

Министерство образования и науки Российской Федерации
ФГБОУ ВПО «Челябинский государственный университет»
ФГБУН «Институт системного анализа Российской академии наук»
ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный авиационный технический университет»

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И СИСТЕМЫ

Труды Третьей международной научной конференции

Банное, Россия, 26 февраля — 2 марта 2014 года

Научное электронное издание

Челябинск
Издательство Челябинского государственного университета
2014

ОРГАНИЗАТОРЫ КОНФЕРЕНЦИИ:

Челябинский государственный университет
Институт системного анализа РАН
Уфимский государственный авиационный технический университет

Подготовлено по решению редакционно-издательского совета
Челябинского государственного университета

Информационные технологии и системы [Электронный ресурс] : тр. Третьей междунар. науч. конф., Банное, Россия, 26 февр.— 2 марта 2014 г. (ИТиС – 2014) : науч. электрон. изд. (1 файл 10,6 Мб) / отв. ред. Ю. С. Попков, А. В. Мельников. Челябинск : Изд-во Челяб. гос. ун-та, 2014. 1 опт. диск. Систем. требования : PC не ниже класса Pentium I; 32 Mb RAM; свободное место на HDD 30,2 Mb; Windows не ниже 95/98; Adobe Acrobat Reader (19,6 Мб); дисковод DVD-ROM; мышь.

ISBN 978-5-7271-1221-2

Тематика конференции ориентирована на ученых и специалистов, чья профессиональная и научная деятельность связана с информационными технологиями, искусственным интеллектом и интеллектуальными системами, информационной безопасностью и облачными вычислениями, системным анализом и моделированием бизнес-процессов. В статьях описаны модели, методы, технологии и программное обеспечение, используемое в перечисленных выше научных направлениях, уделено внимание вопросам математического моделирования и разработке интеллектуальных и мультиагентных информационных систем.

Статьи публикуются в авторской редакции.

ББК 381я431+397я431

ISBN 978-5-7271-1221-2

© ФГБОУ ВПО «Челябинский государственный университет», 2014

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ПРОГРАММНЫЙ КОМИТЕТ:

Председатель: Ю. С. Попков, член-корреспондент РАН, Институт системного анализа РАН, Россия

Заместитель председателя: А. В. Мельников, проректор Челябинского государственного университета, Россия

Члены комитета:

В. Л. Арлазаров, член корреспондент РАН, Институт системного анализа РАН, Россия

V. Wenzel, University of Applied Sciences — Университет прикладных наук, Австрия

V. Blessing, University of Applied Sciences — Университет прикладных наук, Австрия

В. И. Васильев, Уфимский государственный авиационный технический университет, Россия

В. Э. Вольфенгаген, Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», Россия

А. В. Вохминцев, Челябинский государственный университет, Россия

О. Н. Дементьев, Челябинский государственный университет, Россия

В. И. Кобер, Национальный университет Мексики, Мексика

Г. Г. Куликов, Уфимский государственный авиационный технический университет, Россия

С. В. Матвеев, член-корреспондент РАН, Челябинский государственный университет, Россия

В. В. Мартынов, Уфимский государственный авиационный технический университет, Россия

Л. В. Массель, Институт систем энергетики РАН, Россия

Г. С. Осипов, Институт системного анализа РАН, Россия

А. В. Панюков, Национальный исследовательский Южно-Уральский государственный университет, Россия

А. Б. Петровский, Институт системного анализа РАН, Россия

А. А. Петунин, Уральский федеральный университет, Россия

С. А. Петунин, Всероссийский научно-исследовательский институт автоматики им. Н. Л. Духова, Россия

С. В. Смирнов, Институт проблем управления сложными системами РАН, Россия

А. А. Соловьев, Челябинский государственный университет, Россия

С. В. Тархов, Уфимский государственный авиационный технический университет, Россия

В. И. Ухоботов, Челябинский государственный университет, Россия

Л. Р. Черняховская, Уфимский государственный авиационный технический университет, Россия

Н. И. Юсупова, Уфимский государственный авиационный технический университет, Россия

ОРГКОМИТЕТ:

Председатель:

А. В. Вохминцев (ЧелГУ), тел.: +7 (351) 799-72-88, e-mail: vav@csu.ru

Сопредседатель:

Г. Р. Шахмаметова (УГАТУ), e-mail: shakhgouzel@mail.ru

Члены оргкомитета:

Н. А. Юрина (ЧелГУ), тел.: 7 (351) 799-72-88, e-mail: una@csu.ru

М. Ю. Косенко (ЧелГУ), тел.: +7 (351) 799-72-88, e-mail: kosenko@csu.ru

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Попков Ю. С.</i> Инструментарий рандомизированного прогнозирования (энтропийно-робастное оценивание).....	7
<i>Осинов Г. С.</i> Когнитивное метамоделирование: картины мира и функции сознания	21

СЕКЦИЯ 1. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ И АЛГОРИТМЫ

<i>Альтерголт К. В., Исакова Е. С., Латипова А. Т.</i> Модель ожидаемой заработной платы трудоустроенного студента.....	28
<i>Гвоздев В. Е., Абдрафиков М. А., Ахуньянова К. Б.</i> Оценивание характеристик надежности по критерию неопределенности на основе FMEA методологии	30
<i>Дементьев О. Н.</i> Устойчивость горизонтального слоя жидкости с тяжелой примесью	32
<i>Каширин А. А., Талтыкина М. Ю.</i> Использование мозаично-скелетонного метода при численном решении трехмерных задач Дирихле для уравнения Гельмгольца.....	35
<i>Матвеев С. В.</i> Задание трехмерных объектов в памяти компьютера.....	38
<i>Панюков А. В.</i> Оптимальное размещение дерева в конечном множестве и полиномиальная разрешимость задач класса NP	40
<i>Панюкова Т. А.</i> О построении маршрута движения режущего инструмента при условии вырезания только соседних деталей.....	41
<i>Савицкий Е. А.</i> Использование алгоритма поиска в ширину для определения уровней вложенности ребер плоского графа	43
<i>Симонов В. Н., Красильникова О. К., Власов Д. А.</i> Математическое моделирование колебаний упругой пластины с тонкой вязко-упругой пленкой на поверхности.....	46
<i>Таваева А. Ф., Петунин А. А.</i> К вопросу о разработке алгоритмов маршрутизации инструмента лазерных машин листовой резки с числовым программным управлением при использовании «цепной» техники резки	48
<i>Ячиков И. М., Костылева Е. М.</i> Математическая модель и алгоритмы расчета положения трех электрических дуг, горящих между параллельными электродами и токоподводящей поверхностью	52
<i>Ячиков И. М., Портнова И. В.</i> Математическая модель тепломассопереноса в ванне дуговой печи постоянного тока при электровихревом перемешивании расплава	55

СЕКЦИЯ 2. ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ

<i>Бленда Н. А.</i> Количественная оценка семантического расстояния между научными публикациями	58
<i>Боргест Н. М.</i> Введение в онтологию проектирования	61
<i>Vokhmintsev A., Melnikov A.</i> Application of factual analysis of full text documents in the field of business intelligence	64
<i>Горбатова Е. А., Зарецкий М. В.</i> Онтологический подход к разработке гибридных экспертных систем в гидрометаллургии	70
<i>Куликов Г. Г., Антонов В. В., Антонов Д. В.</i> Анализ возможности извлечения аналитических знаний из формальной модели информационной системы предметной области нейросетевыми методами.....	72
<i>Маковецкий А. Ю., Кобер В. И.</i> Частотный анализ метода градиентного спуска в задачах восстановления изображений и линейная вариация.....	76

<i>Нгуен Ч. Т., Двоенко С. Д.</i> Устранение зависимости от диктора и от влияния помех при распознавании речевых команд	79
<i>Нургатин А. Р.</i> Поиск устойчивых признаков изображений. Алгоритм speed up robust feature	81
<i>Ризванов Д. А.</i> Управление ресурсами в сложных системах на основе многоагентного подхода	84
<i>Савченко О. В., Куреннов Д. В.</i> Интеллектуальная система управления роботом: синтез инструментов программирования — конечных автоматов и нейронных сетей.....	87
<i>Смирнов С. В.</i> Многозначная и нечеткая логики в онтологическом анализе данных	90
<i>Сулейманов Д. Ш., Невзорова О. А., Аюпов М. М.</i> Модель генерации учебных вопросов на основе онтологического представления предметной области	92
<i>Черняховская Л. Р., Федорова Н. И., Владимирова И. П.</i> Управление взаимодействующими процессами на основе интегрированной модели представления знаний	95

СЕКЦИЯ 3. СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ, ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ И РАСПРЕДЕЛЕННЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ

<i>Вербов Д. В.</i> Управление множественными базами данными едиными средствами	97
<i>Гвоздев В. Е., Бежаева О. Я.</i> Методологические основы проектирования требований к программным системам.....	100
<i>Козырев Д. Б., Абакумов Е. М.</i> Вопросы создания электронной конструкторской документации при комплексном использовании система автоматизированного проектирования Creo Parametric и PDM-системы Windchill.....	103
<i>Мельцов В. Ю., Чистяков Г. А.</i> Формальная верификация алгоритмов с помощью техники проверки моделей и математического аппарата логического вывода	106
<i>Мясников Н. С.</i> Обзор технологии Big Data	109
<i>Наумова Т. В., Сметанина О. Н., Гаянова М. М.</i> Информационная поддержка решений при управлении уровнем физического развития студента	111
<i>Петунин С. А.</i> История и тенденции развития суперкомпьютерного системного программного обеспечения	114
<i>Шахмаматова Г. Р.</i> Принципы интеграции интеллектуальных технологий для решения задач поддержки принятия решений при управлении сложными объектами на основе антикризисного подхода....	119
<i>Юсупова Н. И., Еникеева К. Р.</i> Концепция поддержки принятия решений при стратегическом планировании и управлении силами и средствами противодействия чрезвычайным ситуациям	122

СЕКЦИЯ 4. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЭКОНОМИКЕ, ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ОБРАЗОВАНИИ

<i>Батталов Т. И., Насибуллин А. Р.</i> Системы оценивания деятельности в образовании и экономике	125
<i>Blessing B.</i> Logistics education.....	128
<i>Боргест Н. М., Коровин М. Д., Кукуев Ф. Ю.</i> Интерактивный монитор работа-проектанта	131
<i>Гузаиров М. Б., Агадуллина А. И.</i> Информационное и методическое обеспечение системы поддержки принятия решений при управлении экологической безопасностью промышленного предприятия	134
<i>Захарова И. В., Жиделева Е. А.</i> Автоматизированное составление расписания в вузе	137
<i>Куреннов Д. В., Склярова Н. С.</i> О некоторых вопросах преподавания дисциплин «информатика», «информационные технологии» для студентов технических факультетов	139
<i>Лакман И. А., Максименко З. В.</i> Исследование влияния миграции на социально-экономическую ситуацию в регионах Российской Федерации.....	142

<i>Латинова А. Т., Краснова Н. А., Пешкова В. А.</i> Моделирование динамики макроэкономических показателей Российской Федерации.....	145
<i>Латинова А. Т., Пирогов Д. А.</i> Прогнозирование числа абитуриентов на основе данных портала www.abit.susu.ac.ru	148
<i>Массель Л. В.</i> Методы и технологии интеллектуальной поддержки принятия решений в энергетике	150
<i>Мельников В. А., Курамышин Д. В.</i> Применение теории аукционов в разработке алгоритмов торговых роботов.....	154
<i>Нагимова И. А., Нагимов А. Р.</i> Проблемы процесса автоматизации бюджетного планирования на предприятиях малого и среднего бизнеса	156
<i>Надточий И. Л.</i> Интеллектуальная инструментальная среда дисциплины или курса при организации дистанционного обучения.....	159
<i>Никитина А. Г., Шангареев Р. З.</i> Оценка развития сектора информационных и коммуникационных технологий в России	162
<i>Нурмухаметов И. А.</i> Облачные технологии в образовательном процессе.....	165
<i>Панюкова А. А., Панюкова Т. А., Дударева В. И.</i> Информатика на каникулах: техническое, программное и методическое обеспечение занятий по компьютерной графике в летней школе	167
<i>Рассадинова Е. Ю.</i> О планировании и управлении транспортным процессом при перевозке готовой продукции нефтехимического предприятия.....	171
<i>Розанова Л. Ф., Максименко З. В., Чендулаева К. Б.</i> Механизм учета случайных факторов при объемном планировании в производственных системах	174
<i>Фокина М. С.</i> Математическое моделирование оптимального управления деятельностью горнодобывающего предприятия на примере ОАО «УГОК».....	176
<i>Юсупова Н. И., Богданова Д. Р., Ахметова Ю. Ф.</i> Оценка уровня знаний студентов дистанционного обучения на основе согласованного мнения экспертов	179
ABSTRACTS	183
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ	190

ИНСТРУМЕНТАРИЙ РАНДОМИЗИРОВАННОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ (ЭНТРОПИЙНО-РОБАСТНОЕ ОЦЕНИВАНИЕ)

1. Введение

Математическое моделирование как некая концепция утверждает возможность отображать наши знания об объектах реального мира в определенных математических конструкциях, с помощью которых либо аналитически, либо численно изучать свойства этих объектов. С появлением и фантастически быстрым развитием вычислительной техники и информационных технологий роль математического моделирования в общем познавательном процессе неуклонно растет. Иные виды моделирования (например, физическое, химико-технологическое, биологическое, социальное и др.) требуют несоизмеримо больших затрат и всегда несут в себе значительную долю катастрофического риска.

Не претендуя на полноту классификации в математическом моделировании параллельно развиваются два различных направления, отличающиеся друг от друга наличием или отсутствием определенного количества знаний о моделируемом объекте. Будучи принципиально и методически разными, оба направления базируются на реальной информации о моделируемом объекте. Эта информация может существовать как результат наблюдений либо специальных экспериментов.

Если наши знания о закономерностях функционирования объекта скудны или отсутствуют, то ничего не остается, как моделировать связи между фрагментами наблюдаемой информации. Если, все-таки, мы что-то знаем об объекте, например, законы, лежащие в основе происходящих в нем процессов, то, базирясь на математической формализации этих законов, можно построить математическую модель исследуемого объекта. Большинство законов, исключая те, в которые входят «мировые константы», содержат некоторое количество параметров, численные значения которых неизвестны и зависят от конкретного объекта. И вот здесь, так же как и в первом направлении, приходится привлекать информацию о реальном функционировании объекта для восстановления значений указанных параметров.

Заметим, что и в первом и во втором направлении математического моделирования используется ретроспективная информация либо для восстановления связей между ее фрагментами, либо для восстановления параметров моделей, основанных на знаниях о законах функционирования объектов. Последнее очень важное обстоятельство, т. к. математическое моделирование, кроме познавательной, преследует и прогностическую цель. Но как будет вести себя объект в будущем неизвестно, и результаты моделируемого его поведения в будущем могут весьма существенно отличаться от реального, и

это отличие будет расти с увеличением временного горизонта прогноза.

Разумеется, универсального рецепта для преодоления этого недостатка, по-видимому, указать не удастся. Можно лишь говорить о некоторых модельных инструментах, которые позволяют прогнозировать определенные эффекты. Одним из таких инструментов являются *рандомизированные модели* (РМ), параметры в которых предполагаются случайными величинами. Поэтому под характеристиками РМ понимаются функции плотности распределения вероятностей (ПРВ). В отличие от детерминированных моделей, где восстанавливаются оценки параметров, в рандомизированных моделях необходимо восстанавливать оценки функций ПРВ.

Рандомизированная модель представляет собой ансамбль моделей как случайных объектов, каждый из которых соответствует набору случайных реализаций параметров. Компьютерная реализация таких моделей осуществляется методом Монте-Карло, с помощью которого генерируются значения случайных параметров в соответствии с оценками их функций ПРВ.

В [1; 2] предложен новый метод оценивания характеристик РМ при малом объеме данных, использующий принцип максимизации энтропии [3; 4]. Энтропия как мера неопределенности придает данному методу свойства робастности. Метод был применен для оценивания вероятностных характеристик рандомизированных статических и динамических моделей вольтерровского класса [5]. Данная работа продолжает исследования энтропийно-робастных методов, ориентированных на оценивание характеристик рандомизированных динамических моделей со степенными нелинейностями фиксированной структуры. Последние представляют собой подкласс вольтерровских моделей, но весовые функции (импульсные характеристики) в них имеют мультипликативную структуру. В результате, такие РМ оказываются существенно нелинейными (не сводимыми к линейным эквивалентам), а задачи энтропийно-робастного оценивания их характеристик формулируются как задачи поиска глобального минимума многоэкстремальной целевой функции, содержащей интегральные компоненты.

Доступной информацией о целевой функции являются только ее значения, определяемые численно. Последнее обстоятельство не позволяет применять существующие методы глобальной оптимизации [6–10], которые используют определенную информацию о свойствах целевой функции (дифференцируемость, константа Липшица, особые структурные свойства и др.).

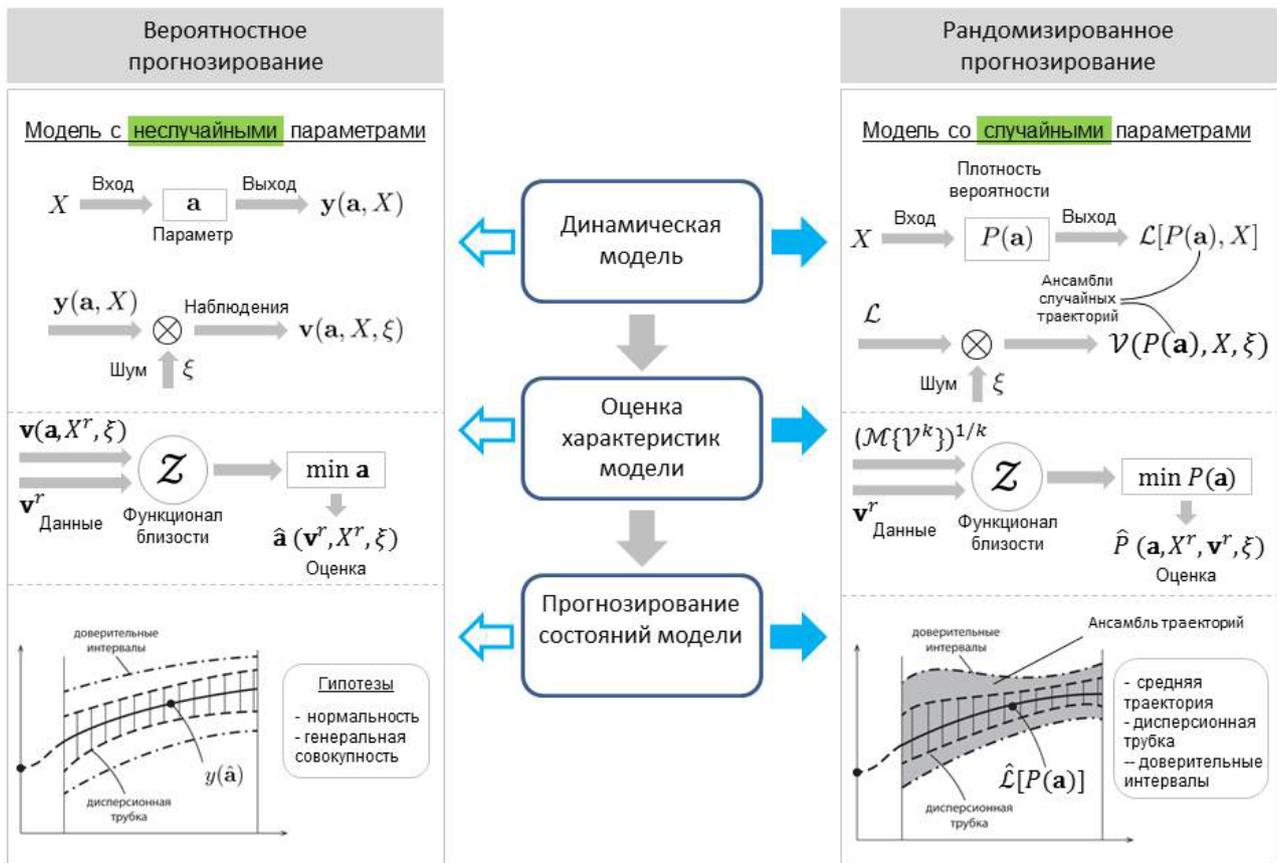


Рис. 1. Процедуры прогнозирования

Предлагается иерархическая архитектура параллельных технологий Монте-Карло [11; 12] для поиска глобального минимума функции, определенной на n -мерном неотрицательном единичном кубе, которая реализована на графических процессорах. Приводятся результаты вычислительных экспериментов для модельных примеров.

2. Инструменты прогнозирования

2.1. Вероятностное и рандомизированное прогнозирование

Процедуры прогнозирования развития того или иного процесса основаны на использовании математических параметризованных динамических моделей и состоят из следующих этапов: выбор структуры модели, оценка ее характеристик на основании реальной ретроспективной информации, построение прогнозных траекторий, определение их статистических свойств. Общая структура процедуры прогнозирования изображена в центральной части рис. 1. Левая и правая части этого рисунка иллюстрируют процедуры *вероятностного* (ВП) и *рандомизированного* (РП) прогнозирования соответственно.

1. *Выбор модели.* В процедурах ВП предполагается, что модель параметризована и ее параметры \mathbf{a} — неслучайные, X — матрица измерений входа, $\mathbf{y}(X, \mathbf{a})$ — вектор выхода модели. Выход модели искажен шумами, которые имитируются вектором ξ . В результате

наблюдаемый выход $\mathbf{v}(X, \mathbf{a}, \xi)$ зависит от входа модели, ее параметров и шума.

В процедурах РП предполагается, что модель также параметризована, но ее параметры случайные. Они характеризуются функцией плотности распределения вероятностей (ПРВ) $P(\mathbf{a})$. Поэтому при фиксированном входе X выход РМ представляет собой случайный ансамбль траекторий $\mathcal{L}[X, P(\mathbf{a})]$, а наблюдаемый выход — случайный ансамбль траекторий $\mathcal{V}[X, P(\mathbf{a}), \xi]$.

2. *Оценка характеристик.* На данном этапе используются реальные ретроспективные данные о входе моделируемого объекта X^r и его выходе \mathbf{v}^r . В процедурах ВП наблюдаемый выход модели $\mathbf{v}(\mathbf{a}, X, \xi)$ сравнивается, в терминах выбранного функционала близости \mathcal{Z} , с реальным выходом \mathbf{v}^r . Минимизация указанного функционала позволяет получить оптимальные оценки параметров $\hat{\mathbf{a}}(\mathbf{v}^r, X^r, |\xi)$ при постулируемых характеристиках шума ξ .

В процедурах РП наблюдаемый выход модели $\mathcal{V}[X, P(\mathbf{a}), \xi]$ — случайный ансамбль траекторий РМ. Для построения оценок ПРВ предлагается использовать k -ый момент в качестве характеристики ансамбля, т. е. вектор $\mathbf{u}^{(k)}$ с компонентами $\mathcal{M}\{v_i^k(\mathbf{a}, X^r, \xi)\}$. Оптимальная оценка ПРВ строится путем минимизации функционала \mathcal{Z} , определенном на векторах реального выхода \mathbf{v}^r и векторе $(\mathbf{u}^{(k)})^{1/k}$. В результате получим оценку функции ПРВ $\hat{P}(\mathbf{a}, X^r, \mathbf{v}^r, \xi)$.

