorov.info/books.html> (дата обращения 13.02.2016)
 7. Не совсем наивная теория множеств. – Режим доступа: <http://patryshev.com/books/set-int.pdf>
 8. Ранганатан, Ш.Р. Классификация двоеточием. Основная классификация. Пер. с англ. / Под. ред. Т.С. Гомолицкой. - М.: ГПНТБ СССР, 1970 – 421 с.

Рыженко Н.Ю., Аманкешулы Д., Шапошник Д.С.
ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ КОМПЛЕКСНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ ВЕДОМСТВЕННЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ

Москва, ФГБОУ ВО Академия Государственной противопожарной службы МЧС России

Аннотация. Представлена концепция описания элементов-участников образовательной среды ведомственных учреждений МЧС России в виде управляемых процессов для организации целостности системы единой информационной среды. В основу заложены обратные целевые деревья, позволяющие эффективно использовать метод проектов в деятельности.

Особенностью предлагаемой концепции является идея формирования этапов процесса обучения, начиная от завершающей стадии, т.е. от достижения итоговой цели построения выпускного квалификационного проекта. Данная технология в основном используется при краткосрочном прогнозировании с использованием обратных целевых деревьев. В качестве основного критерия предполагается, что обучаемый, начиная с первого этапа, представляет, *что в результате каждого последующего шага может получить и для чего это нужно в итоговой работе.* Для каждого профильного направления строится целевое дерево, где отображена последовательность получения знаний.

При формировании предметов используется сквозной метод проектов, как инструмент доведения до конечного решения поставленной проблемы (рис. 1) [1, 2]. В качестве итогового проекта используется либо курсовая работа, либо комплексное задание, решение которой охватывает перечень тематических направлений, либо другая форма практического внедрения полученных знаний. При этом определенное количество практических (лабораторных) заданий дисциплины выделяются как промежуточные, доводящие до задач целевого проекта.

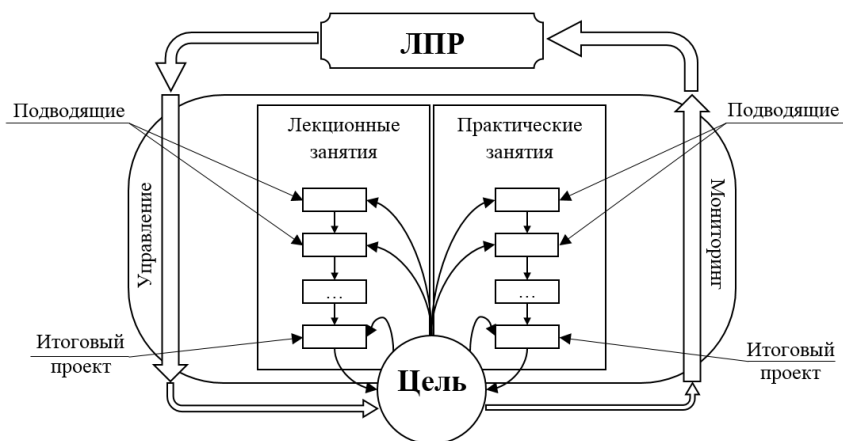


Рис. 1. Структура управления целостностью дисциплины

Для внедрения предложенного подхода нет необходимости внесения изменений. Возможно несколько сценариев:

- *внесение изменений только в практическую часть*; сценарий в основном относится к специальным дисциплинам. При разработке сопроводительных документов цель предмета преобразуется в цель итогового проекта, остальные задания подводящие;
- *внесение изменений в содержание курса*; сценарий можно использовать как для специальных, так и для основных дисциплин. Особенностью является использование описательной (подготовительной) части фрагментов итогового занятия, как в практической, так и в теоретической части, а итоговый проект в виде комплексной задачи предполагается с публичной защитой.

Для выполнения целевого предназначения, представленную задачу необходимо расширить до уровня одной выделенной специальности. Возможен следующий сценарий: начальник факультета (кафедры) назначает итоговую цель подготовки каждого потока специалистов по определенному профилю на определенный срок (например, поток целевого обучения), строит иерархическое дерево предметов, разделяет итоговые проекты для каждого предмета. Процесс формирования целостности и системности обучения основан на использовании сквозной метод проектов [2]. Особенностью метода является некоторая унифицированность построения дерева предметов, позволяющая использовать результат для аналогичных направлений и специальностей. В качестве дополнительного критерия вводится предположение: *несмотря на целостность процесса обучения, каждый*

предмет может быть частично автономен. Более того, несколько предметов могут составлять автономный цикл предметов (рис. 2). Удобство механизма в том, что при переводе обучаемых с одной специальности или программы на другую предусмотрен учет освоенных компетенций.