3. *Прогнозирование.* В процедурах ВП для оптимальных оценок параметров $\hat{\mathbf{a}}(\mathbf{v}^r, X^r, |\xi)$ строится

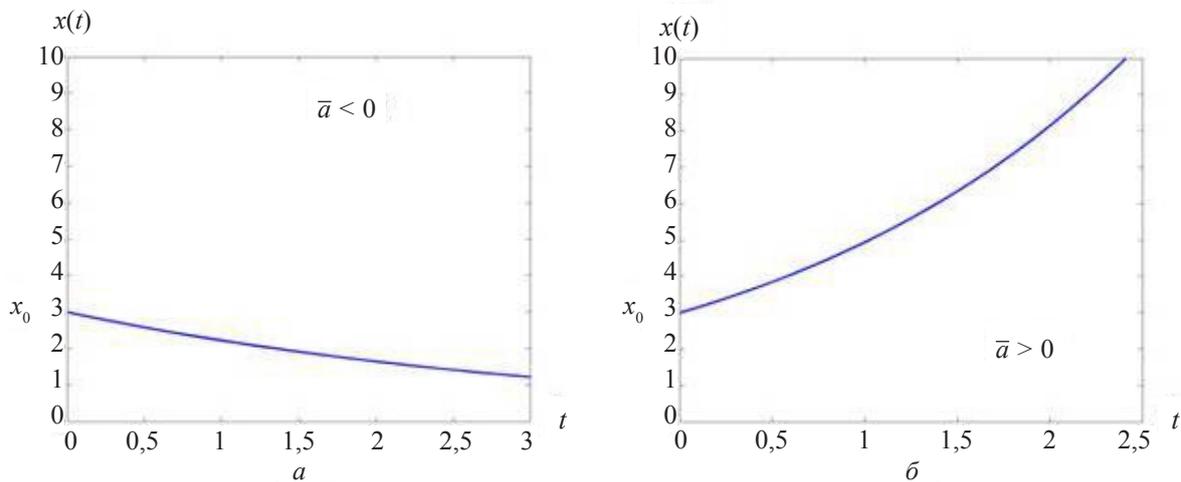


Рис. 2. Прогнозные траектории для $\bar{a} > 0$ (а) и $\bar{a} < 0$ (б)

прогнозная траектория. Выдвигая определенные гипотезы о статистических свойствах входа и шума, ядро которых — это предположения о реальных входе и выходе как выборке из генеральной совокупности и нормальности последней, можно построить «дисперсионную трубку», «доверительную интервальную трубку» и некоторые другие статистические характеристики указанной траектории. Но еще раз обратим внимание, что все возможные характеристики оценочной траектории можно получить при гипотезах о статистических свойствах реальных данных, которые, к сожалению, проверить невозможно.

В процедурах РП для оптимальных оценок функций ПРВ $\hat{P}(\mathbf{a}, X^r, \mathbf{v}^r, \xi)$ строится, используя метод Монте-Карло и компьютерную имитацию, ансамбль траекторий, для которого могут быть вычислены любые его статистические характеристики (средняя траектория, «дисперсионная и доверительная трубки» и др.).

Для иллюстрации возможностей ВП и РП рассмотрим простой пример, в котором в качестве модели используется динамическая система первого порядка:

$$\frac{dx}{dt} = ax, \quad x(0) = x_0.$$

В процедурах ВП параметр a неслучайный. Зная начальные состояния x_0 можно получить прогнозные траектории для $\hat{a} > 0$ и $\hat{a} < 0$ (рис. 2).

В процедурах РП параметр a — случайный. Допустим, что функция ПРВ

$$P(a) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma} \exp\left(-\frac{(a-\bar{a})^2}{2\sigma^2}\right)}.$$

На рис. 3 показаны ансамбли траекторий для $\bar{a} < 0$ и $\bar{a} > 0$ и средние траектории. Из рис. 3а видно, что средняя траектория имеет минимум в точке $t^* = -\bar{a}/\sigma^2$, т. е. она существенно отличается от аналогичной (рис. 2а) для модели с неслучайным параметром. Таким образом, в данном примере переход к рандоми-

зированной модели позволил обнаружить эффекты, ненаблюдаемые в детерминированной модели.

Этот эффект наблюдается при других функциях ПРВ, например, следующего вида:

$$P(a) = \begin{cases} A, & a \in [a^-, a^+]; \\ 0, & a \notin [a^-, a^+]. \end{cases}$$

На рис. 4 показаны ансамбли траекторий, генерируемых данной моделью при различных соотношениях границ интервалов a^-, a^+ со средним значением параметра \hat{a} . В частности, при $\hat{a} > 0$ (рис. 4б) средняя траектория имеет минимум при t^* , которое является решением уравнения $-(1/t - a^+) + \exp[(a^- - a^+)t](1/t - a^-) = 0$.

2.2. Рандомизация моделей

Рассматриваемые здесь рандомизированные модели имеют случайные, независимые параметры $\mathbf{a} = \{a_1, \dots, a_r\}$, которые принадлежат соответствующим интервалам, т. е. $\mathbf{a} \in \mathcal{A} = [a^-, a^+]$. Шум ξ , имитирующий ошибки наблюдений, имеет случайные, независимые компоненты интервального типа, т. е. $\xi \in \Xi = [\xi^-, \xi^+]$.

Параметры и шумы могут быть вещественными и дискретными. Параметры и шумы первого типа характеризуются функциями ПРВ $P(\mathbf{a})$, $\mathbf{a} \in \mathcal{A}$ и $Q(\xi)$, $\xi \in \Xi$ (рис. 5а). Стандартным условием для функций ПРВ является нормировка, т. е.

$$\int_{\mathcal{A}} P(\mathbf{a}) d\mathbf{a} = 1, \quad P(\mathbf{a}) \geq 0. \quad (1)$$

В некоторых приложениях удобно рассматривать только интервальные условия:

$$0 \leq P(\mathbf{a}) \leq 1, \quad (2)$$

или ПРВ с ограниченными моментами

$$\int_{\mathcal{A}} \mathbf{a}^{(k)} P(\mathbf{a}) d\mathbf{a} = m_k, \quad k \in [1, K]. \quad (3)$$

Здесь $\mathbf{a}^{(k)}$ — вектор с компонентами a_h^k , $h \in [1, R]$.

Если параметры и шумы дискретные, то интервалы имеют I подинтервалов, для каждого из которых существует вероятность p_i принадлежности параметра

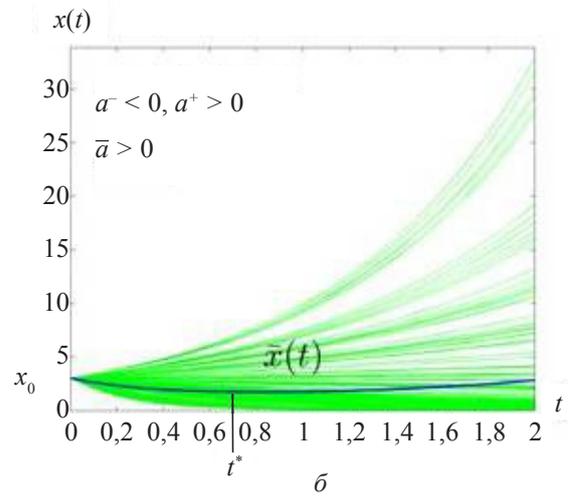
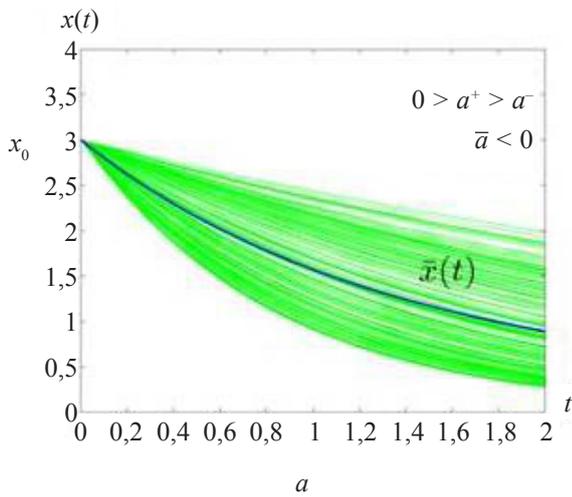


Рис. 3. Ансамбли траекторий и средние траектории: а — $\bar{a} < 0$; б — $\bar{a} > 0$

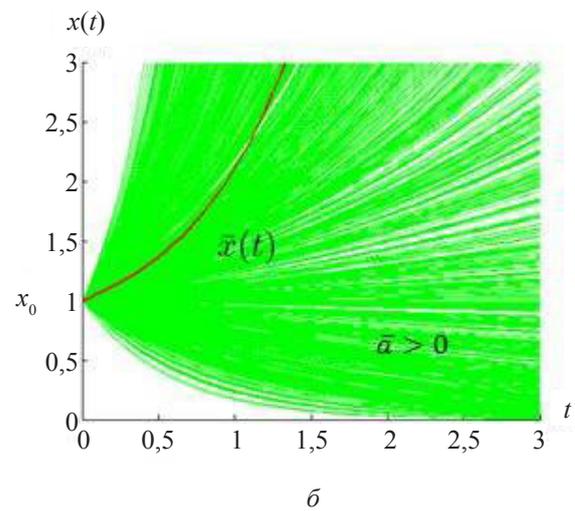
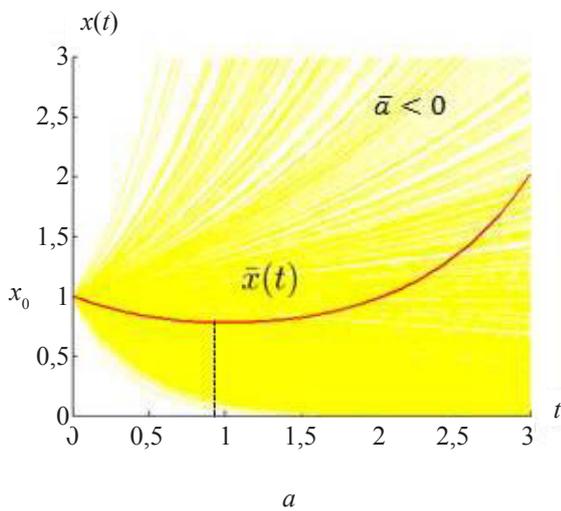


Рис. 4. Ансамбли траекторий, генерируемых данной моделью при различных соотношениях границ интервалов a^-, a^+ со средним значением параметра \hat{a} : а — $\hat{a} < 0$; б — $\hat{a} > 0$

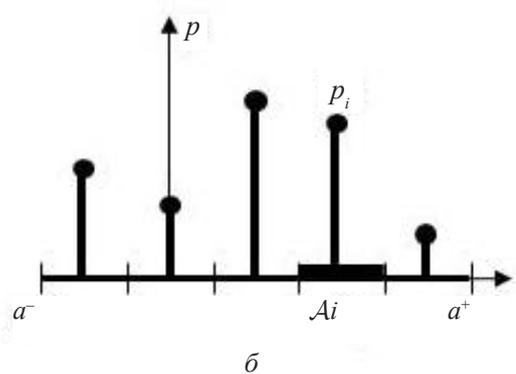
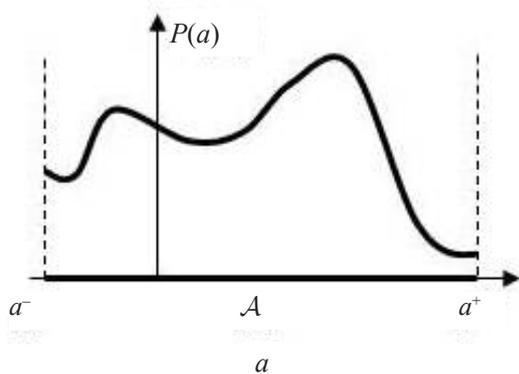


Рис. 5. Вещественные и дискретные параметры и шумы

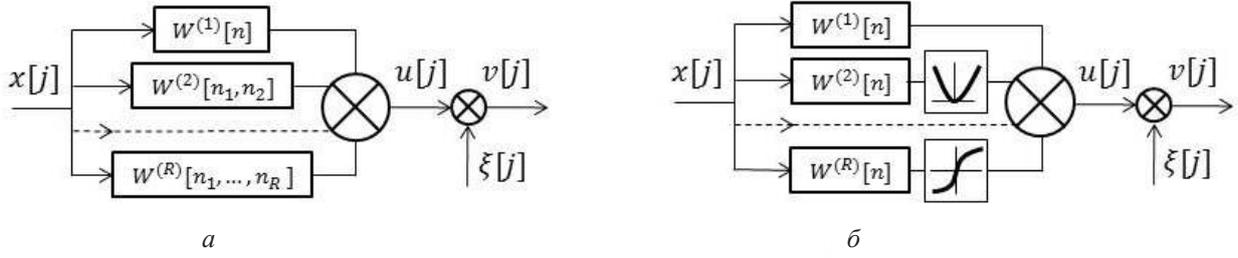


Рис. 6. Нелинейные динамические РМ

соответствующему подинтервалу. Таким образом, дискретные случайные параметры и шумы характеризуются функциями распределения вероятностей $p_i = P\{a \in \mathcal{A}_i | i \in [1, L]\}$ и $q_j = P\{\xi \in \Xi_j | j \in [1, s]\}$ (рис. 5б).

Распределения вероятностей p_i принадлежат определенным классам, например, нормированным

$$\sum_{i=1}^L p_i = 1, \quad \sum_{j=1}^s q_j = 1; \quad (4)$$

интервальным

$$0 \leq p_i \leq 1, \quad i \in [1, L]; \quad 0 \leq q_j \leq 1, \quad j \in [1, s]; \quad (5)$$

с заданными моментами

$$\sum_{i=1}^L \mathcal{A}_i^k p_i = m_k, \quad k \in [1, K]. \quad (6)$$

3. Математические модели нелинейных динамических РМ

Рассматриваются дискретные нелинейные динамические РМ, описываемые дискретными функциональными полиномами Вольтерра [5]:

$$v[j] = \sum_{h=1}^R \sum_{n_1, \dots, n_h} w^{(h)}[n_1, \dots, n_h] \prod_{r=1}^h x[j - n_r] + \xi[j], \quad j \in [0, s]. \quad (7)$$

На рис. 6а показана структура такой рандомизированной модели, $w^{(h)}[n_1, \dots, n_h]$ — импульсные характеристики с «конечной» памятью m нелинейных блоков РМ.

С помощью лексикографического упорядочивания набора переменных (n_1, \dots, n_h) и формирования соответствующей матрицы X из переменных входа, наблюдаемых на интервале $j \in [m, m + s]$, равенство (7) приводится к следующему линейному выражению:

$$v = Xa + \xi, \quad (8)$$

где a — блочный вектор параметров РМ, составленный из лексикографически упорядоченных значений импульсных характеристик ее блоков (см. [2]).

Рассмотрим динамическую РМ с конечной «памятью» и структурированными нелинейностями, показанный на рис. 6б. Связь между наблюдаемыми на интервале $[m, m + s]$ выходом и входом модели описывается следующим равенством:

$$v[j + m] = \sum_{h=1}^R \left(\sum_{n=0}^m w^{(h)}[n] x[j + m - n] \right)^h + \xi[j + m], \quad j \in [0, s]. \quad (9)$$

Случайные весовые функции (импульсные характеристики) $w^{(h)}[n]$ принимают значения в интервалах $\mathcal{W}_n^{(h)} = [-w_n^{(h)}, w_n^{(h)}]$, $w_n^{(h)} = \beta_n^{(h)} \exp(-\alpha_n^{(h)} n)$. (10)

Введем следующие обозначения:

$$w^{(h)}[n] = a_n^{(h)}, \quad n \in [0, m]; \quad \mathbf{a}^{(h)} = \{a_0^{(h)}, \dots, a_m^{(h)}\} \quad (11)$$

Параметры $a_n^{(h)}$, $n \in [0, m]$ являются случайными и, согласно (10), принимают значения в интервалах

$$\mathcal{A}_n^{(h)} = [-A_n^{(h)}, A_n^{(h)}], \quad A_n^{(h)} = \beta_n^{(h)} \exp(-\alpha_n^{(h)} n). \quad (12)$$

Образум множества

$$\mathcal{A}^{(h)} = \bigcup_{n=0}^m \mathcal{A}_n^{(h)}, \quad (13)$$

на которых определены функции плотности распределения вероятностей (ПРВ) $P^{(h)}(\mathbf{a}^{(h)}) = P^{(h)}(w^{(h)}[0], \dots, w^{(h)}[m])$. Поскольку случайные весовые функции в (9) независимы, ПРВ

$$P(a) = \prod_{h=1}^R P^{(h)}(a^{(h)}). \quad (14)$$

С учетом сделанных обозначений равенство (9) можно представить в виде

$$v[j + m] = \sum_{h=1}^R V_j^{(h)}(\mathbf{a}^{(h)}) + \xi[j + m],$$

$$V_j^{(h)}(\mathbf{a}^{(h)}) = \sum_{i \in \mathcal{I}_h(m)} \prod_{n=0}^m C_{j, i_n}(x) [a_n^{(h)}]^{i_n}, \quad (15)$$

где множество

$$\mathcal{I}_h(m) = \{i_n : \sum_{n=0}^m i_n = h; i_n \in [0, m]\}, \quad (16)$$

вектор $i = \{i_0, \dots, i_m\}$ и функции

$$C_{j, i_n}(x) = \frac{x^{i_n} [j + m - n]}{i_n!}. \quad (17)$$

Компоненты вектора шума $\xi = \{\xi[m], \dots, \xi[m + s]\} = \{\xi_0, \dots, \xi_m\}$ — случайные и независимые, принимающие значения в интервалах

$$\Xi_j = [\xi_j^-, \xi_j^+], \quad j = [0, s], \quad (18)$$

с функциями ПРВ $q_j(\xi_j)$, $j \in [0, s]$ и

$$Q(\xi) = \prod_{j=0}^s q_j(\xi_j). \quad (19)$$

В отличие от динамической РМ (7) данная динамическая РМ с фиксированной структурой оказывается существенно нелинейной и не может быть трансформирована к линейной форме.

4. S_{PQ}^1 -робастная энтропийная оценка функций ПРВ параметров и шума

4.1. РМ степени R

Согласно [1], задача S_{PQ}^1 -оценивания функций ПРВ параметров и шума сводится к задаче функционального энтропийно-линейного программирования:

$$\mathcal{H}[P(\mathbf{a}), Q(\xi)] = -\sum_{h=1}^R \int_{\mathcal{A}^{(h)}} P^{(h)}(\mathbf{a}^{(h)}) \ln P^{(h)}(\mathbf{a}^{(h)}) d\mathbf{a}^{(h)} - \sum_{j=0}^s \int_{\Xi_j} q_j(\xi_j) \ln q_j(\xi_j) d\xi_j \Rightarrow \max, \quad (20)$$

при ограничениях:

– на класс ПРВ (нормированных):

$$\int_{\mathcal{A}^{(h)}} P^{(h)}(\mathbf{a}^{(h)}) d\mathbf{a}^{(h)} = 1, \quad h \in [1, R];$$

$$\int_{\Xi_j} q_j(\xi_j) d\xi_j = 1, \quad j \in [0, s]; \quad (21)$$

– на баланс между вектором первого момента наблюдаемого выхода \mathbf{v} и вектором измерений \mathbf{y} :

$$\mathcal{M}\{y_j + m\} = \Phi_j[P(\mathbf{a}), Q(\xi)] =$$

$$= \sum_{h=1}^R \int_{\mathcal{A}^{(h)}} V_j^{(h)}(\mathbf{a}^{(h)}) P^{(h)}(\mathbf{a}^{(h)}) d\mathbf{a}^{(h)} + \int_{\Xi_j} \xi_j q_j(\xi_j) d\xi_j =$$

$$= y_{j+m}, \quad j \in [0, s]. \quad (22)$$

Воспользуемся стандартной техникой решения этих задач, основанную на вычислении вариаций Гато в предположении о гладкости ПРВ.

Напомним справочно эту технику. Обозначим $\tilde{P}^{(h)}(\mathbf{a}^{(h)})$, ($h \in [1, R]$); $\tilde{q}_j(\xi_j)$, ($j \in [0, s]$) — энтропийно-оптимальные ПРВ параметров и шума. т. е. решения задачи (20–22). Представим произвольные ПРВ в виде

$P^{(h)}(\mathbf{a}^{(h)}) = \tilde{P}^{(h)}(\mathbf{a}^{(h)}) + \alpha_h U^{(h)}(\mathbf{a}^{(h)})$, $\tilde{q}_j(\xi_j) = q_j(\xi_j) + \beta_j g_j(\xi_j)$, где $U^{(h)}(\mathbf{a}^{(h)})$, $g_j(\xi_j)$ — произвольные функции из соответствующих классов, α_h , β_j — вещественные числа.

Определим функционал Лагранжа в виде

$$\mathcal{L}[P(\mathbf{a}), Q(\xi)] = \mathcal{H}[P(\mathbf{a}), Q(\xi)] + \sum_{h=1}^R \gamma_h \left(1 - \int_{\mathcal{A}^{(h)}} P^{(h)}(\mathbf{a}^{(h)}) d\mathbf{a}^{(h)}\right) + \sum_{j=0}^s \omega_j \left(1 - \int_{\Xi_j} q_j(\xi_j) d\xi_j\right) + \sum_{j=0}^s \theta_j (y_j - \Phi_j[P(\mathbf{a}), Q(\xi)]),$$

где $P(\mathbf{x}) = \{P^{(1)}(\mathbf{x}), \dots, P^{(R)}(\mathbf{x})\}$ и $Q(\xi) = \{\xi_0, \dots, \xi_s\}$.

Здесь множители Лагранжа γ_h , ω_j — для ограничений-равенств (21), θ_j — для ограничений-равенств (22).

Условия стационарности функционала Лагранжа, использующие производную Гато, имеют вид

$$\frac{d\mathcal{L}}{d\alpha_h} \Big|_{\alpha_h=0} = 0, \quad \frac{d\mathcal{L}}{d\beta_j} \Big|_{\beta_j=0} = 0; \quad h \in [1, R], \quad j \in [0, s].$$

Получим следующие выражения для энтропийно-оптимальных функций ПРВ параметров и шума:

$$\tilde{P}^{(h)}(\mathbf{a}^{(h)}) = \frac{1}{\mathcal{R}^{(h)}(\theta)} \exp\left(-\sum_{j=0}^s \theta_j V_j^{(h)}(\mathbf{a}^{(h)})\right), \quad h \in [1, R];$$

$$\tilde{q}_j(\xi_j) = \frac{1}{\mathcal{Q}_j(\theta_j)} \exp(-\theta_j \xi_j), \quad j \in [0, s], \quad (23)$$

где

$$\mathcal{R}^{(h)}(\theta) = \int_{\mathcal{A}^{(h)}} \exp\left(-\sum_{j=0}^s \theta_j V_j^{(h)}(\mathbf{a}^{(h)})\right) d\mathbf{a}^{(h)},$$

$$\mathcal{Q}_j(\theta_j) = \int_{\Xi_j} \exp(-\theta_j \xi_j) d\xi_j; \quad (24)$$

$$\theta = \{\theta_0, \dots, \theta_s\}, \quad h \in [1, R] \quad j \in [0, s] \quad (25)$$

Из этих равенств видно, что энтропийно-оптимальные функции ПРВ принадлежат экспоненциальному классу.

Для определения множителей Лагранжа θ воспользуемся уравнениями (22), преобразовав их к следующему виду:

$$y_{j+m} = \Psi_j(\theta) = \sum_{h=1}^R \frac{\mathcal{D}_j^{(h)}(\theta)}{\mathcal{R}^{(h)}(\theta)} + \frac{\mathcal{C}_j(\theta_j)}{\mathcal{Q}_j(\theta_j)},$$

$$j \in [0, s], \quad \theta \in R^{(s+1)}, \quad (26)$$

где

$$\mathcal{D}_j^{(h)}(\theta) = \int_{\mathcal{A}^{(h)}} V_j^{(h)}(\mathbf{a}^{(h)}) \exp\left(-\sum_{i=0}^s \theta_i V_i^{(h)}(\mathbf{a}^{(h)})\right) d\mathbf{a}^{(h)},$$

$$\mathcal{C}_j(\theta_j) = \int_{\Xi_j} \xi_j \exp(-\theta_j \xi_j) d\xi_j. \quad (27)$$

Полученная система уравнений довольно сложная, т. к. в (26) входят интегральные компоненты (24), (27), а для нелинейных членов в (9) эти компоненты — повторные интегралы.

Введем преобразование переменных, которое отображает (взаимнооднозначно) пространство $R^{(s+1)}$ в единичный неотрицательный куб $K^{(s+1)} = \{\mathbf{z} : 0 \leq z \leq 1\}$:

$$\theta_j = \phi(z_j) = \ln[-\ln(1 - z_j)], \quad j \in [0, s]. \quad (28)$$

Тогда система (26) преобразуется к виду

$$y_{j+m} = \Psi_j[\phi(z)] = \Omega_j(z) = \sum_{h=1}^R \frac{\mathcal{D}_j^{(h)}[\phi(z)]}{\mathcal{R}^{(h)}[\phi(z)]} + \frac{\mathcal{C}_j[\phi(z)]}{\mathcal{Q}_j[\phi(z)]},$$

$$j \in [0, s], \quad z \in K^{(s+1)}. \quad (29)$$

Согласно (27), имеем следующие интегральные компоненты:

$$\mathcal{R}^{(h)}[\phi(\mathbf{z})] = \int_{\mathcal{A}^{(h)}} \exp\left(-\sum_{j=0}^s \phi(z_j) V_j^{(h)}(\mathbf{a}^{(h)})\right) d\mathbf{a}^{(h)},$$

$$\mathcal{Q}_j[\phi(z_j)] = \int_{\Xi_j} \exp(-\phi(z_j) \xi_j) d\xi_j; \quad (30)$$

$$\mathcal{D}_j^{(h)}[\phi(\mathbf{z})] = \int_{\mathcal{A}^{(h)}} V_j^{(h)}(\mathbf{a}^{(h)}) \exp\left(-\sum_{i=0}^s \phi(z_i) V_i^{(h)}(\mathbf{a}^{(h)})\right) d\mathbf{a}^{(h)},$$

$$\mathcal{C}_j[\phi(z_j)] = \int_{\Xi_j} \xi_j \exp(-\phi(z_j) \xi_j) d\xi_j.$$

Определим функцию невязки для системы уравнений (29) в виде

$$f(\mathbf{z}) = \sqrt{\left(\sum_{j=0}^s \Omega_j^2(\mathbf{z})\right)}, \quad \mathbf{z} \in K^{(s+1)} \quad (31)$$

и будем искать ее глобальный минимум с заданной точностью δ , т. е.

$$f(\mathbf{z}) \Rightarrow \text{glob min}_{\mathbf{z} \in K^{(s+1)}} \leq \delta. \quad (32)$$

Морфология функции $f(\mathbf{z})$ и ее характеристики неизвестны; доступными являются только ее значения, которые можно получать численно.

4.2. Линейная РМ

Для линейной динамической РМ (линейный блок в (15)) интегральные компоненты (30) в уравнениях (29) определяются аналитически, что существенно упрощает вычислительные процедуры.

Рассмотрим линейный блок в (15):

$$\begin{aligned} \mathbf{v}[j+m] &= V_j^{(1)}(\mathbf{a}^{(1)}) + \xi[j+m], \\ V_j^{(1)}(\mathbf{a}^{(1)}) &= \sum_{n=0}^m a_n^{(1)} x[j+m-n], \\ \mathbf{a}^{(1)} &= \{a_0^{(1)}, \dots, a_m^{(1)}\}. \end{aligned} \quad (33)$$

Параметры $a_n^{(1)}$, $n \in [0, m]$ являются случайными, принимающими значения в интервалах (12).

Ограничения в задаче (20) имеют вид:

– на класс ПРВ (нормированных):

$$\begin{aligned} \int_{\mathcal{A}^{(1)}} P^{(1)}(\mathbf{a}^{(1)}) d\mathbf{a}^{(1)} &= 1, \\ \int_{\Xi_j} q_j(\xi_j) d\xi_j &= 1, \quad j \in [0, s]; \end{aligned} \quad (34)$$

– на баланс между вектором 1-момента наблюдаемого выхода РМ \mathbf{v} и вектором измерений \mathbf{y} :

$$\begin{aligned} \mathcal{M}\{\mathbf{v}[j+m]\} &= \Phi_j[P(\mathbf{a}), Q(\xi)] = \\ &= \int_{\mathcal{A}^{(1)}} V_j^{(1)}(\mathbf{a}^{(1)}) P^{(1)}(\mathbf{a}^{(1)}) d\mathbf{a}^{(1)} + \\ &+ \int_{\Xi_j} \xi_j q_j(\xi_j) d\xi_j = y_{j+m}, \quad j \in [0, s]. \end{aligned} \quad (35)$$

Энтропийно-оптимальные функции ПРВ параметров и шума имеют вид

$$\begin{aligned} \tilde{P}^{(1)}(\mathbf{a}^{(1)}) &= \frac{1}{\mathcal{R}^{(1)}(\theta)} \exp\left(-\sum_{j=0}^s \theta_j V_j^{(1)}(\mathbf{a})\right), \\ \tilde{q}_j(\xi_j) &= \frac{1}{\mathcal{B}_j(\theta_j)} \exp(-\theta_j \xi_j), \quad j \in [0, s]. \end{aligned} \quad (36)$$

В этих равенствах нормировочные коэффициенты имеют вид

$$\begin{aligned} \mathcal{R}^{(1)}(\theta) &= \prod_{n=0}^m \prod_{i=0}^s \mathcal{J}_{n,i}^{(1)}(\theta_i), \\ \mathcal{J}_{n,i}^{(1)}(\theta_i) &= \int_{\mathcal{A}_n^{(1)}} \exp(-a_n^{(1)} b_{n,i}(\theta_i, x)) da_n^{(1)}; \\ \mathcal{B}_j(\theta_j) &= \int_{\Xi_j} \exp(-\theta_j \xi_j) d\xi_j, \\ b_{n,i}(\theta_i, x) &= \theta_i x[i+m-n]. \end{aligned} \quad (37)$$

Интегралы

$$\begin{aligned} \mathcal{J}_{n,i}^{(1)}(\theta_i) &= \frac{\exp[A_n^{(1)} b_{n,i}(\theta_i, x)] - \exp[-A_n^{(1)} b_{n,i}(\theta_i, x)]}{b_{n,i}(\theta_i, x)}, \\ \mathcal{B}_j(\theta_j) &= \frac{\exp(-\theta_j \xi_j^-) - \exp(-\theta_j \xi_j^+)}{\theta_j}. \end{aligned} \quad (38)$$

Множители Лагранжа θ определяются из условий баланса (35):

$$\begin{aligned} \Psi_j(\theta) &= [\mathcal{R}^{(1)}]^{(-1)}(\theta) \sum_{n=0}^m x[j+m-n] \prod_{i=0}^s \left(\tilde{\mathcal{J}}_{n,i}^{(1)}(\theta_i) \prod_{k=0, k \neq n}^m \mathcal{J}_{k,i}^{(1)}(\theta_i) \right) + \\ &+ \mathcal{B}_j^{(-1)}(\theta_j) \tilde{\mathcal{B}}_j(\theta_j) = y[j+m], \quad j \in [0, s]; \end{aligned} \quad (39)$$

где

$$\begin{aligned} \tilde{\mathcal{J}}_{n,i}^{(1)}(\theta_i) &= \int_{\mathcal{A}_n^{(1)}} a_n^{(1)} \exp(-a_n^{(1)} \theta_i x[i+m-n]) da_n^{(1)} = \\ &= \exp[A_n^{(1)} b_{n,i}(\theta_i)] \frac{1 - A_n^{(1)} b_{n,i}(\theta_i)}{b_{n,i}^2(\theta_i)} - \\ &- \exp[-A_n^{(1)} b_{n,i}(\theta_i)] \frac{1 + A_n^{(1)} b_{n,i}(\theta_i)}{b_{n,i}^2(\theta_i)}; \end{aligned} \quad (40)$$

$$\begin{aligned} \tilde{\mathcal{B}}_j(\theta_j) &= \int_{\Xi_j} \xi_j \exp(-\theta_j \xi_j) d\xi_j = \\ &\exp(-\theta_j \xi_j^-) \left(\frac{1 + \xi_j^- \theta_j}{\theta_j^2} \right) - \exp(-\theta_j \xi_j^+) \left(\frac{1 + \xi_j^+ \theta_j}{\theta_j^2} \right). \end{aligned} \quad (41)$$

Введем переменные \mathbf{z} (28) и следующие обозначения:

$$\begin{aligned} \tilde{\mathcal{J}}_{n,i}^{(1)}(\phi(z_j)) &= \int_{\mathcal{A}_n^{(1)}} a_n^{(1)} \exp(-a_n^{(1)} \phi(z_i) x[i+m-n]) da_n^{(1)} = \\ &= \exp[A_n^{(1)} b_{n,i}(\phi(z_i), x)] \frac{1 - A_n^{(1)} b_{n,i}(\phi(z_i), x)}{b_{n,i}^2(\phi(z_i), x)} - \\ &- \exp[-A_n^{(1)} b_{n,i}(\phi(z_i), x)] \frac{1 + A_n^{(1)} b_{n,i}(\phi(z_i), x)}{b_{n,i}^2(\phi(z_i), x)}; \end{aligned} \quad (42)$$

$$\begin{aligned} \tilde{\mathcal{B}}_j[\phi(z_j)] &= \int_{\Xi_j} \xi_j \exp(-\phi(z_j) \xi_j) d\xi_j = \\ &= \exp(-\phi(z_j) \xi_j^-) \left(\frac{1 + \xi_j^- \phi(z_j)}{\phi^2(z_j)} \right) - \\ &- \exp(-\phi(z_j) \xi_j^+) \left(\frac{1 + \xi_j^+ \phi(z_j)}{\phi^2(z_j)} \right). \end{aligned} \quad (43)$$

Тогда уравнения (39) примут вид

$$\begin{aligned} \Omega_j(\mathbf{z}) &= \mathcal{R}^{(-1)}[\phi(\mathbf{z})] \sum_{n=0}^m x[j+m-n] \prod_{i=0}^s \left(\tilde{\mathcal{J}}_{n,i}^{(1)}[\phi(z_i)] \prod_{k=0, k \neq n}^m \mathcal{J}_{k,i}^{(1)}[\phi(z_i)] \right) + \\ &+ \mathcal{B}_j^{(-1)}[\phi(z_j)] \tilde{\mathcal{B}}_j[\phi(z_j)] = y[j+m], \quad \mathbf{z}. \end{aligned} \quad (44)$$

Введем функцию невязки $f(\mathbf{z})$ (31) и будем искать ее глобальный минимум на неотрицательном кубе $K_+^{(s+1)}$. В отличие от общего вида РМ со степенными структурированными нелинейностями, интегральные компоненты определяются аналитическими выражениями (42).

5. Алгоритм для решения системы уравнений (27)

Алгоритм строится на методе Монте-Карло, т. е. переменные \mathbf{z} предполагаются случайными, независимыми, равномерно распределенными в кубе $K_+^{(s+1)}$. Идея алгоритма состоит в генерации последовательно увеличивающегося количества случайных точек в $K_+^{(s+1)}$ и вычисления в них значений функции $f(\mathbf{z})$ до тех пор пока $f_{\min} \leq \delta$. Конечно, такой алгоритм связан с огромным количеством однотипных вычислений. Поэтому кажется, что он не будет эффективным. Но это не так, если его реализовывать на современных

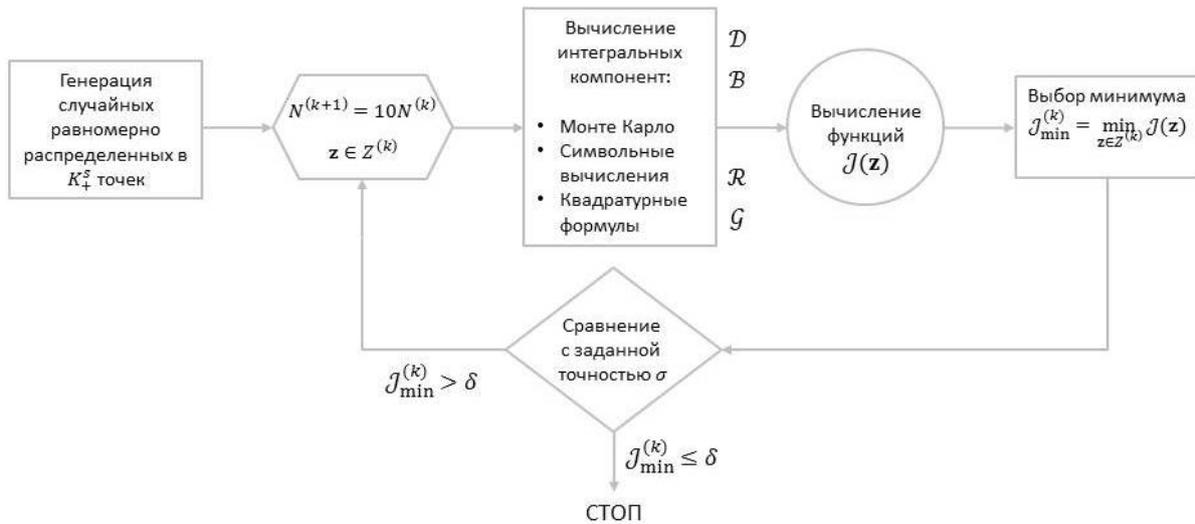


Рис. 7. Общая структура алгоритма

графических процессорах и использовать параллельные вычислительные схемы.

Общая структура алгоритма представлена на рис. 7. Датчик (1) генерирует последовательность случайных чисел, равномерно распределенных на отрезке $[0, 1]$, длиной $N^{(k)}$, где $k = 0, 1, \dots$ — индекс цикла. Для сгенерированной последовательности определяется (7) минимальная вероятность $P(N^{(k)})$ достижения результата вычислений, которая зависит только от длины последовательности $N^{(k)}$.

Из этой последовательности формируются (2) векторы \mathbf{z} (точки) в кубе $K^{(s+1)}$ и вычисляются (3) значения функции $f(\mathbf{z})$ в этих точках. Затем производится их селекция (4), в результате чего определяется минимальное значение $f_{\min} N^{(k)}$ для последовательности случайных чисел длиной $N^{(k)}$. Определенное минимальное значений сравнивается (5) с заданной точностью δ . Если $f_{\min} N^{(k)} \leq \delta$, то STOP. Если $f_{\min} N^{(k)} > \delta$, то датчик (1) увеличивает длину последовательности $N^{(k)} = \alpha N^{(k)}$, где α — задаваемая константа, и вычислительный процесс повторяется.

В результате мы имеем глобальный минимум функции невязки (31), его аргумент и минимальную вероятность этого события. Предлагаемый алгоритм будем называть **параллельный Монте-Карло (ПМК)**.

Алгоритм ПМК требует некоторой детализации, которая связана с особенностями функции невязки, а именно, с интегральными компонентами с параметрами \mathbf{z} в ее определении (32). Эти компоненты имеют довольно сложную структуру и могут быть определены только численно.

Численное интегрирование производится с использованием разработанных параллельных технологий Монте-Карло. Интегральные компоненты (30) имеют в качестве параметров переменные \mathbf{z} , которые имитируются той же случайной последовательностью, что и для вычисления значений функции $f(\mathbf{z})$.

Интегралы в (30) относятся к экспоненциальному классу следующего вида:

$$\mathbb{B}(\mathbf{z}) = \int_{\mathbf{a} \in \mathcal{A}} \exp(-M(\mathbf{a}, \mathbf{z})) d\mathbf{a},$$

$$\phi(\mathbf{a}, \mathbf{z}) = \exp(-M(\mathbf{a}, \mathbf{z})); \quad (45)$$

$$\mathbb{G}(\mathbf{z}) = \int_{\mathbf{a} \in \mathcal{A}} M(\mathbf{a}, \mathbf{z}) \exp(-M(\mathbf{a}, \mathbf{z})) d\mathbf{a},$$

$$\varphi(\mathbf{a}, \mathbf{z}) = M(\mathbf{a}, \mathbf{z}) \exp(-M(\mathbf{a}, \mathbf{z})). \quad (46)$$

Здесь функция

$$M(\mathbf{a}, \mathbf{z}) = \sum_{t=1}^T \sum_{(n_1, \dots, n_t)=1}^m A_{(n_1, \dots, n_t)}(\mathbf{z}) \prod_{k=1}^t a_{n_k}. \quad (47)$$

Вектор переменных интегрирования $\mathbf{z} \in \mathcal{A} = \{\mathbf{a} : 0 \leq \mathbf{a} \leq 1\}$ — единичный куб в R^m (его объем $V = 1$), вектор внешних параметров $\mathbf{z} \in K^{(s+1)} = \{\mathbf{z} : 0 \leq \mathbf{z} \leq 1\}$ — единичный куб в $R^{(s+1)}$.

Согласно технологии Монте-Карло и аналогично функционированию блоков (1) и (2) на рис. 8, генерируется последовательность случайных векторов \mathbf{a} (точек в \mathcal{A}) длины I , которая необходима для достижения заданной точности ε интегрирования с соответствующей вероятностью $P(I, \varepsilon)$ (см. приложение). Вокруг каждой точки по тем или иным правилам задается элементарный куб с объемом u^i , и вычисляются указанные интегралы по приближенным формулам

$$\mathbb{B}(\mathbf{z}) \approx \sum_{i=1}^I u^i \phi(\mathbf{a}^i, \mathbf{z}) = \tilde{\mathbb{B}}(\mathbf{z}),$$

$$\mathbb{G}(\mathbf{z}) \approx \sum_{i=1}^I u^i \varphi(\mathbf{a}^i, \mathbf{z}) = \tilde{\mathbb{G}}(\mathbf{z}). \quad (48)$$

Вычисления по формуле (48) осуществляются параллельными схемами.

Итак, из приведенной структуры алгоритма следует, что он построен на общем цикле $k = 0, 1, \dots$, т. е. последовательно, но его внутренние этапы, в частности, вычисления интегральных компонент реализуются параллельно.

Поскольку в этих вычислениях обрабатываются однотипные данные параллельно, то в них используется архитектура вычислительного процесса, анало-

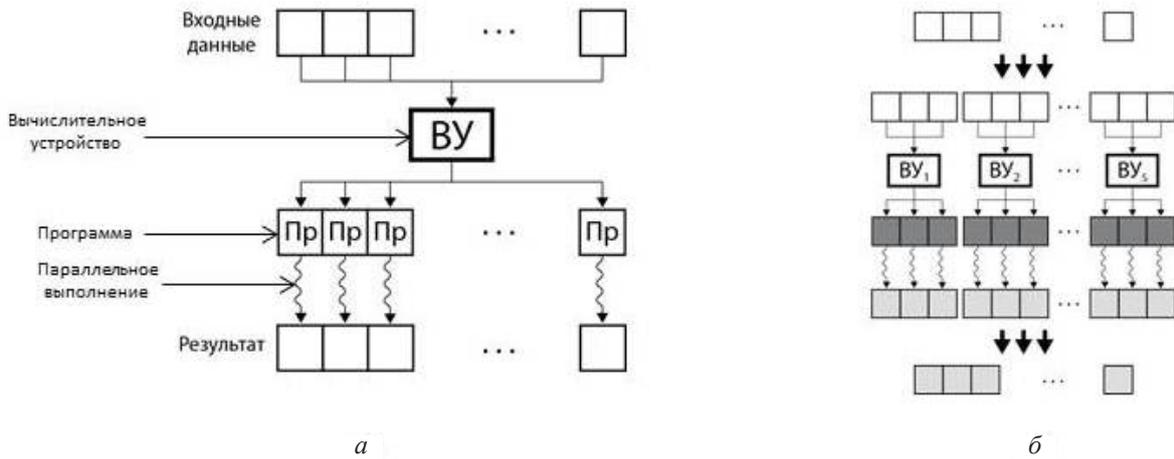


Рис. 8. Элемент архитектуры вычислительного процесса (а) и набор входных данных (б)

гичная стандарту SIMD [13; 15]. На рис. 8а показан элемент этой архитектуры, реализованный на одном вычислительном устройстве (ВУ). В нем входные данные перерабатываются одной программой (Пр) параллельных вычислений (ППВ) в результаты, количество которых соответствует количеству наборов входных данных.

Важная особенность такой организации вычислительного процесса состоит в его масштабируемости. Поскольку эффективность вычислений, понимаемая как время, определяется количеством выполняемых параллельно программ, то увеличивая количество параллельно работающих ВУ, можно существенно уменьшить время вычислений. Набор входных данных разбивается на группы и каждое ВУ работает со своей группой данных (см. рис. 8б).

Описанная структура алгоритма для решения уравнений (27) может быть реализована на различных аппаратных средствах: рабочей станции, оснащенной графическими процессорами, многопроцессорном сервере, вычислительном кластере, состоящем из набора вычислительных узлов, суперкомпьютере и др. При расчетах примеров были использованы некоторые из этого списка аппаратные средства.

6. Примеры

6.1. Линейная динамическая РМ с «памятью» $m = 1$

Рассмотрим РМ следующего вида:

$$v[j+1] = \sum_{n=0}^1 w^{(1)}[n]x[j+1-n] + \xi[j+1], \quad j \in [0,1].$$

Введем обозначения

$$a_0^{(1)} = w^{(1)}[0], a_1^{(1)} = w^{(1)}[1]; \quad a^{(1)} = \{a_0^{(1)}, a_1^{(1)}\}.$$

Имеем два измерения входа и выхода ($j = 0,1$). Измеренные значения входа можно представить матрицей $X = [x_{j,n} = x_{j+1-n}]_{j \in [0,1]; n \in [0,1]}$:

$$X = \begin{pmatrix} x[1] & x[0] \\ x[2] & x[1] \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,39 & 0,19 \\ 0,93 & 0,39 \end{pmatrix}.$$

Измеренные значения выхода $y[1] y_0 = -0,098; y[2] = y_1 = -0,305$. Интервалы для шума имеют вид $\Xi_0 = [-0,02; 0,02]; \Xi_1 = [-0,1; 0,1]$.

Импульсные характеристики интервального типа (12). Значения констант в (12): $\alpha^{(1)} = -0,5; \beta^{(1)} = 1,0$. Интервалы $\mathcal{A}_0^{(1)} = [-1,0; 1,0], \mathcal{A}_1^{(1)} = [-0,61; 0,61]$.