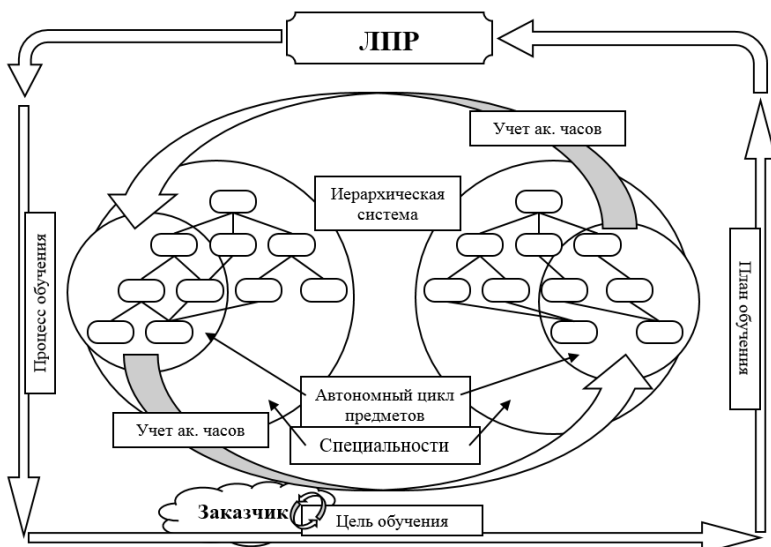


Рис. 2. Структура управление целостностью процесса обучения

При моделировании целостной информационной системы образовательной среды существует проблема описания процессов обучения как отдельных независимых от объектов элементов. Обзор существующих методов выявил, что без введения дополнительных правил и условий описать такие процессы, как, например, повторная сдача сессии, растянутая на несколько семестров, закрепление материала неучтенными ранее занятиями, перенос занятий с учетом замены преподавателя или оперативное внесение дополнительных часов в связи с нехваткой для освоения выбранной компетенции существующими структурами практически невозможно. Методологии построения сложных систем подразумевают привязку элементов к типовому механизму «черного ящика». При этом подразумевается иерархическая система элементов с возможностью альтернативных комбинаций, что не всегда удобно в системах такого типа. В предлагаемой концепции подразумевается использование фасетной системы организации объектов или системы представленной в виде таблиц, в ячейках которых заложены управляемые процессы [3]. Особенностью фасетной системы является

невосприимчивость к быстрым модификациям в структуре, что положительно сказывается при постоянно-периодическом внесении изменений в существующую структуру процессов.

Подводя итоги по текущим решенным задачам можно сформулировать следующие выводы – в результате внедрения предлагаемой концепции [4]:

- каждый обучаемый заранее знает итог обучения по выбранной специальности, может уверенно сформулировать цель обучения, а также значимость и актуальность решаемых в процессе обучения по выбранным дисциплинам задач;

- обучаемые знают, что дает каждый изучаемый предмет, какие задачи необходимо выполнить для эволюционного перехода к следующему этапу обучения;

- может быть прогнозирована и определена проблематика и цель занятий каждого предмета, позволяющая дать адекватную оценку значимости обучаемым;

- определена иерархия предметов, а также последовательность подачи материала с учетом возможных межпредметных переходов;

- произвольная (вариативная) часть произвольного предмета разрабатываются, начиная с итога (цели), определенного проектом, что позволяет определить возможные рамки и ограничения;

- цель произвольного предмета специальности определяет только управляющее лицо, при этом нет необходимости учитывать составные элементы проводимых занятий, концепции и проблематики;

- предмет определяется как управляемый процесс фасетной системы, что позволяет при возможных модификациях не изменять основной структуры и взаимодействующего функционала образовательного процесса.