В обозначениях (15) будем иметь

$$v[j+1] = V^{(1)}(a_0^{(1)}, a_1^{(1)}, j) = a_0^{(1)}x[j+1] + a_1^{(1)}x[j].$$

Энтропийно-оптимальные функции плотности

$$\tilde{P}^{(1)}(a_0^{(1)}, a_1^{(1)}) = \mathcal{R}_1^{(-1)}(\theta_0, \theta_1) \exp(-a_0^{(1)}(\theta_0 x[1] + \theta_1 x[2]) - a_1^{(1)}(\theta_0 x[0] + \theta_1 x[1])),$$

$$\tilde{q}_j(\xi_j) = \mathcal{B}_j^{(-1)}(\theta_j) \exp(-\theta_j \xi_j) d\xi_j, \quad j \in [0,1],$$

где

$$\mathcal{R}_1(\theta_0, \theta_1) = (\mathcal{J}_{0,0}^{(1)}(\theta_0) \mathcal{J}_{0,1}^{(1)}(\theta_1)) (\mathcal{J}_{1,0}^{(1)}(\theta_0) \mathcal{J}_{1,1}^{(1)}(\theta_1)),$$

$$\mathcal{J}_{n,i}^{(1)}(\theta_i) = \int_{\mathcal{A}_n^{(1)}} \exp(-a_n^{(1)} \theta_i x[i + m - n]) da_n^{(1)}, \quad (n, i) \in [0,1],$$

$$\mathcal{B}_j(\theta_j) = \int_{\Xi_j} \exp(-\theta_j \xi_j) d\xi_j, \quad j \in [0,1].$$

Множители Лагранжа θ_0, θ_1 определяются из следующих балансовых уравнений:

$$\begin{aligned} & x[j+1] (\tilde{\mathcal{J}}_{0,0}^{(1)}(\theta_0) \mathcal{J}_{1,0}^{(1)}(\theta_0)) (\tilde{\mathcal{J}}_{0,1}^{(1)}(\theta_1) \mathcal{J}_{1,1}^{(1)}(\theta_1)) + \\ & + x[j] (\tilde{\mathcal{J}}_{1,0}^{(1)}(\theta_0) \mathcal{J}_{0,0}^{(1)}(\theta_0)) (\tilde{\mathcal{J}}_{1,1}^{(1)}(\theta_1) \mathcal{J}_{0,1}^{(1)}(\theta_1)) + \\ & + \mathcal{R}(\theta) (\mathcal{B}_j^{(-1)}(\theta_j) \tilde{\mathcal{B}}_j(\theta_j) - y[j+1]) = 0, \quad j \in [0,1]. \end{aligned}$$

Для переменных z_0, z_1 (28) эти уравнения имеют вид

$$\begin{aligned} \Omega_j(z_0, z_1) = & x[j+1] (\tilde{\mathcal{J}}_{0,0}^{(1)}[\phi(z_0)] \mathcal{J}_{1,0}^{(1)}[\phi(z_0)]) \times \\ & \times (\tilde{\mathcal{J}}_{0,1}^{(1)}[\phi(z_1)] \mathcal{J}_{1,1}^{(1)}[\phi(z_1)]) + x[j] (\tilde{\mathcal{J}}_{1,0}^{(1)}[\phi(z_0)] \mathcal{J}_{0,0}^{(1)}[\phi(z_0)]) \times \\ & (\tilde{\mathcal{J}}_{1,1}^{(1)}[\phi(z_1)] \mathcal{J}_{0,1}^{(1)}[\phi(z_1)]) + \mathcal{R}[\phi(z_0), \phi(z_1)] (\mathcal{B}_j^{(-1)}[\phi(z_j)] \tilde{\mathcal{B}}_j[\phi(z_j)] - \\ & - y[j+1]) = 0, \quad j \in [0,1]. \end{aligned}$$

Решение этих уравнений определяется путем минимизации невязки

$$J(z_0, z_1) = \sqrt{\Omega_0^2(z_0, z_1) + \Omega_1^2(z_0, z_1)}.$$

Минимальное значений невязки известно и равно 0. Проблема состоит в определении пары z_0^*, z_1^* , при которых $J = 0$. Алгоритм ПМК использовался для

решения этой задачи. Начальное количество точек $N^0 = 50000$. На рис. 9 показана зависимость значений $J_{\min}(N)$. Из этой зависимости видно, что начиная с $N = 300000$ зависимость $J_{\min}(N)$ становится монотонно убывающей, и достигает заданной точности определения минимума $\delta = 0,001$ при $N = 10^6$.

Вычисления проводились на рабочей станции, оснащенной процессором Intel Core i7-920, 6 ГБ памяти и графическим процессором NVidia Tesla C2070.

На рис. 10 показаны графики энтропийно-оптимальных ПРВ параметров и шумов.

6.2. Динамическая РМ с неструктурируемыми нелинейностями второй степени и памятью $m = 1$

Рассмотрим РМ следующего вида:

$$\begin{aligned} \upsilon[j+1] = & \sum_{n_1=0}^2 w^{(1)}[n_1]x[j+1-n_1] + \\ & + \sum_{n_1, n_2=0}^2 w^{(2)}[n_1, n_2]x[j+1-n_1]x[j+1-n_2] + \\ & \xi[j+1], \quad j = 0, 1, \end{aligned}$$

где $w^{(1)}[n_1]$, $w^{(2)}[n_1, n_2]$ — случайные импульсные характеристики. Таким образом, рассматриваемая динамическая РМ имеет 9 параметров:

$$\begin{aligned} a_0 = a_0^{(1)} = w^{(1)}[0], \quad a_1 = a_1^{(1)} = w^{(1)}[1], \quad a_2 = a_2^{(1)} = w^{(1)}[2]; \\ a_3 = a_0^{(2)} = w^{(2)}[0, 0], \quad a_4 = a_1^{(2)} = w^{(2)}[0, 1] + w^{(2)}[1, 0], \\ a_5 = a_2^{(2)} = w^{(2)}[0, 2] + w^{(2)}[2, 0], \quad a_6 = a_3^{(2)} = w^{(2)}[1, 1], \\ a_7 = a_4^{(2)} = w^{(2)}[1, 2] + w^{(2)}[2, 1], \quad a_8 = a_5^{(2)} = w^{(2)}[2, 2]. \end{aligned}$$

Значения констант в (12) приведены в табл. 1.

Таблица 1

Значения $\beta_+^{(1,2)}$, $\beta_-^{(1,2)}$, $\alpha_+^{(1,2)}$, $\alpha_-^{(1,2)}$

$\beta_+^{(1)}$	$\beta_+^{(2)}$	$\beta_-^{(1)}$	$\beta_-^{(2)}$	$\alpha_+^{(1)}$	$\alpha_+^{(2)}$	$\alpha_-^{(1)}$	$\alpha_-^{(2)}$
1,0	2,0	0,5	1,0	0,08	0,08	0,08	0,08

В табл. 2 показаны интервалы (12), которым принадлежат компоненты вектора параметров \mathbf{a} .

Таблица 2

Интервалы для параметров

i	1	2	3	4	5	6	7	8	9
a_j^-	0,50	0,46	0,42	1,00	0,92	0,85	0,85	0,79	0,72
a_j^+	1,00	0,92	0,85	2,00	1,84	1,70	1,70	1,58	1,44

Имеем два измерения входа и выхода. Сформируем блоки $X^{(1)}$, $X^{(2)}$ (19):

$$\begin{aligned} X^{(1)} = \begin{pmatrix} x[2] & x[1] & x[0] \\ x[3] & x[2] & x[1] \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_{00} & x_{01} & x_{02} \\ x_{10} & x_{11} & x_{12} \end{pmatrix}, \\ X^{(2)} = \begin{pmatrix} x^2[2] & x[2]x[1] & x[2]x[0] & x^2[1] & x[1]x[0] & x^2[0] \\ x^2[3] & x[3]x[2] & x[3]x[1] & x^2[2] & x[2]x[1] & x^2[1] \end{pmatrix} = \\ = \begin{pmatrix} x_{00} & x_{01} & x_{02} & x_{03} & x_{04} & x_{05} \\ x_{10} & x_{11} & x_{12} & x_{13} & x_{14} & x_{15} \end{pmatrix}. \end{aligned} \quad (49)$$

Матрица X (19) имеет следующий вид

$$X = \begin{pmatrix} 3,9 & 1,9 & 2,8 & 0,9 & 1,6 & 5,2 & 3,6 & 1,9 & 4,2 \\ 9,3 & 3,9 & 1,9 & 3,8 & 8,5 & 4,9 & 0,9 & 1,6 & 2,6 \end{pmatrix}.$$

Компоненты шума $\xi[0] = \xi_0 \in \Xi_0 = [-3, 3]$; $\xi[1] = \xi_1 \in \Xi_1 = [-6, 6]$. Измеренные значения выхода $y[2] = y_0 = 18,51$, $y[3] = y_1 = 43,36$.

S_{PQ}^1 -оценка ПРВ параметров $p_i^*(a_i)$, $i \in [0, 8]$ и ПРВ шума $q_0^*(\xi_0)$, $q_1^*(\xi_1)$ имеет вид

$$p_i^*(a_i) = \exp\left(-1 - \gamma_i - \sum_{l=0}^1 \theta_l x_{il} a_i\right), \quad i \in [0, 8],$$

$$q_j^*(\xi_j) = \exp(-1 - \omega_j - \theta_j \xi_j), \quad j \in [0, 1],$$

где множители Лагранжа γ_i , ω_j , θ_j определяются из следующих уравнений:

$$\Gamma_i(\gamma, \theta) = \int_{a_i^-}^{a_i^+} \exp[-1 - \gamma_i - \sum_{l=0}^1 \theta_l x_{il} a_i] da_i = 1, \quad i \in [0, 8],$$

$$\Omega_j(\omega, \theta) = \int_{\xi_j^-}^{\xi_j^+} \exp[-1 - \omega_j - \theta_j \xi_j] d\xi_j = 1, \quad j \in [0, 1].$$

$$\begin{aligned} \Phi_j(\gamma, \omega, \theta) = \sum_{l=0}^8 x_{il} \int_{a_i^-}^{a_i^+} a_i \exp[-1 - \gamma_i - \sum_{k=0}^1 \theta_k x_{ki} a_i] da_i + \\ + \int_{\xi_j^-}^{\xi_j^+} \xi_j \exp[-1 - \omega_j - \theta_j \xi_j] d\xi_j = y_j, \\ j \in [0, 1], \quad i \in [0, 8]. \end{aligned}$$

Для реализации необходимых расчетов использовался пакет MATLAB с расширениями для оптимизации (Optimization Toolbox) и символьных вычислений (Symbolic Math Toolbox). Аппарат символьных вычислений применяется для аналитического вычисления интегралов в левых частях уравнений. Поиск решения уравнений осуществляется с помощью реализованного в MATLAB алгоритма Trust-region dogleg (метод искривленных оврагов — авторская версия русского термина).

Результаты расчета множителей Лагранжа приведены в табл. 3, 4.

Таблица 3

Множители Лагранжа γ_i

i	γ_i	i	γ_i	i	γ_i
0	-10,0475	3	1,5448	6	-32,9907
1	-6,8421	4	11,2746	7	-15,0797
2	-13,7688	5	-37,2191	8	-29,7189

Таблица 4

Множители Лагранжа ω_j , θ_j

j	0	1
ω_j	26,6458	14,7240
θ_j	9,9822	-2,7918

На рис. 11а показаны графики функций плотности распределения вероятностей параметров $p_i(a_i^{(1)})$, $i \in [0, 2]$ (кривые 0, 1, 2) и $p_i(a_i^{(2)})$, $i \in [3, 8]$ (кривые 3–8). На рис. 11б показаны графики функций плотности распределения вероятностей шума $q_0(\xi_0)$, $q_1(\xi_1)$.

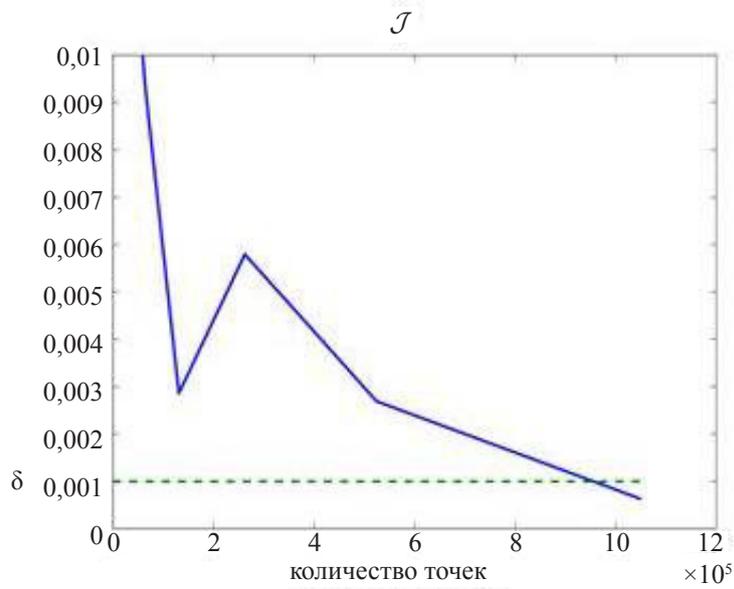


Рис. 9. Зависимость значений $J_{\min}(N)$

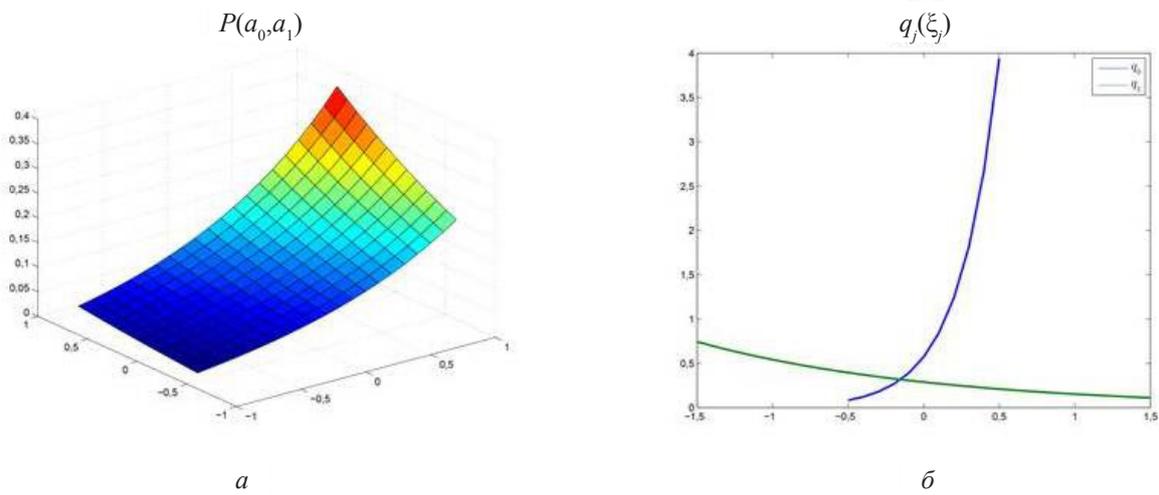


Рис. 10. Графики энтропийно-оптимальных ПРВ параметров и шумов

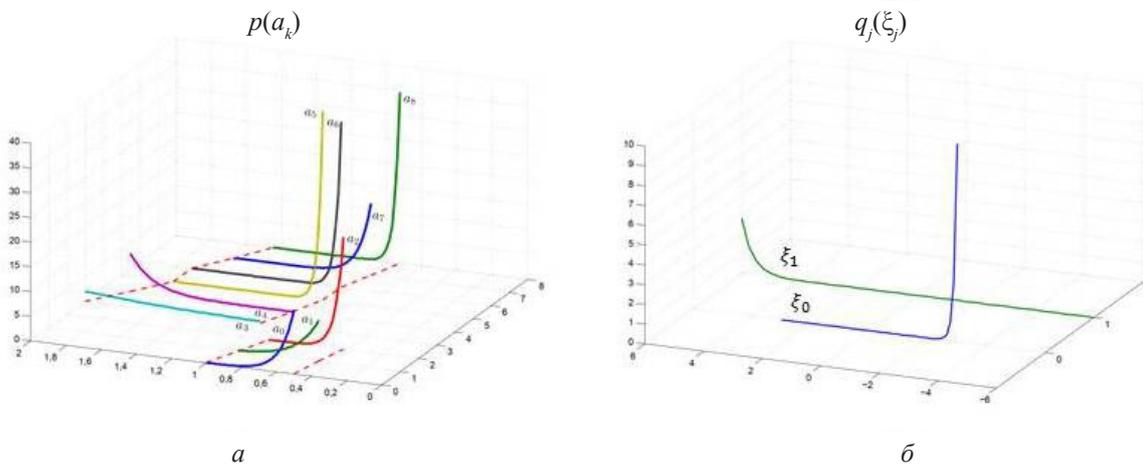


Рис. 11. Графики функций плотности распределения вероятностей

6.3. Динамическая РМ со структурированными нелинейностями второй степени и «памятью» $m = 1$

Рассмотрим РМ следующего вида:

$$v[j+1] = \sum_{n=0}^1 w^{(1)}[n]x[j+1-n] + \left(\sum_{n=0}^1 w^{(2)}[n]x[j+1-n] \right)^2 + \xi[j+1], \quad j \in [0,1],$$

Введем обозначения, принятые в предыдущем примере:

$$a_0^{(1)} = w^{(1)}[0], \quad a_1^{(1)} = w^{(1)}[1]; \quad a^{(1)} = \{a_0^{(1)}, a_1^{(1)}\}; \\ a_0^{(2)} = w^{(2)}[0], \quad a_1^{(2)} = w^{(2)}[1]; \quad a^{(2)} = \{a_0^{(2)}, a_1^{(2)}\}.$$

Импульсные характеристики интервального типа (12). Значения констант в (12) приведены в табл. 5, причем $\alpha_n^h = \alpha^h$ и $\beta_n^h = \beta^h$.

Таблица 5

Значения $\alpha^1, \alpha^2, \beta^1, \beta^2$

β^1	β^2	α^1	α^2
1,0	2,0	0,5	1,0

В обозначениях (15) будем иметь

$$v[j+1] = V_j^{(1)}(a_0^{(1)}, a_1^{(1)}) + V_j^{(2)}(a_0^{(2)}, a_1^{(2)}),$$

где

$$V_j^{(1)}(a_0^{(1)}, a_1^{(1)}) = a_0^{(1)}x[j+1] + a_1^{(1)}x[j], \\ V_j^{(2)}(a_0^{(2)}, a_1^{(2)}, j) = [a_0^{(1)}]^2 x^2[j+1] + [a_1^{(1)}]^2 x^2[j] + 2a_0^{(1)}a_1^{(1)}x[j+1]x[j].$$

Энтропийно-оптимальные функции ПРВ (23) имеют вид

$$\tilde{P}^h(a_0^{(h)}, a_1^{(h)}) = \frac{1}{\mathcal{R}^{(h)}(\theta_0, \theta_1)} \exp\left(-\sum_{j=0}^1 \theta_j V_j^{(h)}(a_0^{(h)}, a_1^{(h)})\right), \quad h \in [1,2]; \\ \tilde{q}_j(\xi_j) = \frac{1}{\mathcal{Q}_j(\theta_j)} \exp(-\theta_j \xi_j), \quad j \in [0,1].$$

Здесь

$$\mathcal{R}^{(h)}(\theta_0, \theta_1) = \int_{\mathcal{A}^{(h)}} \exp\left(-\sum_{j=0}^1 \theta_j V_j^{(h)}(a_0^{(h)}, a_1^{(h)})\right) da_0^{(h)} da_1^{(h)}, \\ \mathcal{Q}_j(\theta_j) = \int_{\Xi_j} \exp(-\theta_j \xi_j) d\xi_j, \quad j \in [0,1].$$

Имеем два измерения входа и выхода ($j = 0,1$). Измеренные значения входа можно представить матрицей $X = [x_{j,n} = x_{j+1-n} | j = [0, 1]; n = [0, 1]]$:

$$X = \begin{pmatrix} x[1] & x[0] \\ x[2] & x[1] \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,39 & 0,93 \\ 0,93 & 0,39 \end{pmatrix}.$$

Измеренные значения выхода $y[1] = y_0 = 1,5$; $y[2] = y_1 = 6,5$. Интервалы для шума имеют вид: $\Xi_0 = [-0,5; 0,5]$; $\Xi_1 = [-1,5; 1,5]$.

Множители Лагранжа θ_0, θ_1 определяются из следующих уравнений (см. (27)):

$$\Psi_j(\theta_0, \theta_1) = \sum_{h=1}^2 \frac{\mathcal{D}_j^{(h)}(\theta)}{\mathcal{R}^{(h)}(\theta)} + \frac{C_j(\theta_j)}{\mathcal{Q}_j(\theta_j)} - \\ -y[j+m] = 0, \quad j \in [0,s], \quad \theta \in R^2,$$

где интегральные компоненты имеют вид

$$\mathcal{D}_j^{(h)}(\theta) = \int_{\mathcal{A}^{(h)}} V_j^{(h)}(a_0^{(h)}, a_1^{(h)}) \exp\left(-\sum_{i=0}^1 \theta_i V_i^{(h)}(a_0^{(h)}, a_1^{(h)})\right) da_0^{(h)} da_1^{(h)}, \\ C_j(\theta_j) = \int_{\Xi_j} \xi_j \exp(-\theta_j \xi_j) d\xi_j.$$

Применяя преобразование (28), получим следующую систему уравнений относительно переменных z_0, z_1 :

$$\Omega_j(z_0, z_1) = \sum_{h=1}^2 \frac{\mathcal{D}_j^{(h)}[\phi(z_0, z_1)]}{\mathcal{R}^{(h)}[\phi(z_0, z_1)]} + \frac{C_j[\phi(z_0, z_1)]}{\mathcal{Q}_j[\phi(z_0, z_1)]} - \\ -y[j+m] = 0, \quad j \in [0,1], \quad (z_0, z_1) \in K^2.$$

Интегральные компоненты в этих уравнениях имеют вид

$$\mathcal{R}^{(h)}[\phi(z_0, z_1)] = \int_{\mathcal{A}^{(h)}} \exp\left(-\sum_{j=0}^1 \phi(z_j) V_j^{(h)}(a_0^{(h)}, a_1^{(h)})\right) da_0^{(h)} da_1^{(h)}, \\ \mathcal{Q}_j[\phi(z_j)] = \int_{\Xi_j} \exp(-\phi(z_j) \xi_j) d\xi_j; \\ \mathcal{D}_j^{(h)}[\phi(z_0, z_1)] = \int_{\mathcal{A}^{(h)}} V_j^{(h)}(a_0^{(h)}, a_1^{(h)}) \times \\ \times \exp\left(-\sum_{i=0}^1 \phi(z_i) V_i^{(h)}(a_0^{(h)}, a_1^{(h)})\right) da_0^{(h)} da_1^{(h)}, \\ C_j[\phi(z_j)] = \int_{\Xi_j} \xi_j \exp(-\phi(z_j) \xi_j) d\xi_j.$$

Для расчета использовался алгоритм, описанный в 3, в котором интегральные компоненты вычислялись по квадратурным формулам. В MATLAB'е имеется пакет для подинтегральных функций до 2-ой степени на вычислительном кластере, оснащенных многоядерными процессорами общего назначения. Вычисление значений функции невязки $f(\mathbf{z})$ и селекция минимальных ее значений осуществлялись на графическом процессоре.

Расчеты выполнялись на следующем оборудовании:

- вычислительный кластер из 8 узлов, с процессорами Intel Core™ 2 Q8400 и 4 ГБ памяти, объединенные сетью Gigabit Ethernet, под управлением 64-разрядной операционной системы Debian Squeeze;

- рабочая станция, оснащенная процессором Intel Core™ i7-920, 6 ГБ памяти и графическим процессором NVidia Tesla C2070(448 ядер CUBA, 6 ГБ памяти) под управлением 64-разрядной операционной системы Windows 7;

- программный пакет MATLAB версия 8.0 (2012b) с модулями Parallel Computing Toolbox (PCT) и Distributed Computing Server (MDCS) с 32 рабочими процессами.

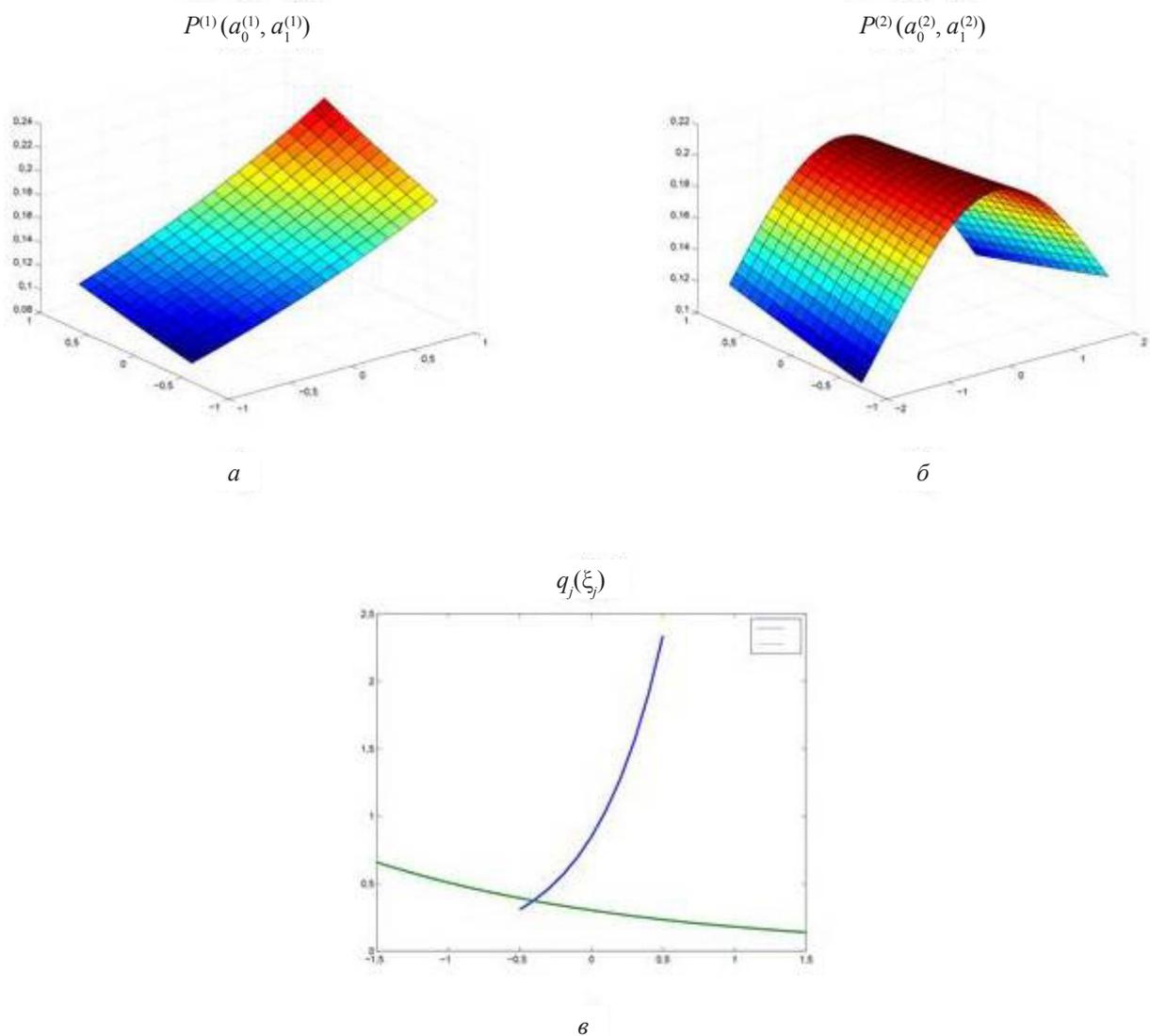


Рис. 12. Графики ПРВ: а — $P^{(1)}(a_0^{(1)}, a_1^{(1)})$; б — $P^{(2)}(a_0^{(2)}, a_1^{(2)})$; в — $q_0(\xi_0), q_1(\xi_1)$

При длине случайной последовательности $N = 10^8$ глобальный минимум функции невязки $J(\mathbf{z}^*) = 0,0053$, т. е. $\delta = 0,0053$, и $\mathbf{z}^* = \{0,1232; 0,8137\}$. На рис. 12а,б показаны графики ПРВ $P^{(1)}(a_0^{(1)}, a_1^{(1)})$, $P^{(2)}(a_0^{(2)}, a_1^{(2)})$ и на рис. 12в графики ПРВ $q_0(\xi_0), q_1(\xi_1)$ соответственно.

Заключение

Предложен метод энтропийно-робастного оценивания функций плотностей распределения вероятностей (ПРВ) параметров рандомизированных динамических моделей со структурированными степенными нелинейностями и шумов измерений. Показано, что энтропийно-оптимальные функции ПРВ принадлежат экспоненциальным классам, параметризованным множителями Лагранжа. Сформированы уравнения баланса между $1/k$ -моментом компонент выхода модели и вектором наблюдений, которые определяют множители Лагранжа. Решение этих уравнений сведено к задаче поиска глобального минимума квадратичной функции невязки на неотрицательном единичном $(s + 1)$ -кубе, где $(s + 1)$ — размерность вектора наблюдений.

Разработан алгоритм глобальной минимизации указанной функции, использующий параллельные технологии Монте-Карло, реализованные на графических процессорах. Приведены примеры, иллюстрирующие развиваемый метод.

Список литературы

1. Попков, Ю. С. Оценивание характеристик рандомизированных статических моделей данных (энтропийно-робастный подход) / Ю. С. Попков, А. Ю. Попков, Ю. В. Лысак // Автоматика и Телемеханика. 2013. Вып. 11. С. 114–131.
2. Попков, Ю. С. Оценивание характеристик рандомизированных динамических моделей данных (энтропийно-робастный подход) / Ю. С. Попков, А. Ю. Попков, Ю. В. Лысак // Автоматика и Телемеханика (в печати).
3. Jaynes, E. T. Information Theory and Statistical Mechanics // Physics Review. 1957. Vol. 106. P. 620–630.
4. Golan, A. Information and Entropy Econometrics — A Review and Synthesis // Foundations and Trends in Econometrics. 2008. Vol. 2, № 1–2. P. 1–145.

5. Цыпкин, Я. З. Теория нелинейных импульсных систем / Я. З. Цыпкин, Ю. С. Попков. М. : Наука, 1973.
6. Strongin, R. G. Global Optimization with Non-Convex Constraints / R. G. Strongin, Yu. D. Sergeyev. Dordrecht : Kluwer Academic Publishers, 2000.
7. Sergeyev, Ya. D. Introduction to global optimization exploiting space-filling curves / Ya. D. Sergeyev, R. G. Strongin, D. Lera. New York : Springer, 2013.
8. Zhigljavsky, A. Theory of Global Random Search. Kluwer Academic Publishers, 1991.
9. Batti, R. Reactive Search and Intelligent Optimization (Operation Research / Computer Science Interfaces Series) / R. Batti, M. Brunato, F. Mascia. 2008.
10. Стрекаловский, А. С. Элементы невыпуклой оптимизации. Новосибирск : Наука, 2003.
11. Соболев, И. М. Численные методы Монте-Карло. М. : Наука, 1973.
12. Caflish, R. E. Monte Carlo and quasi — Monte-Carlo methods // Acta Numerica. 1998. P. 1–49.
13. Foster, I. Designing and Building Parallel Programs: Concepts and Tools for Parallel Software Engineering. Boston : Addison Wesley Longman Publishing Co, 1995.
14. Shampine, L. F. MatLab program for quadrature in 2D // Applied Mathematics and Computation. 2008. Vol. 202, № 1. P. 266–274.
15. Воеводин, В. В. Параллельные вычисления / В. В. Воеводин, Вл. В. Воеводин. СПб. : БХВ-Петербург, 2004.
16. Gelfand, I. M. Calculus of Variations. Englewood Cliffs / I. M. Gelfand, S. V. Fomin. Prentice-Hall, 1963.

КОГНИТИВНОЕ МЕТАМОДЕЛИРОВАНИЕ. ЭЛЕМЕНТЫ СОЗНАНИЯ И КАРТИНЫ МИРА

Уточняется понятие знака, достаточно широко используемое в психологии, в частности в культурно-исторической теории Л. С. Выготского, где знак понимается неформальным образом. Рассмотрены процедуры формирования знаков и самоорганизация на множестве знаков. Результатом самоорганизации является новый способ описания картины мира субъекта деятельности. На основе предложенной картины мира строятся модели некоторых функций сознания.

Введение

Ряд высших психических функций, таких как интроспекция, рефлексия, осознание мотива деятельности, целеполагание и некоторые иные, рассматриваемые в когнитивной психологии, обычно выходят за рамки исследований в области искусственного интеллекта. Связано это, по-видимому, с ограниченностью символического подхода, культивируемого в искусственном интеллекте. Одной из задач настоящей работы является преодоление этого ограничения. Для этого вводится в рассмотрение понятие знака, достаточно широко используемое как в психологии, в частности, в культурно-исторической теории Л. С. Выготского, так и в семиотике. С этой целью вначале уточняются понятие знака и процесс его формирования (актуализации). Далее показывается, что процесс формирования или актуализации знака можно рассматривать как элементарный шаг возникновения или модификации картины мира субъекта. Затем рассмотрен процесс самоорганизации на множестве знаков, который становится возможным благодаря наличию в структуре каждого знака четырех компонент. Это позволяет далее рассмотреть различные известные в психологии феномены, в частности, различные типы картин мира субъектов и важнейшие функции сознания: рефлексия, осознание мотива и целеполагание.

Введенные в работе конструкции мы относим к, условно говоря, внешнему или синтаксическому уровню картины мира субъекта поведения. Внутренний или семантический уровень, содержит основные процедуры, такие как алгоритмы распознавания образов и системы правил, интерпретирующие синтаксические конструкции внешнего уровня. Его описание выходит за пределы настоящей работы и является темой отдельного исследования. Поэтому, пока мы будем апеллировать к знаниям читателя в области распознавания образов и представления знаний.

1. Знак как элемент сознания

Представление каждого предмета в сознании (которое далее будем называть элементом сознания) включает следующие компоненты: образ предмета, его значение (или назначение) и личностные смыслы [1]. Образ потенциального элемента сознания, его значение и смыслы могут не связываться в единое целое и тогда не происходит формирования (в филогенезе), или актуализации (в микрогенезе) знака, а психическое отражение фиксирует для субъекта не *личностный*, а *био-*

логический смысл объекта, не *образ сознания*, но *образ восприятия* и *функциональное значение* объекта в решаемой задаче вместо *значения*, выработанного в ходе общественно-исторической практики. Поскольку три аспекта знания об объекте связаны в этом случае лишь парными зависимостями, то нужен «внешний наблюдатель», чтобы увидеть, что это три компонента отражения одного предмета действительности [2].

Легко видеть, что понятие *образа* в психологии идентично понятию *представления* в семиотике [3; 4]: согласно понятию образа, развиваемому в когнитивной психологии, восприятие трактуется как процесс категоризации [5], что в точности соответствует понятию *представления* в семиотике — представление используется для различения объекта, соответствующего рассматриваемому знаку среди других объектов; *личностные смыслы* интерпретируются совокупностью действий, применимых субъектом действия к предмету [1]. В прикладной семиотике [6] это соответствует *прагматической* компоненте знака — множеству действий, связанных со знаком; понятие *значения* в психологии соответствует *значению* в семиотике и семантике, т. е. семантической компоненте знака.

До момента связывания в знак эти компоненты будем называть перцептом, биологическим смыслом и функциональным значением, соответственно. Связывание упомянутых компонент становится возможным благодаря именованию возникающей структуры; это и приводит к конструкции, называемой *знаком*.

При этом знак и его компоненты становятся элементами языковой системы, т. е. происходит включение знака в картину мира субъекта.

2. Формирование знака

Формирование (актуализация) знака включает следующие стадии:

0. *Локализация* объекта. Происходит это в пространстве, в котором наряду с четырьмя измерениями физического пространства-времени, существует пятое квази-измерение — *измерение значений* [7] (поскольку человек как носитель сознания живет в двух реальностях — физической и языковой [8]). При этом субъект определяет положение объекта относительно самого себя. Это значит, что он должен реализовывать функцию самосознания — рефлексия — знать свои «координаты» в этом пространстве, т. е. пребывать, как говорят психиатры, в ясном состоянии сознания.

1. *Формирование* перцепта. Основано на работе процедуры воспроизведения свойств объекта моторикой воспринимающего органа (для живых существ) или на обработке методами распознавания образов информации, снимаемой с датчиков (для искусственных систем).

2. *Порождение* на основе прошлого опыта или на основе прецедентов — множества пар вида «перцепт — функциональное значение» — функционального значения объекта.

3. *Оценка специальным механизмом* степени близости функционального значения, полученного на стадии 2 к функциональному значению, полученному на стадии 0; в случае недостаточной близости, переход к п. 1 и продолжение формирования перцепта (в психологии сенсорно-перцептивных процессов этот механизм получил название «сенсорная уверенность»).

4. Стадии 1, 2, 3 выполняются до получения степени близости, достаточной с точки зрения специального механизма, упомянутого в п. 3.

5. Получение субъектом из культурной среды, аккумулированной в системе естественного языка, пары «имя знака — значение» и оценка упомянутым специальным механизмом степени близости функционального значения, полученного на стадии 4 к значению, полученному из культурной среды; в случае недостаточной близости, переход к п. 1 и продолжение формирования перцепта.

6. Связывание имени из пары «имя знака — значение» с перцептом, полученным после завершения выполнения пп. 1–5. С этого момента перцепт превращается в образ.

7. Формирование личностных смыслов знака на основе прецедентов действий с предметом.

8. *Связывание* имени из пары «имя знака — значение» со сформированным личностным смыслом. С этого момента функциональное значение превращается в значение, а биологический смысл — в личностный смысл.

9. Продолжение отображения «биологический смысл — перцепт» включением в область определения отображения личностного смысла, полученного в предыдущем пункте, а в область значений — образа, полученного в п. 6.

Замечание. Из п. 2 следует, что формирование знака вне культурной среды невозможно.

Разумеется, стадии 0–9 описаны весьма схематично. Уточним изложенную выше схему.

2.1. Процедуры связывания

Итак, пусть:

1. A — множество смыслов (как личностных, так и биологических);

2. M — множество значений;

3. P — множество признаков объектов; тогда

1. $a \subseteq A$ подмножество множества личностных смыслов (возможно пустое);

2. $m \subseteq M$ подмножество множества значений (функциональное либо культурно-историческое);

3. $p \subseteq P$ подмножество множества признаков (перцепт либо образ).

Переходы от множества свойств P к его различным подмножествам реализуются благодаря наличию у субъекта действия встроенных процедур распознавания образов. Процесс формирования знака начинается с работы именно этих процедур. На первом этапе формирования знака этот процесс приводит к формированию образа восприятия или перцепта. На внутреннем или семантическом уровне построению перцепта соответствует последовательное применение некоторого множества процедур распознавания образов [9; 10].

Подмножество a множества личностных смыслов A возникает благодаря опыту действия с предметом. По существу, сказанное означает, что речь идет о формировании m и a на основе прецедентов.

Введем далее отображения *связывания*. Заметим, что эти отображения являются частичными функциями из булеанов P , M и A в булеаны M , A и P соответственно. Разумеется, мы полагаем, что субъект уже обладает минимальным опытом, т. е. ранее выполнял какие-то действия.

Первое из таких отображений $\Psi_p^m: 2^P \rightarrow 2^M$ — процедура связывания перцепта p с функциональным значением m , так что $\Psi_p^m(p^{(i)}) = m^{(i)}$, где $p^{(i)} \in 2^P$, $m^{(i)} \in 2^M$, 2^P и 2^M — булеаны P и M , соответственно.

Второе отображение: $\Psi_m^a: 2^M \rightarrow 2^A$ связывает значения (или функциональные значения) с личностными (или биологическими) смыслами таким образом, что $\Psi_m^a(m^{(i)}) = a^{(i)}$, где $m^{(i)} \in 2^M$, $a^{(i)} \in 2^A$, 2^A — булеан A .

Отображение $\Psi_a^p: 2^A \rightarrow 2^P$ связывает личностные (или биологические) смыслы с образом (перцептом), так что $\Psi_a^p(a^{(i)}) = p^{(i+1)}$, где $a^{(i)} \in 2^A$, $p^{(i+1)} \in 2^P$.

Эти процедуры являются итерационными (верхние индексы в скобках соответствуют номеру итерации).

Действуя на основе приведенной в начале настоящего параграфа схемы 0–9, рассмотрим стадии формирования знака предмета в микрогенезе или стадии актуализации знака.

2.2. Формирование функционального значения и образа восприятия

Как мы предположили выше, субъект обладает некоторым опытом действия, который зафиксирован, в частности, в прецедентах (примерах) применения отображения $\Psi_p^m: 2^P \rightarrow 2^M$. Будем считать, что множество прецедентов — есть множество упорядоченных пар вида $\langle p, m \rangle$, таких что, $\Psi_p^m(p^{(i)}) = m^{(i)}$, где $p^{(i)} \in 2^P$, $m^{(i)} \in 2^M$.

Заметим далее, что (P, T_p) и (M, T_M) суть дискретные топологические пространства с топологиями $T_p = 2^P$ и $T_M = 2^M$, соответственно. Тогда отображение $\Psi_p^m: 2^P \rightarrow 2^M$ есть отображение топологического пространства (P, T_p) в топологическое пространство (M, T_M) . Пусть $N = \langle i_1, i_2, \dots, i_n \rangle$ — последовательность итераций отображения Ψ_p^m топологического пространства (P, T_p) в топологическое пространство (M, T_M) .

Тогда бинарное отношение \geq является направлением на N , а $\Psi_p^m | N, \geq$ — последовательностью по направленному множеству N . Поскольку $\Psi_p^m(p^{(i)}) = m^{(i)}$, где $m^{(i)} \in (M, T_M)$, то Ψ_p^m — направленность в M .

Пусть m — некоторая точка в пространстве (M, T_M) , σ — система окрестностей точки m . В результате применения отображения Ψ_p^m (т. е. отображения, обратного Ψ_p^m) возникает некоторый начальный перцепт $p^{(0)}$.

В результате работы механизмов распознавания образов (рассмотрение которых мы здесь опускаем) в (P, T_p) формируется перцепт $p^{(1)}$. Отображение Ψ_p^m ставит ему в соответствие функциональное значение $m^{(1)}$ из (M, T_M) .

Далее возможны три случая:

- 1) $m^{(1)} = m$;
- 2) $m^{(1)} \notin \sigma$;
- 3) $m^{(1)} \in \sigma$.

Начнем со случая 2. Для большей определенности допустим, что $p^{(1)}$ — одноэлементное множество. Тогда, если $m^{(1)} \notin \sigma$, то следует выбрать, вообще говоря, другое одноэлементное множество $p^{(2)}$ и вновь применить отображение $\Psi_p^m(p^{(2)}) = m^{(2)}$. (Содержательно это означает, что признак $p^{(1)}$ был выбран неудачно и не являлся существенным. С точки зрения распознавания образов требуется настройка процедур распознавания).

Этот процесс продолжается до тех пор, пока не будет получен случай 3.

В случае 3 имеет место следующее: если и только если, начиная с некоторого k , последовательность Ψ_p^m, \geq по направленному множеству $\Psi_p^m | N, \geq$ остается в окрестности σ точки m , то она сходится к точке m . Однако, топология (M, T_M) является дискретной, в которой любое множество является открытым; тогда из того, что m является пределом последовательности Ψ_p^m, \geq , следует, что $m^{(i)} = m$, начиная с некоторого k . Этим исчерпывается и случай 1. Тогда $p^{(i)} = (\Psi_p^m)^{-1}(m) = \Psi_p^m(m)$.

Далее в соответствие с приведенной схемой, субъект получает из внешней культурно-исторической среды пару «имя-значение» — $\langle n, m^0 \rangle$. Пусть σ^0 — система окрестностей точки m^0 в (M, T_M) . Тогда вновь следует рассмотреть три случая:

1. $m = m^0$;
2. $m \notin \sigma^0$;
3. $m \in \sigma^0$.

Если $m \notin \sigma^0$, то следует вновь применить процедуры распознавания и отображение Ψ_p^m , до тех пор, пока не будет получен случай 3. Остается только применить приведенные в предыдущем абзаце соображения, заменив σ на σ^0 , а m — на m^0 .

Завершается эта стадия монотонным продолжением функции Ψ_p^m на множество $\{p^{(i)}, m^0\}$.

2.3. Именованние

Будем рассматривать процедуру получения из внешней среды пары $\langle n, m \rangle$ как функцию $\mathcal{M}(n)$, выдающую по имени n значение m . Тогда $(\Psi_p^m)^{-1}(\mathcal{M}(n))$ есть функция, присваивающая имя n перцепту p . Обозначим ее через $\mathcal{P}(n)$. Иначе говоря, $\mathcal{P}(n)$ есть

функция именованния перцепта. С получением имени перцепт превращается в образ.

На следующем шаге выполняется именованние биологических смыслов и, тем самым, трансформация их в личностные смыслы.

Множество личностных смыслов, как было замечено выше, формируется на основе опыта действий субъекта деятельности с предметом, соответствующим рассматриваемому знаку, и оценки успешности этих действий с помощью механизмов самосознания. Для определенности будем полагать, что этот опыт зафиксирован в отображении $a = \Psi_a^m(m)$, т. е. в виде пары $\langle m, a \rangle$. Тогда функция $\mathcal{A}(n)$ именованния множества биологических смыслов a будет иметь следующий вид $\mathcal{A}(n) = \Psi_a^m(\mathcal{M}(n))$. Биологический смысл становится личностным смыслом (рис. 1).

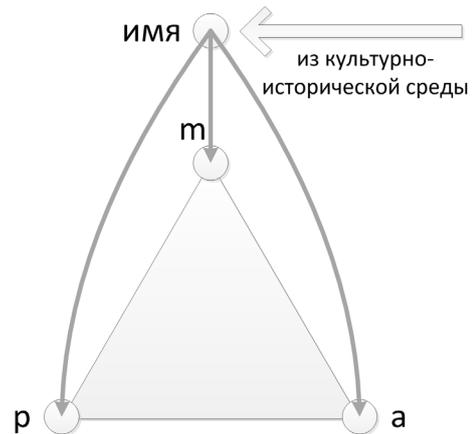


Рис 1. Знак

Завершается этот процесс монотонным продолжением функции Ψ_a^p на множество $\{a, p\}$.

Можно показать, что:

1. Тройка $\langle p, m, a \rangle$ есть неподвижная точка оператора $\Psi_p^m \Psi_a^m \Psi_p^p$.
2. Если s — знак, то $\Psi_p^p \Psi_p^m \Psi_a^a, \Psi_p^m \Psi_a^a \Psi_p^p$ и $\Psi_a^a \Psi_p^p \Psi_p^m$ — тождественные операторы.
3. $\Psi_p^m(\mathcal{P}(n)) = \mathcal{M}(n)$, $\Psi_a^a \Psi_p^m(\mathcal{P}(n)) = \mathcal{A}(n)$. Можно выписать еще шесть фактов такого рода.

3. Процедуры самоорганизации на множестве знаков

Рассмотрим структуры, которые могут возникать на множестве знаков как результат их самоорганизации. Моделирование самоорганизации в картине мира позволяет операционализировать представления об «активности знаний» [16], сформировавшееся в искусственном интеллекте под влиянием предложенной Л. Фестингером в 1956 г. концепции побуждающей роли знаний в поведении человека. Согласно Л. Фестингеру, знания не просто накапливаются и используются субъектом — знания живут своей жизнью, вступают в отношения, образуют то гармоничные, согласованные системы представлений, то оказываются втянуты в конфликты и противопоставляются друг другу.

Начнем с рассмотрения механизмов самоорганизации, порождаемых образами знаков.

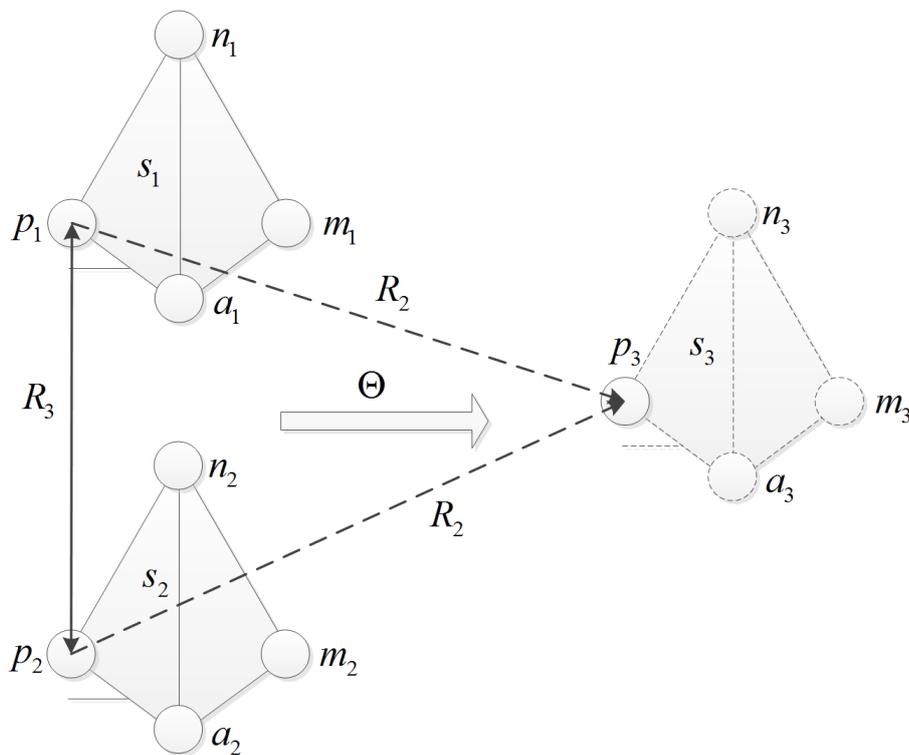


Рис. 2. Операции на множестве образов

3.1. Отношения на множестве образов

Пусть $S = \{s_1, s_2, \dots, s_k\}$ множество знаков, $p = (x_1, x_2, \dots, x_g)$ и $q = (y_1, y_2, \dots, y_h)$ — образы знаков s_p и s_q , соответственно ($p, q \in \{\overline{1, k}\}$).