Литература

1. Рыженко, А.А. Структура распределенной системы информационной поддержки образования / А.А. Рыженко, Р.Р. Сепеда-Эрреро / Прикладные проблемы управления макросистемами / Под ред. Ю.С. Попкова, В.А. Путилова. - Т. 39. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009. – С. 397-402.
2. Рыженко, А.А. Метод дифференцируемого сквозного проекта в системе обучения и подготовки кадров Академии ГПС МЧС России / А.А. Рыженко, Н.Ю. Рыженко, Р.Ш. Хабибулин, Н.А. Матвеев / Новые информационные технологии в образовании: материалы VII междунар. науч.-практ. конф., Екатеринбург, 11-14 марта 2014 г. / ФГАОУ ВПО «Рос. гос. проф.-пед. ун-т». Екатеринбург, 2014. – С. 268-270.
3. Рыженко, А.А. Фасетный метод анализа статистических данных по пожарам на территории РФ/ А.А. Рыженко // Материалы 3-й

- международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов «Проблемы техносферной безопасности-2014». – М.: Академия ГПС МЧС России, 2014. – С. 297-299.
4. 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.

Смирнов А.В., Кашевник А.М.
ФОРМИРОВАНИЕ КОАЛИЦИЙ МОБИЛЬНЫХ РОБОТОВ ДЛЯ СОВМЕСТНОГО
ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАЧ
Санкт-Петербург, СПИИРАН

Аннотация. В последние годы групповая робототехника становится популярным направлением исследований как в России, так и за рубежом. При необходимости выполнения сложной задачи роботам необходимо сформировать коалицию, так как не всегда возможно выполнение задачи одним роботом или же выполнение задачи одним роботом потребует большого количества времени.

Исследования в области совместного решения задач несколькими роботами при невозможности их решения в одиночку становятся в последнее время все более и более актуальны. При необходимости выполнения сложной задачи роботам необходимо сформировать коалицию. Централизованное формирование коалиций имеет ряд недостатков: роботы должны регистрироваться в системе заранее, возможны разнообразные проблемы при потере соединения с центром формирования коалиций и др. В данной статье предлагается контекстно-ориентированный подход к формированию коалиций мобильных роботов путем их взаимодействия в информационном пространстве.

Для взаимодействия роботов между собой, а также с вычислительными сервисами было предложено использовать концепцию киберфизических систем. Такая система представляет собой множество ресурсов, взаимодействующих между собой в информационном пространстве и управляющих устройствами в физическом пространстве в режиме реального времени (рис. 1). При этом они базируются на инфраструктурах, обеспечивающих связь, вычисления, управление и объединяющих сенсоры, вычислительные устройства, сервисы и средства коммуникаций [1]. В данной работе к физическим устройствам относятся мобильные роботы, управляемые

соответствующими программными компонентами, однако, в общем виде это любое управляемое устройство, совершающее некоторое воздействие или измеряющее параметры в физическом пространстве.

Для учета текущей ситуации и существенного сужения пространства поиска нужной информации предлагается использовать технологию управления контекстом. Под контекстом в работе понимается информация, которая может быть использована для описания ситуации, в которой находится мобильный робот.

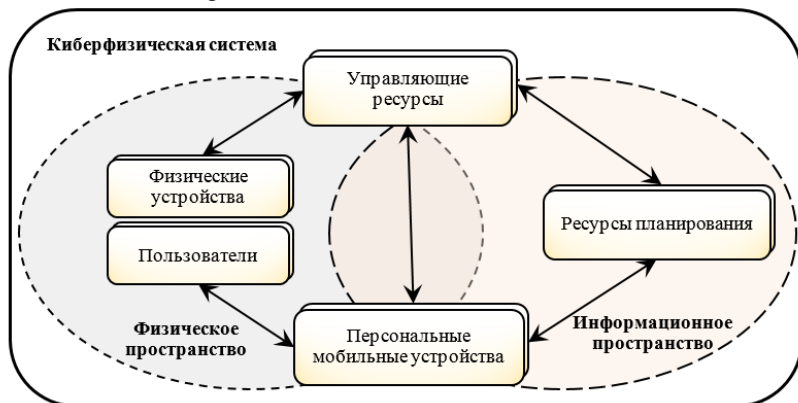


Рис. 1. Взаимодействие ресурсов в киберфизической системе

В работе предлагается использовать понятия абстрактного и оперативного контекста. Абстрактный контекст представляет собой онтологическую модель задачи, для решения которой создается коалиция мобильных роботов. Оперативный контекст является конкретизацией абстрактного контекста для реальных условий значениями переменных, получаемых от информационных ресурсов. В результате коалиция мобильных роботов формируется в три этапа. На первом этапе осуществляется построение абстрактного контекста, которое заключается в выборе релевантных текущей задаче знаний из онтологии каждого мобильного робота. На втором этапе выполняется конкретизация этих знаний с использованием информации, доступной в информационном пространстве и формируется оперативный контекст, который публикуется в информационном пространстве и становится доступным другим мобильным роботам. На третьем этапе по пересечениям оперативных контекстов в информационном пространстве формируются коалиции мобильных роботов.