Пусть π — множество образов знаков из S . Образы p и q из π суть множества признаков; индексы признаков указывают на их принадлежность тем или иным множествам признаков (доменам); так равенство $i = j$ свидетельствует о принадлежности признаков x_i и y_j одному и тому же множеству, например, X_i .

Упорядоченные множества $\tau_p = \langle i_1, i_2, \dots, i_p \rangle$ и $\tau_q = \langle j_1, j_2, \dots, j_q \rangle$, где $i_1, i_2, \dots, i_p \in \{\overline{1, g}\}$, $j_1, j_2, \dots, j_q \in \{\overline{1, h}\}$, будем называть типами образов знаков s_p и s_q соответственно.

Введем оператор *Pat*, который для всякого знака s_p , просматривает все остальные знаки и выполняет указанные ниже действия (пополняет бинарные отношения):

а) если для знака s_p и некоторого знака s_q ($p \neq q$), $\tau_p = \tau_q$ и $x_i = y_i$ то $R_1 := R_1 \cup \{(p, q)\}$, $R_1 \subseteq P \times P$;

б) если для знака s_p и некоторого знака s_q $\tau_p \subset \tau_q$ и $\forall i \in \tau_p$ имеет место $x_i = y_i$, $R_2 := R_2 \cup \{(p, q)\}$, $R_2 \subseteq P \times P$;

в) если для знака s_p и некоторого знака s_q $\tau_p \cap \tau_q \neq \emptyset$ и $\forall i \in (\tau_p \cap \tau_q)$ имеет место $x_i = y_i$, то $R_3 := R_3 \cup \{(p, q)\}$, $R_3 \subseteq P \times P$;

г) если для знака s_p и некоторого знака s_q $\tau_p \cap \tau_q \neq \emptyset$ и $\forall i \in (\tau_p \cap \tau_q)$ имеет место $x_i \neq y_i$, то $R_4 := R_4 \cup \{(p, q)\}$, $R_4 \subseteq P \times P$.

По существу, приведенные определения суть процедуры порождения новых элементов отношений на множестве знаков. Стартуя всякий раз, когда множество знаков пополняется новым знаком (или когда множество знаков начинает использоваться), описан-

ные процедуры либо формируют новое отношение, либо пополняют какое-либо из отношений на знаках новым элементом.

Это означает, что взаимодействие образов различных знаков приводит к формированию на множестве образов неоднородной семантической сети [11] с четырьмя типами отношений: эквивалентности образов (R_1), включения образов (R_2), сходства образов (R_3) и противопоставления образов (R_4).

3.2. Операции на множестве образов

Рассмотрим в качестве примера операцию *обобщения*.

Частичная операция обобщения Θ определена на множестве пар образов, принадлежащих отношению $R_1 \cup R_2 \cup R_3$; результатом работы Θ является новый образ, включающий все *общие* признаки исходных образов (рис. 2). Пусть P — множество образов, $p_1, p_2 \in P$, $p_1 = (x_1, x_2, \dots, x_g)$ и $p_2 = (y_1, y_2, \dots, y_h)$, тогда $\Theta: P \times P \rightarrow P$ так, что для всяких $p_1, p_2 \in P$ таких что $(p_1, p_2) \in R_3$ $\Theta(p_1, p_2) = p_3$, где $p_3 = (z_1, z_2, \dots, z_l)$ так, что для $\forall i \exists j, k$ такие, что $z_i = x_j = y_k$.

Сформированный в результате выполнения операции обобщения образ может послужить основой для формирования нового знака. Новый знак формируется аналогично формированию знака, описанному в п. 2.

3.3. Отношения и операции на множестве личностных смыслов

Как мы видели, с каждым знаком связан некоторый личностный смысл.

На множествах личностных смыслов различных знаков оператор *Mean* естественным образом поро-

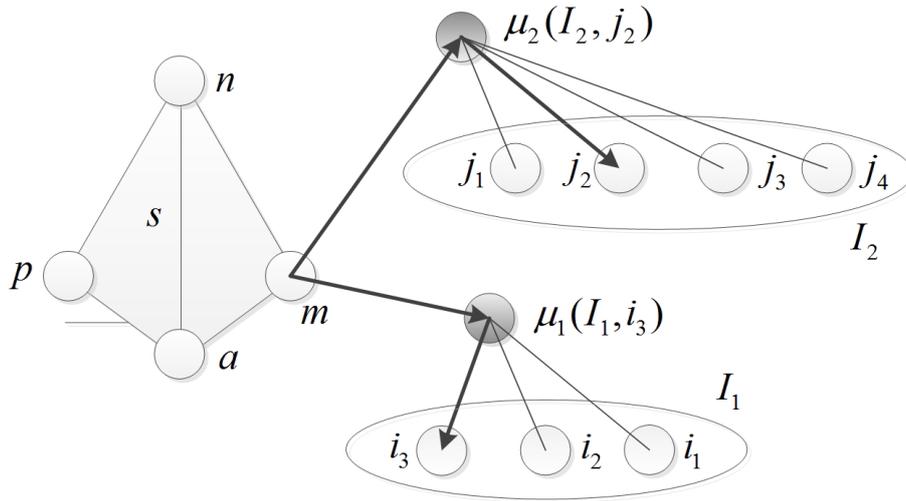


Рис. 3. Отношения и операции на множестве значений

ждает отношения поглощения, противопоставления и агглютинации смыслов. Определим эти отношения. Пусть, по-прежнему, $S = \{s_1, s_2, \dots, s_k\}$ — множество знаков.

Введем множество действий ACT и функцию I , действующую из множества личностных смыслов A в булеан 2^{ACT} множества действий [15], т. е. функцию, каждому личностному смыслу a из A ставящую в соответствие некоторое подмножество $act \subseteq ACT$: $I: A \rightarrow 2^{ACT}$, так что для каждого $a \in A$ $I(a) = act$, $act \in 2^{ACT}$.

Для всякого знака s отображение I ставит в соответствие каждому личностному смыслу a этого знака множество действий act , применимых к объекту, которому соответствует знак s . Эту функцию назовем *интерпретацией*.

Пусть теперь $I(a_1) = (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_g)$ и $I(a_2) = (\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_h)$ — интерпретации личностных смыслов знаков s_1 и s_2 , соответственно, $R_s \subseteq ACT \times ACT$ — отношение оппозиции, т. е. множество пар действий, образующих оппозиционные шкалы в смысле [12].

Определим следующие отношения на множестве личностных смыслов:

1. $\sqsubseteq (a_1, a_2)$ или $a_1 \sqsubseteq a_2$ (читается «смысл a_2 поглощает смысл a_1 »), если $I(a_1) \subseteq I(a_2)$;
2. $\perp (a_1, a_2)$ или $a_1 \perp a_2$ («смысл a_1 противопоставлен смыслу a_2 »), если $\exists \alpha_i \exists \beta_j (\alpha_i \in a_1, \beta_j \in a_2)$, что $(\alpha_i, \beta_j) \in R_s$;
3. $\sqcup (a_1, a_2, a_3)$ — трехместное отношение агглютинации смыслов — если $(I(a_1) \cup I(a_2)) = I(a_3)$.

3.4. Отношения и операции на множестве значений

Как было сказано выше, значение всякого знака отражает принятые в обществе способы использования соответствующего знаку предмета и, поэтому, может интерпретироваться некоторым действием. Тогда интерпретация значения напрямую связана с интерпретациями элементов личностного смысла знака.

Отметим, что личностный смысл, в отличие от значения, отражает индивидуальные предпочтения субъекта, в то время как значение отражает принятые

в обществе способы использования соответствующего знаку предмета. В лексике языка значение, таким образом, может отражаться некоторой группой синонимичных предикатных слов (глаголом, девербативом, причастием, деепричастием), которые единственным образом характеризуются своим набором семантических валентностей.

Пусть $I = \{i_1, i_2, \dots, i_q\}$ — множество всех возможных семантических валентностей, тогда каждую группу синонимичных предикатных слов можно характеризовать каким-либо подмножеством этого множества: $I_m = \{j_1, j_2, \dots, j_k\}$, ($I_m \subseteq I$). Пусть также s — некоторый знак со значением m . Экземпляр μ значения m знака s выражается, в силу сказанного, некоторым предикатным словом и семантической валентностью, заполняемой знаком s в множестве семантических валентностей предикатного слова. Это обстоятельство будем обозначать следующим образом: $\mu(I_m, i)$, где $\mu \in m$ — экземпляр значения знака s и $i \in I_m$ — семантическая валентность предикатного слова, характеризуемого набором I_m и заполняемая знаком s (см. рис. 3).

Рассмотрим знаки s_1 и s_2 , $\mu_1(I_1, i)$ и $\mu_2(I_2, j)$ — экземпляры значений s_1 и s_2 соответственно.

Пусть далее R_5 — отношение эквивалентности, R_6 — отношение сходства, а R_7 — ситуационное отношение (на множестве значений). Введем оператор Des , который порождает эти отношения по следующим правилам:

1. Если $I_1 = I_2$ и $i = j$, то $R_5 := R_5 \cup \{(\mu_1, \mu_2)\}$.
2. Если для экземпляра значения μ_1 знака s_1 существует экземпляр значения μ_2 знака s_2 , такое что $I_1 \cap I_2 \neq \emptyset$, $I_1 \neq I_2$ и $i = j$, то $R_6 := R_6 \cup \{(\mu_1, \mu_2)\}$.
3. Если для экземпляра значения μ_1 знака s_1 существует экземпляр значения μ_2 знака s_2 , такое что $I_1 = I_2$, и $i \neq j$, то $R_7 := R_7 \cup \{(\mu_1, \mu_2)\}$.

С каждым экземпляром значения μ свяжем теперь метку τ , и будем записывать $\mu_1(\tau_1, I_1, i)$ и $\mu_2(\tau_2, I_2, j)$. На множестве меток вводится линейный порядок: для $\forall \tau_1 \forall \tau_2$ справедливо $\tau_1 \leq \tau_2$, либо $\tau_1 \geq \tau_2$.

Введем сценарное отношение R_8 , определяемое на некотором подмножестве экземпляров значений $M_{scen} \subseteq M$ и порождаемое по следующему правилу.

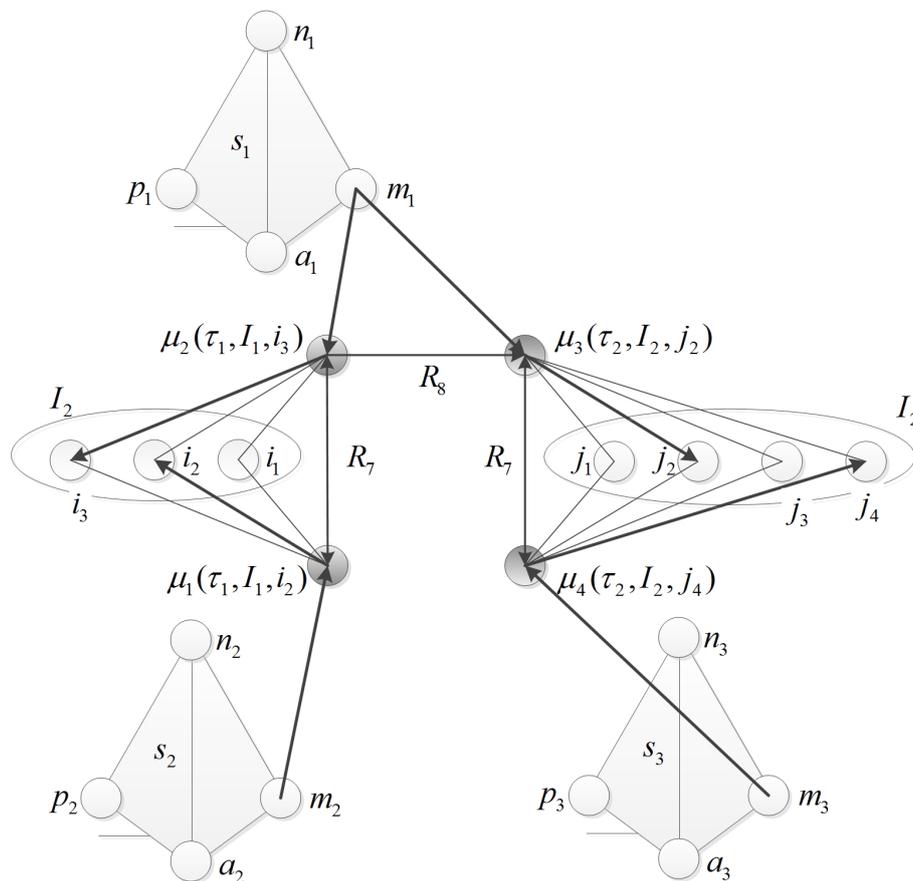


Рис. 4. Пример элементарного сценария

4. Если $\mu_1 \in M_{\text{scen}}$, $\mu_2 \in M_{\text{scen}}$, $I_1 \neq I_2$, $i \neq j$ и $\tau_1 \langle \tau_2, R_8 : = R_8 \cup \{(\mu_1, \mu_2)\}$.

Элементарным сценарием, порожденным знаком s , будем называть множество экземпляров значений $M_{\text{est}}(s)$ такое, что для $\forall \mu_1 \in M_{\text{est}}(s)$ и $\mu_2 \in M_{\text{est}}(s)$ имеет место:

а) если $\mu_1 \in m$, $\mu_2 \in m$ и $\tau_1 \geq \tau_2$, то $(\mu_1, \mu_2) \in R_8$ (в этом случае сценарное отношение R_8 определено на множестве экземпляров значения знака s , т. е. $M_{\text{scen}} = m$);

б) если $\mu_1 \in m$ и $\mu_2 \notin m$ и $\tau_1 \geq \tau_2$, то $(\mu_1, \mu_2) \in R_7$.

На рис. 4 приведен пример элементарного сценария $M_{\text{est}}(s_1)$, порожденного знаком s_1 , а именно, сформированного двумя экземплярами μ_2 и μ_3 значения знака s_1 такими, что $(\mu_2, \mu_3) \in R_8$. В приведенном на рис. 4 примере в $M_{\text{est}}(s_1)$ входят и экземпляры значений μ_1 и μ_4 , такие что $\{(\mu_1, \mu_2), (\mu_3, \mu_4)\} \subseteq R_7$, где μ_1 и μ_4 суть экземпляры значений знаков s_2 и s_3 соответственно.

4. Самоорганизация на множестве знаков и картины мира субъекта

В соответствие с предыдущим параграфом, в результате работы механизмов самоорганизации на множестве знаков формируются три основных типа структур. Каждую из них в соответствии с [11] будем называть неоднородной семантической сетью или, поскольку это не приводит к недоразумениям, семантической сетью. Таким образом, имеем:

- 1) семантическую сеть H_p на множестве образов;
- 2) семантическую сеть H_A на множестве личностных смыслов;

3) семантическую сеть H_M на множестве значений знаков.

Тройку объектов $H = \langle H_p, H_A, H_M \rangle$ будем называть семантической сетью.

Переходы между сетями H_p, H_A, H_M реализуются, как следует из предыдущего, посредством процедур Ψ_m^a, Ψ_a^p и Ψ_p^m , описанных выше.

Уровень имен знаков может наследовать каждую из описанных выше семантических сетей. Благодаря такому наследованию можно говорить о формировании той или иной семантической сети на уровне знаков (не только на уровне их компонент).

С другой стороны, в психологии существует понятие картины мира субъекта. Так, согласно Е. Ю. Артемьевой, в этой психической структуре следы взаимодействия с объектами фиксируются в системе опыта субъекта на семантическом уровне: «мы смогли увидеть, как пристрастно отношение субъекта к входящему с ним в контакт предметному миру, как активно он (субъект) структурирует этот мир, создавая для себя его проекцию. Вещи всегда наделяются свойствами, характеризующими их взаимоотношения с субъектом. В частности, геометрические формы оказываются наделенными жестко сцепленными комплексами свойств, ведущими из которых являются эмоционально-оценочные свойства. У субъекта складывается картина мира, картина свойств вещей в их отношениях к нему и друг к другу» [13]. Предлагается выделять три типа картины мира: рациональную, житейскую и мифологическую [2].

Мы видели, что на сети H_p можно определить операции обобщения (и классификации) по признакам. Именно эти операции характерны для рациональной картины мира. На основании этих соображений и ряда психологических экспериментов (описание которых остается за пределами настоящего доклада) можно полагать, что именно сеть на множестве образов (и ее наследование на уровень имен знаков) лежит в основе рациональной картины мира. Здесь надо подчеркнуть важность слов «в основе». Все типы картин мира используют сети на образах, на смыслах и сценарии, но есть некоторая «управляющая» сеть, которая служит для формулирования цели, поиска подходящих действий, вызова сценариев и изменения личностных смыслов. Например, в рациональной картине мира в сети на образах выполняется выработка цели, затем в сети на значениях находятся подходящие роли в сценарии как условия выполнения действий для достижения цели, затем учитываются смыслы объектов, которые могут быть мотивами или препятствиями, или средствами для достижения цели [14]. Отметим, что могут быть описаны и вырожденные картины мира, в которых используются не три, а только две сети.

Житейская картина мира характеризуется следованием некоторым стереотипам или сценариям поведения. Таким образом, наследование на уровень имен знаков сети на значениях приводит к формированию *житейской* картины мира. Здесь также следует отметить, что сеть на значениях является лишь ведущей: моделирование, например, картины мира чиновников реализуется на двух сетях — сценариев и личностных смыслов. Поэтому при возникновении нового предмета потребности (например, выделение бюджета на науку и культуру) находится сценарий, в котором смысл цели из амбивалентного превращается в смысл препятствия. Поскольку в этом процессе не присутствуют образы, то, речь идет о вырожденной картине мира. В общем случае в житейской картине мира выбранный сценарий (на сети значений) пополняется образами тех объектов (в т. ч. партнеров), которые наилучшим образом (в соответствии с оценкой на сети смыслов) могут исполнять записанные в сценарии роли (например, начальник подбирает исполнителей в новую группу для «хорошего» выполнения нового вида работ или жених и невеста составляют список гостей на свадьбу в соответствии со своими представлениями о том, как должна выглядеть «хорошая» свадьба).

В мифологической картине мира каждая роль имеет неизменный смысл и заданный образ, т. е. ведущей в этом случае является сеть на смыслах. Иначе говоря, наследование сети H_A на уровень имен знаков приводит к формированию *мифологической* картины мира.

Заключение

В докладе рассмотрен знаковый или семиотический подход к представлению элементов сознания,

механизмов самоорганизации элементов сознания и построению картин мира субъектов деятельности. Предложенный подход позволяет естественным образом описать ряд функций сознания, таких как формирование цели поведения, рефлексия, осознание мотива деятельности и другие. На основе этого подхода возможна реализация интеллектуальных агентов, способных к образованию коалиций, целеполаганию и распределению ролей внутри коалиции.

Список литературы

1. Леонтьев, А. Н. Деятельность. Сознание. Личность. М. : Политиздат, 1975.
2. Чудова, Н. В. Концептуальное описание картины мира для задачи моделирования поведения, основанного на сознании // Искусствен. интеллект и принятие решений. 2012. № 2. С. 51–62.
3. Пирс, Ч. С. Начала прагматизма. Т. 2. Логические основания теории знаков. СПб. : Алетейя. 2000.
4. Готтлоб, Фреге. Логика и логическая семантика. М. : Аспект Пресс, 2000.
5. Брунер, Дж. Психология познания. За пределами непосредственной информации. М., 1977.
6. Поспелов, Д. А. Введение в прикладную семиотику / Д. А. Поспелов, Г. С. Осипов // Новости искусствен. интеллекта. 2002. № 6. С. 28–35.
7. Леонтьев, А. Н. Образ мира // Избранные психологические произведения / сост. А. Г. Асмолов, М. П. Леонтьева. М. : Педагогика, 1983. С. 251–261.
8. Лурия, А. Р. Язык и сознание / под ред. Е. Д. Хомской. М. : Изд-во Моск. ун-та, 1979.
9. Журавлев, Ю. И. Корректные алгебры над множествами некорректных (эвристических) алгоритмов. Ч. I. // Кибернетика. 1977. № 4. С. 5–17.
10. Журавлев, Ю. И. Об алгебраической коррекции процедур обработки (преобразования) информации / Ю. И. Журавлев, К. В. Рудаков // Проблемы прикладной математики и информатики. М : Наука, 1987. С. 187–198.
11. Осипов, Г. С. Построение моделей предметных областей. Ч. I. Неоднородные семантические сети // Изв. Акад. наук СССР. Техническая кибернетика. 1990. № 5. С. 32–45.
12. Kelly, G. A. The psychology of personal constructs: Vol. 1. A theory of personality. London : Routledge. 1991.
13. Артемьева, Е. Ю. Психология субъективной семантики. М. : Изд-во Моск. ун-та, 1980.
14. Чудова, Н. В. Переработка опыта как функция образа мира // Искусствен. интеллект и принятие решений (в печати).
15. Осипов, Г. С. Архитектура и управляемость дискретных динамических систем, основанных на знаниях / Г. С. Осипов, Т. Г. Лебедева // Изв. Акад. наук. Теория и системы управления. 2000. № 5. С. 703–709.
16. Фестингер, Л. Теория когнитивного диссонанса. СПб. : Ювента, 1999.

МОДЕЛЬ ОЖИДАЕМОЙ ЗАРАБОТНОЙ ПЛАТЫ ТРУДОУСТРОЕННОГО СТУДЕНТА

Рассмотрена оценка зависимости ожидаемой заработной платы трудоустроенных студентов на основе статистических данных о трудоустройстве студентов Южно-Уральского государственного университета за 2012–2013 гг. с применением методов анализа панельных данных.

Рассмотрим зависимость ожидаемой заработной платы трудоустроенных студентов от факторов обучения с использованием статистических данных о трудоустройстве студентов Южно-Уральского государственного университета за 2012–2013 гг., предоставленных отделом труда университета ЮУрГУ. На основе этих данных были построены модели панельных данных: общая регрессия и регрессия с фиксированными эффектами.

Фрагмент исходных данных

n	α_1	α_2	α_3	α_4	X_1	X_2	X_3	Y
1	1	0	0	0	0	0	4,8571429	10987,63
2	1	0	0	0	0	0	4,8571429	16481,44
3	1	0	0	0	0	0	4,8571429	16481,44
...
46	0	1	0	0	0	1	4,4000001	21586,28
47	0	1	0	0	0	1	4,25	13491,43
...
104	0	0	1	0	1	0	4,361702	6446,03
105	0	0	1	0	0	0	3,7407408	19338,09
...
348	0	0	0	1	0	0	5	19609,71
349	0	0	0	1	0	0	4,8461537	13073,14
...
686	0	0	0	1	0	1	4,9148936	13073,14

В таблице приведен фрагмент исходных данных. Общее число наблюдений составляет 686 студентов.

В качестве зависимой Y переменной будет выступать заработная плата трудоустроенных студентов в рублях. В качестве объясняющих: X_1 — обучение на контрактной (1) / бюджетной (0) основе студента; X_2 — трудоустройство студента по специальности (1) / не по специальности (0); X_3 — средний бал диплома студента. В качестве групп выступают четыре факультета исследуемого университета: $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$. Студент, обучающийся на i -ом факультете, имеет параметр $\alpha_i = 1$ в таблице.

Построение общей регрессии для модели

Параметры общей регрессии построены с помощью пакета EXCEL.