Концептуальная модель взаимодействия мобильных роботов при формировании коалиций (рис. 2) реализуется в рамках парадигмы киберфизических систем. При этом для координации действий мобильных

роботов необходимо их информационное взаимодействие, которое осуществляется в информационном пространстве. Информационное пространство организовано на основе архитектуры классной доски, позволяющей контроллерам роботов осуществлять не прямое взаимодействие между собой. Формирование коалиции происходит вначале в информационном пространстве (создается виртуальная коалиция) на основе этапов приведенных выше, а затем мобильные роботы взаимодействуют в физическом пространстве (создается физическая коалиция). Взаимодействие мобильных роботов и вычислительных сервисов в информационном пространстве осуществляется на основе онтолого-ориентированного механизма публикации / подписки, позволяющего мобильным роботам публиковать свое состояние в информационном пространстве и подписываться на обновления состояний других роботов и сервисов с использованием онтологии.

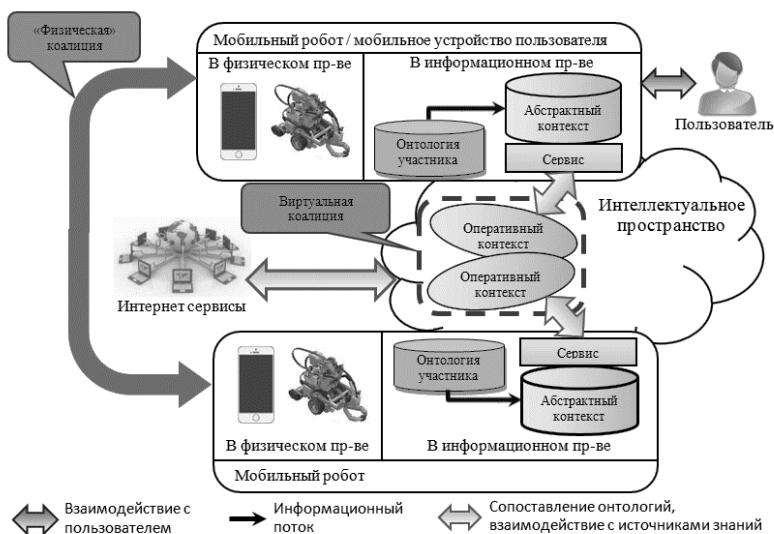


Рис. 2. Контекстно-ориентированный подход к формированию коалиций мобильных роботов

При регистрации в системе каждый робот загружает свою онтологию в общедоступное информационное хранилище. Онтология робота формализует его основные возможности и потребности. Вычислительные сервисы производят ресурсоемкие вычисления и преобразуют информацию в информационном хранилище при необходимости. Каждый такой сервис также

описывается соответствующей онтологией. Мобильное устройство пользователя является источником информации о задаче в информационном пространстве. Приложение на устройстве пользователя публикует в информационном хранилище информацию о задаче, которую должны выполнить мобильные роботы, а также предпочтения пользователя, которые учитываются роботами для персонификации при выполнении поставленной задачи. Таким образом, можно говорить о «понимании» при взаимодействии мобильных роботов через общедоступное информационное хранилище посредством механизма публикации / подписки и сопоставления онтологий [2].

Для апробации предложенного подхода был выбран сценарий формирования слова из букв, представляющих собой трехмерные объекты, мобильными роботами, сконструированных на основе набора Lego Mindstorms EV3 Educational Kit. При формировании физических коалиций мобильных роботов для совместного решения задачи были реализованы следующие операции: каждый мобильный робот регистрируется в системе и сообщает, что готов участвовать в сценарии (для этого формируется его онтология, которая публикуется в информационном пространстве); создание коалиций (постановка формализованной задачи в информационном пространстве, взаимодействие мобильных роботов); выполнение задачи (координация, синхронизация, мониторинг и управление). Основной целью сценария является формирование слова из букв мобильными роботами путем захвата буквы и перемещения ее на необходимую позицию, соответствующую заданному пользователем слову. Пользователь с использованием мобильного устройства задает слово (последовательность букв), а также соответствие буквы и цвета (мобильный робот распознает букву по ее цвету) и публикует эту информацию в информационном пространстве. Роботы перемещаются в физическом пространстве, осуществляют поиск букв, определяют их цвет и перемещают буквы в необходимую позицию в зависимости от позиции этой буквы в слове. Информация о цвете найденной им буквы публикуется в информационном пространстве. Специальный вычислительный сервис получает информацию о цвете найденной роботом буквы, порядке букв в слове и соответствии распознаваемых роботами цветов буквам. На основе этой информации сервис производит расчёт положения, в которое роботу необходимо переместить букву.

Благодарности

Представленные результаты исследований являются частью проектов № 16-29-04349, 16-07-00462 и 17-07-00247, финансируемых Российским фондом фундаментальных исследований и программой РАН I.31.

Литература

1. Многоуровневая самоорганизация ресурсов киберфизической системы: контекстно-ориентированный подход и реализация / А.В. Смирнов, А.М. Кашевник, С.А. Михайлов, М.Д. Миронов // Искусственный интеллект и принятие решений. – 2015. - Вып. 4. - С. 95–103.
2. Smirnov, A., Kashevnik, A., Shilov, N., Balandin, S., Oliver, I., Boldyrev, S. On-the-Fly Ontology Matching for Smart M3-based Smart Spaces //Proc. First Intern. Conf. on Mobile Ubiquitous Computing, Systems, Services and Technologies (UBICOMM 2010). Florence, Italy, 25-30 Oct., 2010. - Pp. 225 – 230.

Содержание

Артемьева И.Л., Фридман А.Я. Метаонтология предметной области для автоматизации задачи ситуационного моделирования динамических иерархических систем	3
Белош В.В., Панин О.А. Дистанционная система контроля уровня топлива в резервуарах АЗС	7
Белош В.В., Просвиркин И.А., Гульков П.С. Автоматизированная система для исследования диаграммы направленности измерительной антенны	10
Белош В.В., Просвиркин И.А., Леушин В.В. Автоматизированная система стабилизации бортовой антенны облетного измерительного комплекса	12
Бритков В. Б., Зайцев Р.Д., Перелет Р.А., Ройзензон Г.В. Разработка индикаторов устойчивого развития	15
Быстров В.В., Малыгина С.Н., Халиуллина Д.Н. Системная динамика в задачах прогнозирования кадровой потребности региона	19
Гайнатуллин З.З., Ефимова Ю.В., Белош В.В. Безпрограммный робот с мостом усиления для электродвигателей и программируемый робот	25
Гридин В.Н., Голубин А.Ю. Оптимальная стратегия перестрахования в процессе риска с периодическим перестрахованием	29
Звягинцева А.В., Аверин Г.В. Феноменологический анализ состояния и развития городов России	31
Зуенко А.А., Яковлев С.Ю., Шемякин А.С. Постановка и возможные методы решения задачи рационального использования сил и средств при авариях на опасных территориальных производственных объектах	36
Зуенко А.А. Применение методов удовлетворения ограничений в задачах качественного моделирования динамических систем	40
Кононов А.А., Поликарпов А.К., Черныш К.В. Формальная схема динамики критериальных моделей и оценки рисков некорректности критериальной базы управления безопасностью больших региональных систем	43
Шилова О.Ю., Мельников А.В. Использование имитационного многоагентного моделирования в задаче оптимизации затрат и прогнозирования эффективности маркетинговых решений для приемной компании вуза	48

Морозов И.Н.	
Имитационное моделирование системы автоматического управления производительностью конусной дробилки крупного дробления ККД 1500/180.....	51
Павлов А.А., Датьев И.О.	
Разработка модулей программного комплекса моделирования многошаговых беспроводных сетей	55
Ростоппин Ю.А.	
Системный подход и верификация моделей системной динамики	59
Рубинович Е.Я.	
Уклонение с использованием ложной цели при угломерной априорной информации	65
Рыженко А.А., Долгополов С.С.	
Организация единого информационного пространства государственной метакорпорации.....	66
Рыженко Н.Ю., Аманкешулы Д., Шапошник Д.С.	
Особенности организации комплексной информационной системы образовательной среды ведомственных учреждений	70
Смирнов А.В., Кашевник А.М.	
Формирование коалиций мобильных роботов для совместного выполнения задач	74