Общая регрессия имеет следующий вид:

$$Y = C(1) + C(2)X_1 + C(3)X_2 + C(4)X_3.$$

Оценки коэффициентов общей регрессии по МНК получились следующие:

$$\begin{aligned} C(1) &= 17133,72, \\ C(2) &= -1407,54, \\ C(3) &= 166,1814004, \\ C(4) &= -619,784734. \end{aligned}$$

Коэффициент детерминации равен $R^2 = 0,01852$.

F -статистика равна

$$F = 4,290013894.$$

t -статистики равны

$$\begin{aligned} t_{\text{крит}} &= 1,963448424, \\ t(1) &= 12,88027, \\ t(2) &= -3,51237, \\ t(3) &= 0,369788163, \\ t(4) &= -2,10231497. \end{aligned}$$

Из полученных результатов видно, что коэффициент детерминации R^2 очень мал, т. е. данная регрессия плохо аппроксимирует статистические данные [1].

По рассчитанным t -статистикам коэффициент $C(3)$, при объясняющей переменной X_3 , не значим на уровне значимости $\alpha = 0,05$. Возможно, это связано с тем, что средний бал диплома несущественно влияет на ожидаемую заработную плату студента. Коэффициент $C(2)$ является наиболее значимым в данной модели. Ожидаемая заработная плата студента значимо зависит от трудоустройства студента по специальности. Если студент работает по своей специальности, то заработная плата у него будет выше, чем если бы он работал по другому профилю [2].

Построение регрессии с фиксированными эффектами для модели

Параметры общей регрессии построены с помощью пакета EXCEL.

Регрессия с фиксированными эффектами имеет следующий вид:

$$Y = A(1)\alpha_1 + A(2)\alpha_2 + A(3)\alpha_3 + A(4)\alpha_4 + C(1)X_1 + C(2)X_2 + C(3)X_3.$$

Оценки коэффициентов регрессии с фиксированными эффектами по МНК получились следующие:

$$\begin{aligned} A(1) &= 15413,3232, \\ A(2) &= 13561,31514, \\ A(3) &= 15840,69915, \\ A(4) &= 12233,4053, \\ C(1) &= -84,99063, \\ C(2) &= 351,413346, \\ C(3) &= -0,23539726. \end{aligned}$$

Коэффициент детерминации равен $R^2 = 0,90908$.

F -статистика равна

$$F = 969,9214818.$$

t -статистики равны

$$\begin{aligned} t_{\text{крит}} &= 1,963448424, & t(A(1)) &= 10,58432963, \\ t(A(2)) &= 9,888447464, & t(A(3)) &= 12,26591433, \\ t(A(4)) &= 8,75536068, & t(C(1)) &= -0,206573, \\ t(C(2)) &= 0,77277137, & t(C(3)) &= 0,00081516. \end{aligned}$$

Из результатов, полученных выше, следует, что коэффициент детерминации R^2 очень высокий, данная регрессия хорошо аппроксимирует статистические данные, линейная связь между зависимой и объясняющими переменными очень тесная [1].

Значение F -статистики больше ее критического значения $F_{\text{крит}} = 2,023047964$. Следовательно, уравнение значимо на уровне значимости $\alpha = 0,05$ [1].

Коэффициенты $A(1)$, $A(2)$, $A(3)$, $A(4)$ — выражаются в виде ожидаемой заработной платы. Самое высокое значение у коэффициента $A(3)$. Это связано с тем, что на факультете α_3 одни из самых востребованных работодателем специальности, соответственно, и предлагаемая заработная плата должна быть высокой. Самый низкий коэффициент $A(4)$ соответствует ожидаемой заработной плате факультету α_4 . Возможно, это связано с тем, что на рынке в наше время достаточно много специалистов по направлению, которых готовит данный факультет, и поэтому они менее востребованы, в отличие от других, рассмотренных в данной работе факультетов.

Из полученных t -статистик следует, что коэффициенты $C(1)$, $C(2)$, $C(3)$ не значимы на уровне значимости $\alpha = 0,05$. В этой модели, как и в предыдущей, самое низкое значение t -статистики у коэффициента $C(3)$, который соответствует объясняющей переменной X_3 — среднему балу диплома студента. В этой модели, в отличие от предыдущей, значение t -статистики у коэффициента $C(2)$ низкое: фактор трудоустройства по специальности не значим на уровне 5 %. Самое лучшее значение t -статистики соответствует коэффициенту $C(2)$, хотя оно и не такое высокое, как у коэффициентов $A(1)$, $A(2)$, $A(3)$, $A(4)$. Отсюда в модели с фиксированными эффектами значения коэффициентов при объясняющих переменных X_1 , X_2 , X_3 незначимо влияют на ожидаемую заработную плату [2].

Сравнение общей модели и с фиксированными эффектами

Сравнение различных вариантов моделей осуществляется на основе сравнения значений коэффициента

детерминации, а также при помощи специализированных тестов, в данном случае с помощью теста Вальда.

Коэффициент детерминации для общей регрессии:
 $R^2 = 0,01852$.

Коэффициент детерминации для регрессии с фиксированными эффектами:

$$R^2 = 0,90908.$$

Регрессия с фиксированными эффектами лучше отражает зависимость заработной платы от параметров обучения, чем общая регрессия.

Тест Вальда позволяет сравнить модель общей регрессии и с фиксированными эффектами. Рассчитаем его статистику следующим образом:

$$\begin{aligned} W = qF &= 3 \cdot 969,9214818 = 2909,7644. \\ \chi^2 &= 7,81472776. \end{aligned}$$

Как видно, значение статистики W больше, чем критическое значение χ^2 на уровне значимости 0,05, поэтому предпочтение отдается модели с фиксированными эффектами [3].

Заключение

Выбор факультета существенно влияет на потенциальную заработную плату выпускника. Кроме того, наиболее значимым является фактор трудоустройства выпускника по специальности. Гипотезы о связи с другими факторами, которые казались существенными (форма обучения, средний бал диплома), в результате исследования не подтвердились.

В дальнейшем планируется использовать более обширные данные (более широкий перечень факультетов, данные за большее количество лет, другие факторы и т. д.). Эти данные будут проанализированы с использованием современных эконометрических методов (моделей множественного выбора, цензурированных выборок и т. п.), что позволит получить более адекватную модель. Результаты анализа можно будет использовать для оценки качества работы факультетов и планирования числа бюджетных и контрактных мест, а также стоимости контракта.

Список литературы

1. Магнус, Я. Р. Эконометрика. Начальный курс : учебник / Я. Р. Магнус, П. К. Катыхов, А. А. Пересецкий. М. : Дело, 2004.
2. Greene, W. H. *Econometric Analysis*. New Jersey : Upper Saddle River, 2003.
3. Носко, В. П. Эконометрика. М. : Издат. дом «Дело» РАНХиГС, 2011.

ОЦЕНИВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК НАДЕЖНОСТИ ПО КРИТЕРИЮ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ НА ОСНОВЕ FMEA МЕТОДОЛОГИИ

Исследования проводились в рамках гранта РФФИ № 13-08-00968

Рассмотрено развитие FMEA методологии на случай, когда характеристики надежности комплектующих элементов представлены интервальными оценками. Получены зависимости изменения интервальных оценок для разных типовых конфигураций деревьев отказов.

Для анализа надежности сложных технических объектов существует много методологий и методик. Одной из них является методология FMEA (анализ видов и последствий отказов), которая рассматривает каждую единицу объекта (под объектом в соответствии с [1] следует понимать как технические, так и программные средства), выявляет все возможные виды отказов, их причины и последствия для всего объекта в целом. Данная методология хорошо зарекомендовала себя на многих ведущих зарубежных и отечественных предприятиях и на сегодняшний день продолжает активно внедряться в различные области деятельности человека.

Еще одним методом анализа надежности систем является анализ дерева отказов (FTA). Дерево отказов состоит из последовательностей и комбинаций неблагоприятных событий, которые представляют собой многоуровневую структуру причинных взаимосвязей. Данный метод позволяет не только отыскать все возможные причины возникновения отказов, но и оценить вероятность их появления.

Использование анализа дерева отказов в рамках FMEA методологии позволяет более детально анализировать логические и временные связи, ведущие к событию отказа, принятого за вершину дерева.

В известных литературных источниках аппарат FMEA использует точечные значения характеристик надежности объекта. Однако во многих трудах и нормативных документах [2–4], посвященных проектированию сложных объектов, подчеркивается необходимость учета интервальных характеристик как источников неопределенности.

В случае, когда для исходных событий (терминальных компонентов) задается интервальная оценка вероятности безотказной работы, оценка вероятности безотказной работы всего объекта также определяется интервалом. Задача состоит в том, чтобы проследить, как разброс входных параметров влияет на разброс выходных.

Для исследования зависимости величины неопределенности от количества элементов в схеме дерева отказов, а также от величины разброса входных параметров был проведен вычислительный эксперимент, схема которого приведена на рис. 1.

Общая схема решения задачи выглядит следующим образом:

$$A : \{ \{P_3\}, \{\Delta_3\}, n, Z \} \rightarrow \{S_0, n\},$$

где A – оператор, определяющий схему расчета;

$\{P_3\}_1^n$ — множество ожидаемых значений показателей надежности компонентов;

$\{\Delta_3\}$ — значения диапазонов, в которых могут изменяться значения показателей надежности компонентов;

n — число элементов нижнего уровня;

Z — способ соединения элементов: параллельный либо последовательный;

S_0 — значение характеристики надежности объекта;

$\Delta_0^{(\min)}$ — верхняя граница диапазона, в котором могут изменяться значения P_0 ;

$\Delta_0^{(\max)}$ — нижняя граница диапазона, в котором могут изменяться значения P_0 , т. е. $P_0 \in [\Delta_0^{(\min)}, \Delta_0^{(\max)}]$.

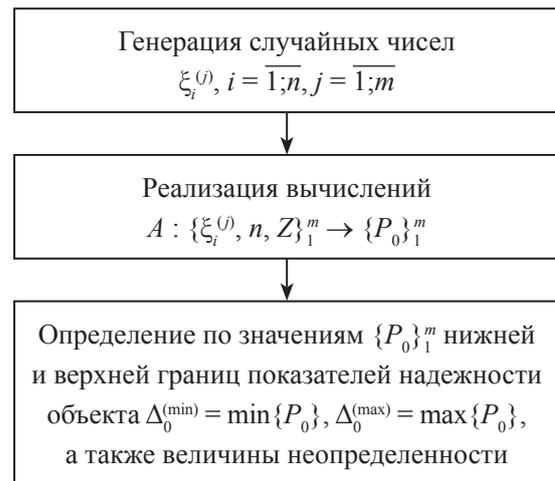


Рис. 1. Укрупненная схема вычислительного эксперимента

В ходе проводившихся исследований рассматривались последовательная и параллельная схемы соединения элементов, а также схема, при которой отказ объекта наступает в случае отказа M компонентов из N . Считалось, что случайные числа, характеризующие терминальные компоненты, подчиняются равномерному закону распределения. Границами интервала, которому принадлежит случайная величина, определяющая вероятность безотказной работы i -го терминального компонента P_p , являлись $[P_3^{(i)} - \Delta_3^{(i)}; P_3^{(i)} + \Delta_3^{(i)}]$.

Чтобы обеспечить свойство независимости элементов случайной выборки, использовалась «схема с перемешиванием».

1. Посредством программного датчика случайных чисел генерировалась вспомогательная выборка $\xi_k^{(b)}$, $k = 1; M$, соответствующая $f(\xi)$, большего объема $M \gg N$.

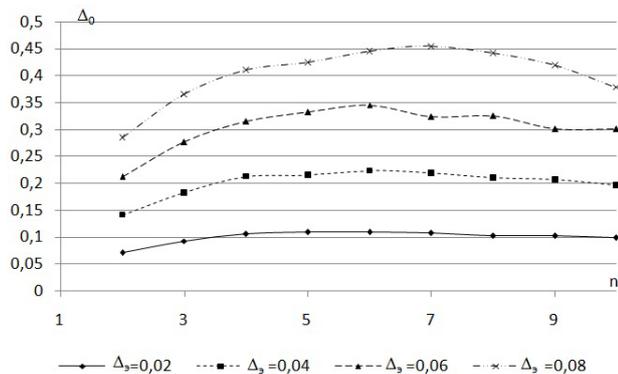


Рис. 2. Зависимость ширины интервала D_0 от числа элементов n , $P_0 = 0,9$. Схема с последовательным соединением элементов

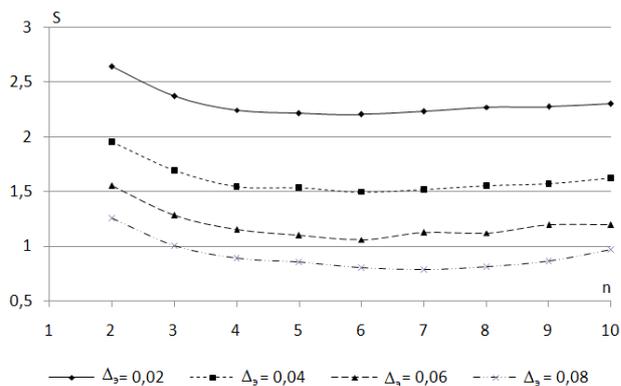


Рис. 3. Зависимость величины неопределенности S от числа элементов n , $P_0 = 0,9$. Схема с последовательным соединением элементов

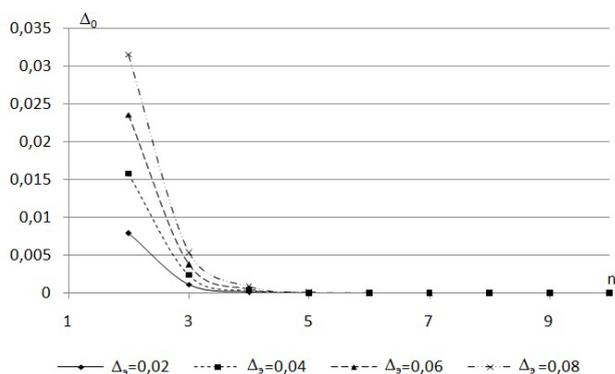


Рис. 4. Зависимость ширины интервала D_0 от числа элементов n , $P_0 = 0,9$. Схема с параллельным соединением элементов

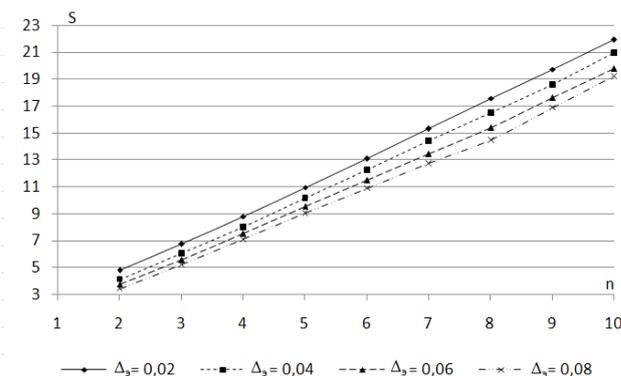


Рис. 5. Зависимость величины неопределенности S от числа элементов n , $P_0 = 0,9$. Схема с параллельным соединением элементов

2. Посредством датчика случайных чисел в j -м эксперименте формировалась выборка N целых равномерно распределенных случайных чисел $w_i^{(j)}$, $i = 1; N$; $w_i \in [1; M]$. При этом $w_i^{(j)}$ рассматривались как номера случайных чисел, входящих в состав выборки $\xi_k^{(b)}$.

3. Из выборки $\xi_k^{(b)}$ выбиралось N чисел с номерами $w_i^{(j)}$, которые и составляли случайную выборку в j -м эксперименте $\xi_i^{(j)}$.

На рис. 2–4 представлены некоторые из полученных результатов. Для расчета характеристик неопределенности S использовалась мера Шеннона.

Аналогичные результаты были получены для других схем соединения элементов.

Из полученных результатов можно заключить следующее:

1) схема с последовательным соединением элементов:
– при заданных D_3 и P_0 максимальное значение неопределенности S наблюдается при минимальном количестве терминальных компонентов в схеме дерева отказов;

– при заданных n и P_0 значение S в зависимости от значений n и P_0 уменьшается с ростом D_3 в 2,1 ÷ 2,4 раза;

2) схема с параллельным соединением элементов:
– при заданных D_3 и P_0 значение S растет с увеличением числа элементов в схеме дерева отказов в 4,53 ÷ 5,55 раза;

– при заданных n и P_0 значение S уменьшается с ростом D_3 в 1,4 ÷ 1,14 раза.

Список литературы

- ГОСТ 51901.5-2005. Менеджмент риска. Руководство по применению методов анализа надежности.
- ГОСТ Р 51901-2002. Управление надежностью. Анализ риска технологических систем.
- Макконнелл, С. Сколько стоит программный проект. СПб.: Питер, 2007.
- ESA PSS-05-02. Guide to the user requirements definition phase.

УСТОЙЧИВОСТЬ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО СЛОЯ ЖИДКОСТИ С ТЯЖЕЛОЙ ПРИМЕСЬЮ

Решена задача о конвективной устойчивости плоского слоя среды, содержащей оседающие тяжелые твердые частицы. Изучена устойчивость равновесия подогреваемого снизу слоя жидкости. Показано, что устойчивость значительно повышается с ростом массовой концентрации примеси.

1. Рассмотрим вязкую несжимаемую жидкость, содержащую примесь тяжелых твердых частиц. Жидкость и примесь предполагаются взаимопроницаемыми и взаимодействующими друг с другом сплошными средами, взаимодействием между частицами пренебрегается. Взаимодействие между фазами при их относительном движении подчиняется закону Стокса. Объемная доля частиц настолько мала, что можно пренебречь эйнштейновской поправкой к вязкости жидкости. Частицы предполагаются сферическими, недеформируемыми, одинаковой массы m и радиуса r ; плотность материала частиц ρ_1 много больше плотности жидкости ρ . Уравнения свободной конвекции несжимаемой жидкости с тяжелой примесью в приближении Буссинеска (см. [1–3]), записанные в безразмерной форме, имеют вид

$$\begin{aligned} \frac{\partial \vec{u}}{\partial t} + (\vec{u} \nabla) \vec{u} &= -\nabla p + \Delta \vec{u} - \frac{a}{\tau_v} (\vec{u}_p - \vec{u}) + Gr T \vec{\gamma}, \\ \frac{\partial \vec{u}_p}{\partial t} + ((\vec{u}_p + \vec{u}_s) \nabla) \vec{u}_p &= \frac{1}{\tau_v} (\vec{u}_p - \vec{u}), \\ \frac{\partial T}{\partial t} + (\vec{u} \nabla) T &= -\frac{\Delta T}{P} + \frac{ab}{\tau_t} (T_p - T), \\ \frac{\partial T_p}{\partial t} + (\vec{u}_p + \vec{u}_s) \nabla T &= -\frac{1}{\tau_v} (\vec{u}_p - \vec{u}), \\ \operatorname{div} \vec{u} = 0, \quad \frac{\partial N}{\partial t} + \frac{1}{P} \operatorname{div} (N(\vec{u}_p + \vec{u}_s)) &= 0, \\ \tau_v = \frac{2}{9} r^2 \frac{\rho_1}{\rho}, \quad \tau_t = \frac{3P\tau_v b}{2}, \quad a = \frac{mN}{\rho}, \\ Ga = \frac{gh^3}{\nu^2}, \quad \vec{u}_s = -Ga\tau_v \vec{\gamma}, \\ P = \frac{\nu}{\chi}, \quad \tau_t = \frac{3P\tau_v b}{2}, \quad b = \frac{c_1}{c}, \quad Gr = (1+a) \frac{g\beta\Theta h^3}{\nu^2}. \end{aligned} \quad (1)$$

В (1) приняты следующие обозначения: \vec{u} — скорость; T — температура; p — давление жидкости, отсчитываемое от перенормированного за счет присутствия оседающих частиц гидростатического давления; c — теплоемкость жидкости при постоянном давлении; β , ν , χ — коэффициент объемного расширения жидкости, ее кинематическая вязкость и температуропроводность; $\vec{g} = \vec{\gamma}g$ — ускорение свободного падения. Величины с индексом p относятся к облаку частиц, причем \vec{u}_p — скорость, приобретаемая частицами в результате их взаимодействия с движущейся жидкостью, отсчитывается от скорости

оседания частиц \vec{u}_s ; c_1 — теплоемкость материала частиц; N — число частиц в единице объема. Величины τ_v и τ_t — безразмерные времена и представляют собой соответственно: τ_v — время, необходимое для того, чтобы скорость частиц относительно жидкости уменьшилась в e раз по сравнению с ее исходным значением; τ_t — время, необходимое для уменьшения разности температур жидкости и частиц также в e раз; Ga , P , Gr — числа Галилея, Прандтля и Грасгофа. В качестве единиц измерения расстояния, времени, скорости, давления и температуры выбраны соответственно: h , h^2/ν , ν/h , $\rho\nu^2/h^2$, Θ , где h — ширина слоя жидкости, Θ — полуразность температур между границами слоя.

2. Рассмотрим горизонтальный бесконечный слой жидкости, ограниченный параллельными плоскостями $z = 0$, $z = 1$; границы предполагаются свободными, т. е. на них исчезают касательные напряжения. Через верхнюю границу в слой поступают частицы, концентрация которых однородна, нижняя граница подогревается. Частицы оседают, поэтому в невозмущенном состоянии в слое имеется поперечное движение примеси с однородной вертикальной скоростью u_s . Найдем стационарные распределения температур несущей среды T_0 и облака частиц T_{p0} при отсутствии конвективного движения рассматриваемой двухфазной системы (индекс 0 отличает стационарное решение системы (1) с граничными условиями: $T_0 = 1$ при $z = 0$; $T_0 = T_{p0} = -1$ при $z = 1$. Частицы поступают в слой, имея температуру его верхней границы. Распределения температур в слое несущей среды и облаке частиц при стационарном поперечном движении примеси имеют вид

$$\begin{aligned} T_0 &= a_1(e^{m_1(z-1)} - m_4) + a_2(e^{m_2(z-1)} - m_5) - 1; \\ T_{p0} &= a_1 m_4 (e^{m_1(z-1)} - 1) + a_2 m_5 (e^{m_2(z-1)} - 1) - 1, \end{aligned} \quad (2)$$

где

$$\begin{aligned} a_1 &= 2 / ((1 - e^{-m_1})(m_3 - 1)), \quad a_2 = 2 / ((1 - e^{-m_2})(1 / m_3 - 1)), \\ m_{1,2} &= -1 / (2\tau_t u_s) \pm \sqrt{1 / (2\tau_t u_s)^2 + Pab / \tau_t}, \\ m_3 &= (1 - e^{-m_2})(1 - m_4) / ((1 - e^{-m_1})(1 - m_5)), \\ m_4 &= m_1 / (Pabu_s), \quad m_5 = m_2 / (Pabu_s). \end{aligned}$$

В предельном случае взвешенных частиц ($u_s = 0$) получим линейное по вертикали распределение температур $T_{p0} = T_0 = -2z + 1$. Как видно из (2), при отличной от нуля скорости оседания частиц u_s распределения температур жидкости (газа) и облака частиц отличаются от линейных. При увеличении скорости

оседания частиц, а также с ростом их массовой концентрации a и относительной теплоемкости b искажение линейного распределения температуры жидкости увеличивается. При дальнейшем росте перечисленных параметров у нижней границы формируется пограничный слой, внутри которого сосредоточено основное изменение температуры несущей среды.

3. Для исследования конвективной устойчивости равновесия слоя среды, содержащей оседающие частицы, рассмотрим возмущенные поля скоростей, температур, давления и числа частиц в единице объема: $\vec{u}, \vec{u}_p + \vec{u}_s, T_0 + T, T_{p0} + T_p, p_0 + p, N_0 + N$, где $\vec{u}, \vec{u}_p, T, T_p, p, N$ — малые возмущения. Уравнения для возмущений можно получить из (1), производя линеаризацию по возмущениям. Исключая из этих уравнений обычным образом давление, x, y — компоненты скорости жидкости и облака частиц, можно получить уравнения для вертикальных компонент возмущений скоростей $u_z(x, y, z, t), u_{pz}(x, y, z, t)$ и температур $T(x, y, z, t), T_p(x, y, z, t)$. Будем рассматривать нормальные возмущения вида

$$\begin{aligned} u_z(x, y, z, t) &= v(z)e^{-\lambda t + i(k_1 x + k_2 y)}, \\ u_{pz}(x, y, z, t) &= v_p(z)e^{-\lambda t + i(k_1 x + k_2 y)}, \\ T(x, y, z, t) &= \Theta(z)e^{-\lambda t + i(k_1 x + k_2 y)}, \\ T_p(x, y, z, t) &= \Theta_p(z)e^{-\lambda t + i(k_1 x + k_2 y)}, \end{aligned} \quad (3)$$

где k_1 и k_2 — вещественные волновые числа вдоль направлений x и y ; $\lambda = \lambda_r + i\lambda_i$ — комплексный декремент возмущений. В результате из (1) получим с учетом вида возмущений (3) безразмерные уравнения для амплитуд возмущений

$$\begin{aligned} (v^{IV} - 2k^2 v'' + k^4 v) + (v'' - k^2 v) \left(\lambda - \frac{a_0}{\tau_v} \right) - Gr k^2 \theta + \\ + \frac{a_0}{\tau_v} \left[\frac{1}{u_s \tau_v} \left(\left(\lambda - \frac{1}{\tau_v} \right) v + v' \right) + \left(\left(\lambda - \frac{1}{\tau_v} \right)^2 \frac{1}{u_s^2} - k^2 \right) v_p \right], \\ u_s v_p' - \left(\lambda - \frac{1}{\tau_v} \right) v_p - \frac{v}{\tau_v} = 0, \\ \frac{1}{P} (\theta'' - k^2 \theta) - \left(\frac{ab}{\tau_i} - \lambda \right) \theta - \frac{v}{P} T_0' + \frac{ab}{\tau_i} \theta_p = 0, \\ u_s \theta_p' - \left(\frac{1}{\tau_i} - \lambda \right) \theta_p + \frac{v_p}{P} T_{p0}' - \frac{\theta}{\tau_i} = 0, \end{aligned} \quad (4)$$

где $k^2 = k_1^2 + k_2^2$.

Граничные условия

$$v = v'' = \theta = 0 \text{ при } z = 1; v_p = \theta_p = 0 \text{ при } z = 1. \quad (5)$$

Предполагаем, что на верхней границе слоя возмущения скорости и температуры облака частиц исчезают. Краевая задача (4), (5) определяет спектр декрементов возмущений и границы устойчивости равновесия слоя жидкости (газа), содержащей частицы примеси. Декремент λ зависит от независимых параметров задачи: чисел Грасгофа, Прандтля и Галилея (или скорости оседания частиц), массовой

концентрации примеси, волнового числа и времен релаксации. Из условия $\lambda_r = 0$ определяется граница устойчивости равновесия.

Рассмотрим изотермический ($T_0 = T_{p0} = \text{const}$) слой запыленной среды (в этом случае $\theta = 0, \theta_p = 0$), тяжелые твердые частицы оседают поперек слоя с однородной вертикальной скоростью u_s , однако жидкость остается неподвижной. В предельном случае взвешенных частиц ($u_s \rightarrow 0$) система уравнений (4) существенно упрощается. Тогда гидродинамические декременты рассматриваемой двухфазной системы будут определяться выражением

$$\begin{aligned} \lambda_n = \frac{1}{2\tau_v} \left(1 + a + \tau_v \lambda_{*n} \pm \sqrt{(1 + a + \tau_v \lambda_{*n})^2 - 4\tau_v \lambda_{*n}} \right), \\ \lambda_* = \lambda \left(1 + \frac{a}{\tau_v \lambda} \right). \end{aligned} \quad (6)$$

Таким образом, т. к. декременты возмущений оказываются вещественными и положительными, то возмущения затухают монотонно, а рассматриваемое состояние устойчиво.

В противоположном предельном случае достаточно больших скоростей оседания частиц $|u_s| \gg 1$, т. е. в несущих средах с малой вязкостью или для тяжелых частиц, аналогично можно показать, что запыленная среда устойчива монотонно. Численное решение задачи об устойчивости изотермического горизонтального слоя жидкости с примесью при произвольных значениях скорости оседания частиц показало, что нормальные возмущения затухают монотонно, такой слой устойчив. Для решения общей краевой задачи (4), (5) применялся метод пошагового интегрирования Рунге — Кутты — Мерсона с ортогонализацией получаемых векторов-решений по Грамму — Шмидту на каждом шаге интегрирования; ортонормировка проводилась к максимальному по модулю (на данном шаге) вектору-решению (см. [4; 5]).

4. Определим границы устойчивости равновесия. Влияние оседающих частиц примеси на устойчивость неравномерно нагретого слоя жидкости характеризуется, в частности, зависимостью минимального критического числа Грасгофа от величины массовой концентрации частиц. С увеличением массовой концентрации примеси a у нижней границы слоя начинает формироваться температурный пограничный слой (происходит «сдувание» распределения температуры газа). В результате уменьшается эффективная толщина стратифицированного слоя газа ($h_{eff} < h$). Характерная же разность температур 2Θ остается при этом фиксированной и минимальное критическое число Грасгофа, определенное по полуширине слоя, при этом увеличивается по мере уменьшения h_{eff} , т. е. с ростом a . Увеличение массовой концентрации от $a = 0,07$ до $a = 0,13$ приводит к возрастанию минимального критического числа Грасгофа от $Gr_m \approx 195$ до $Gr_m \approx 309$ (параметры задачи $P = 0,73, \tau_v = 0,00345, \tau_i = 0,0102, Ga = 47, b = 2,7$ соответствуют древесным

частицам в слое воздуха) при критическом значении числа Грагофа для чистой жидкости $Gr_m \approx 170$. Критическое значение волнового числа $k_m \approx 1,6$ с ростом a меняется незначительно, оставаясь меньше соответствующего чистой жидкости ($k_m \approx 2,2$). С ростом скорости частиц также наблюдается усиление искажающего влияния примеси на распределение температуры несущей среды. Стабилизирующий эффект воздействия частиц на устойчивость равновесия при этом возрастает. В слое воздуха толщиной 2 см движение древесных частиц со скоростью 15 см/с повышает устойчивость почти в 4 раза. Однако, при больших значениях скорости оседания дальнейшее ее увеличение приводит к незначительному искажению устанавливающегося распределения температуры несущей среды и, значит, к малому росту стабилизирующего эффекта.

В заключение следует отметить, что влияние оседающих частиц на устойчивость равновесия неравномерно нагретого горизонтального слоя жидкости (газа) со свободными границами во многом сходно с влиянием примеси на устойчивость слоя жидкости с тверды-

ми границами. Это относится к характеру изменений спектра возмущений неподвижного слоя жидкости, а также к причинам повышения конвективной устойчивости равновесия в результате образования температурного пограничного слоя у нижней границы.

Список литературы

1. Дементьев, О. Н. Конвективная устойчивость среды, содержащей тяжелую твердую примесь // Журн. приклад. механики и техн. физики. 1976. № 3. С. 105–115.
2. Dementiev, O. Stability of steady-state flows of a liquid with a heavy impurity // Zeitschrift fur Angewandte Math. und Mech. ICIAM95-special issue. 1996. Vol. V. P. 113–115.
3. Гершуни, Г. З. Устойчивость конвективных течений / Г. З. Гершуни, Е. М. Жуховицкий, А. А. Непомнящий. М. : Наука, 1989.
4. Беллман, Р. Квазилинеаризация и нелинейные краевые задачи / Р. Беллман, Р. Калаба. М. : Мир, 1968.
5. Бетчов, Р. Вопросы гидродинамической устойчивости / Р. Бетчов, В. Криминале. М. : Мир, 1971.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОЗАИЧНО-СКЕЛЕТОННОГО МЕТОДА ПРИ ЧИСЛЕННОМ РЕШЕНИИ ТРЕХМЕРНЫХ ЗАДАЧ ДИРИХЛЕ ДЛЯ УРАВНЕНИЯ ГЕЛЬМГОЛЬЦА

Работа посвящена применению мозаично-скелетонного метода в задачах Дирихле для уравнения Гельмгольца. Исходные задачи сводятся к эквивалентным им граничным интегральным уравнениям, аппроксимируемых системами линейных алгебраических уравнений. Системы решаются итерационным методом.

1. Исходная задача и интегральные уравнения

Рассмотрим трехмерное евклидово пространство R^3 с ортогональной системой координат $ox_1x_2x_3$. Пусть в этом пространстве имеется произвольная замкнутая липшицева поверхность Γ , разделяющая его на внутреннюю область Ω_i и внешнюю область Ω_e ($\Omega_e = R^3 \setminus \bar{\Omega}_i$).

Задача 1 (внутренняя задача Дирихле для уравнения Гельмгольца). Найти функцию $u_i \in H^1(\Omega_i)$, удовлетворяющую уравнению Гельмгольца

$$\Delta u_i + k_i^2 u_i = 0, x \in \Omega_i, \quad (1)$$

и граничному условию

$$\gamma u_i(x) = f(x), x \in \Gamma. \quad (2)$$

Задача 2 (внешняя задача Дирихле для уравнения Гельмгольца). Найти функцию $u_e \in H^1(\Omega_e)$, удовлетворяющую уравнению Гельмгольца

$$\Delta u_e + k_e^2 u_e = 0, x \in \Omega_e, \quad (3)$$

граничному условию

$$\gamma u_e(x) = f(x), x \in \Gamma \quad (4)$$

и условию излучения на бесконечности

$$\partial u_e / \partial |x| - ik_e u_e = o(|x|^{-1}), |x| \rightarrow \infty. \quad (5)$$

Здесь Δ — оператор Лапласа, $k_{i(e)}$ — волновые числа, $\text{Im}(k_{i(e)}) \geq 0$, γu — след на Γ функций u из $H^1(\Omega_{i(e)})$, $f \in H^{1/2}(\Gamma)$ — известная функция.

Замечание 1. Если $\text{Im}(k_e) = 0$, то $u_e \in H^1_{\text{loc}}(\Omega_e)$.

Теорема 1 [1]. Пусть $\text{Im}(k_i) > 0$ или k_i^2 не является собственным значением задачи

$$\Delta u_i + k_i^2 u_i = 0, x \in \Omega_i. \quad (6)$$

Тогда для любой функции $f \in H^{1/2}(\Gamma)$ существует единственное решение внутренней задачи 1 из пространства $H^1(\Omega_i)$.

Если же k_i^2 — собственное значение задачи (6), то внутренняя задача Дирихле разрешима тогда и только тогда, когда

$$\langle f, Nu \rangle_{\Gamma} = 0$$

для всех решений $u(x)$ внутренней однородной задачи Дирихле (6). В этом случае задача 1 имеет бесчисленное множество решений.

Теорема 2 [1]. Для любой функции $f \in H^{1/2}(\Gamma)$ существует единственное решение внешней задачи 2 из пространства $H^1(\Omega_e)$.

Здесь и далее $\langle \dots \rangle_{\Gamma}$ — отношение двойственности на $H^{1/2}(\Gamma) \times H^{-1/2}(\Gamma)$, обобщающее скалярное произведение в $H^0(\Gamma)$, $Nu \in H^{-1/2}(\Gamma)$ — нормальная производная u , понимаемая в смысле распределений [1].

Решения задач 1 и 2 будем искать в виде потенциалов простого слоя

$$u_{i(e)}(x) = (S_{i(e)} q_{i(e)})(x) \equiv \langle G_{i(e)}(x, \cdot), q_{i(e)} \rangle_{\Gamma}, x \in \Omega_{i(e)}, \quad (7)$$

$$G_{i(e)}(x, y) = \exp(ik_{i(e)}|x - y|) / (4\pi|x - y|).$$

Ядрами интегральных операторов (7) являются фундаментальные решения уравнения Гельмгольца, поэтому $u_{i(e)}$ удовлетворяют уравнениям (1) и (3) в соответствующих областях, и условию излучения (5) для u_e . Эти функции будут решениями задач 1 и 2, если подобрать плотности $q_{i(e)}$ так, чтобы $u_{i(e)}$ удовлетворяли граничным условиям (2) и (4). Таким образом, задачи 1 и 2 сводятся к граничным тождествам

$$\langle S_{i(e)} q_{i(e)}, \mu \rangle_{\Gamma} = \langle f, \mu \rangle_{\Gamma} \quad \forall \mu \in H^{-1/2}(\Gamma), \quad (8)$$

Операторы в левой части (8) представляют собой интегральные операторы Фредгольма первого рода со слабыми особенностями в ядрах. Используя результаты работы [1], можно показать, что справедлива следующая теорема.

Теорема 3. Пусть $\text{Im}(k_{i(e)}) > 0$ или $k_{i(e)}^2$ не являются собственными значениями задач

$$\Delta u + k_{i(e)}^2 u = 0, x \in \Omega_p, \gamma u = 0, x \in \Gamma.$$

Тогда уравнения (8) корректно разрешимы в пространстве $H^{-1/2}(\Gamma)$ и формулы (7) дают решения задач 1 и 2.

2. Численный метод и мозаично-скелетонный метод

Для численного решения интегральных уравнений используется не требующий триангуляции поверхности и согласованный с шагом сетки метод осреднения интегральных операторов со слабыми особенностями в ядрах. Он позволяет вычислять коэффициенты систем линейных алгебраических уравнений (СЛАУ), аппроксимирующих интегральные уравнения, по весьма простым формулам [2]. Матрицы полученных СЛАУ являются плотно заполненными. Поэтому вычислительная сложность решения этих систем прямыми методами имеет оценку $O(n^3)$, где n — порядок системы. Однако спектральные свойства матриц таковы, что использование для поиска приближенных решений обобщенного метода минимальных невязок (GMRES) [3] позволяет понизить эту сложность до $O(n^2)$. Отметим, что такая оценка обусловлена многократным применением в GMRES процедуры матрично-векторного умножения.

Для ускорения процедуры решения СЛАУ применяется мозаично-скелетонный метод. При этом плотная матрица A , которая аппроксимирует некоторый интегральный оператор, заменяется матрицей A' такой, что:

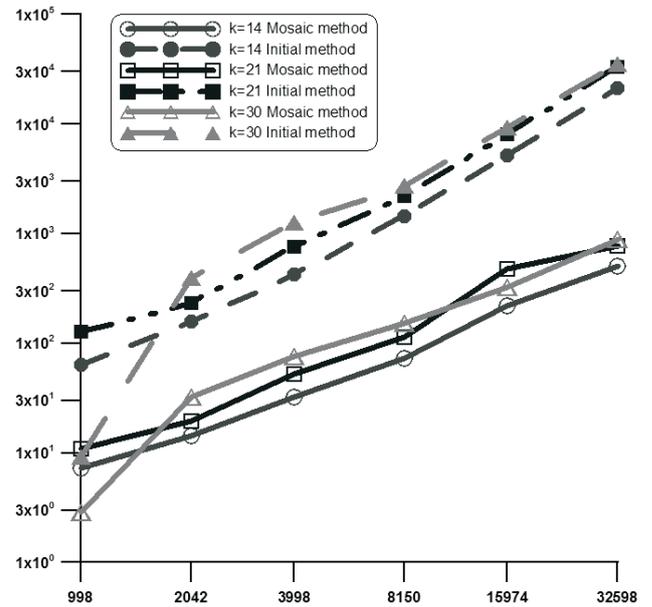
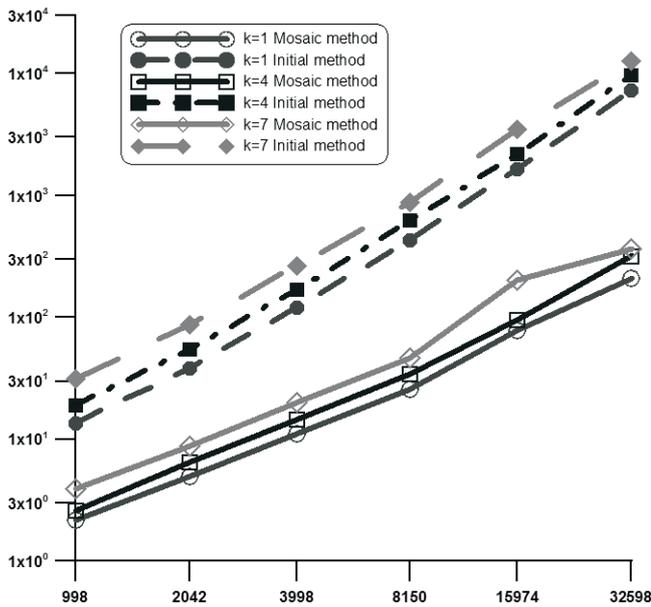


Рис. 1. Зависимость времени решения СЛАУ от порядка матрицы

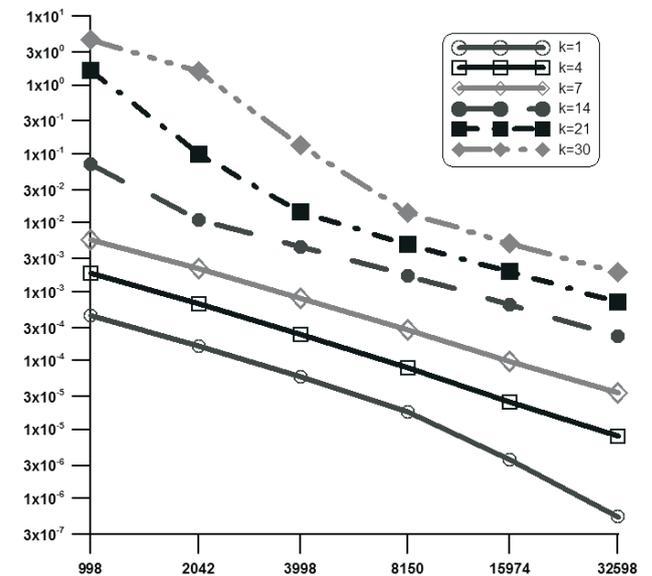
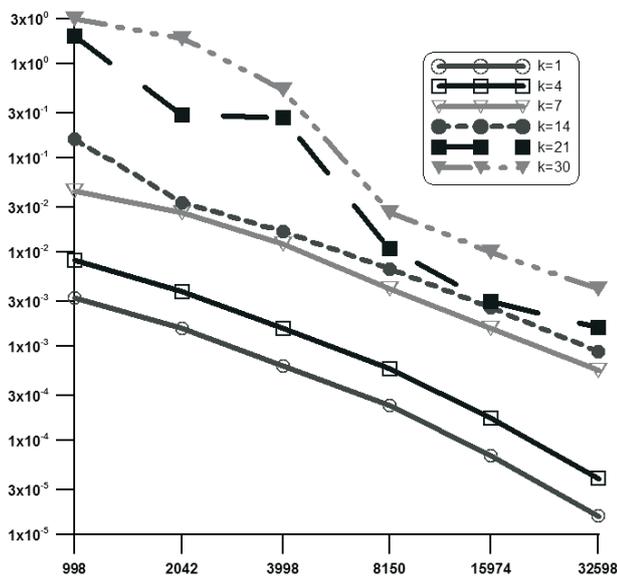


Рис. 2. Зависимость погрешности решений внутренних (слева) и внешних (справа) задач Дирихле от порядка матрицы

1) матрично-векторное умножение $y = A'x$ выполняется за $o(n^2)$, $n \rightarrow \infty$ операций;

2) объем памяти, необходимый для хранения A' , существенно меньше, чем для исходной матрицы A ;

3) погрешность решения уравнения, возникающая вследствие замены A на A' , сравнима с точностью дискретизации.

Основные этапы мозаично-скелетного метода [4].

1. Построение дерева кластеров. Под кластером понимается совокупность точек сетки на поверхности Γ (точек дискретизации). Кластер нулевого уровня (корень дерева) — это все множество точек. Далее каждый кластер разбивается на непересекающиеся кластеры в соответствии с тем или иным методом сепарации. После некоторого числа разбиений появляется дерево кластеров.

2. Построение списка блоков. По дереву кластеров матрица разбивается на иерархический набор блоков разного размера, каждый из которых отвечает взаимодействию кластеров. Блоки, отвечающие взаимодействию достаточно удаленных друг от друга кластеров точек («дальняя» зона), могут быть приближены матрицей малого ранга. Блоки, полученные взаимодействием рядом лежащих точек, определяют «ближнюю» зону.

3. Аппроксимация блоков. Для каждого блока $A \in R^{m \times n}$ решается задача поиска малоранговой аппроксимации

$$\|A - UV^T\| \leq \varepsilon,$$

где UV^T является суммой r одноранговых матриц (скелетов). Для хранения матрицы UV^T нужна память $\text{mem}(UV^T) = (m + n)r$, тогда как полный блок A

занимал бы $\text{mem}(A) = mn$ ячеек. С помощью скелетонной аппроксимации снижаются затраты на хранение каждого блока, и потому — матрицы в целом.

3. Результаты тестовых расчетов

Рассматриваются задачи 1 и 2, $k_i = k_e = k > 0$, Γ — единичная сфера с центром в начале координат. Граничное условие: $f(x) = \exp(ikx_3)$, $x \in \Gamma$. Волновые числа $k_1 = 1$, $k_2 = 4$, $k_3 = 7$, $k_4 = 14$, $k_5 = 21$, $k_6 = 30$.

Количество точек дискретизации варьируется от 1000 до 32000. Каждая СЛАУ решается дважды: без использования мозаично-скелетонного метода и с его использованием. В дальнейшем результаты вычислений, относящиеся к этим двум способам решения, отмечены на рисунках выражениями «initial method» и «mosaic method» соответственно.

Блоки «дальней» зоны аппроксимируются с применением мозаично-скелетонного метода, $\varepsilon = 10^{-4}$, блоки «ближней» зоны считаются по формулам исходного метода. На рис. 1 приведены графики зависимости времени решения СЛАУ в секундах от порядка матриц для разных волновых чисел.

Сравнивая результаты экспериментов, можно заметить, что применение мозаично-скелетонного метода дает существенное ускорение во времени. При этом исходный метод имеет второй порядок сложности, тогда как мозаично-скелетонный метод имеет почти линейную сложность, и при удвоении порядка СЛАУ время возрастает лишь в 2,5 раза.

Правильность работы метода проверялась с использованием известных аналитических решений интегральных уравнений и задач Дирихле [2]. Экс-

перименты показывают (см. рис. 2), что рост порядка матриц приводит к уменьшению погрешности решений. При этом оба способа позволяют находить указанные решения с почти одинаковой точностью.

Аналогичные результаты получены и для задач Дирихле, где границей области является эллипсоид с полуосями $(0,4, 1, 0,2)$.

По результатам экспериментов можно сделать вывод, что применение мозаично-скелетонного метода при численном решении трехмерных задач Дирихле для уравнения Гельмгольца, сформулированных в виде граничных интегральных уравнений, сокращает требования к ресурсам компьютера и позволяет существенно снизить общее время решения рассматриваемых задач без потери точности. Это свидетельствует об эффективности предлагаемого подхода.

Список литературы

1. McLean, W. Strongly elliptic systems and boundary integral equations. Cambridge : Cambridge University Press, 2000.
2. Каширин, А. А. О численном решении задач Дирихле для уравнения Гельмгольца методом потенциалов / А. А. Каширин, С. И. Смагин // Журн. вычисл. математики и мат. физики. 2012. Т. 52, № 8. С. 1492–1505.
3. Saad, Y. GMRES: a general minimal residual algorithm for solving nonsymmetric linear systems / Y. Saad, M. Schultz // SIAM J. Sci Stat. Comp. Vol. 7, № 3. 1986. P. 856–869.
4. Савостьянов, Д. В. Быстрая полилинейная аппроксимация матриц и интегральные уравнения : дис. ... канд. физ.-мат. наук. М., 2006.

ЗАДАНИЕ ТРЕХМЕРНЫХ ОБЪЕКТОВ В ПАМЯТИ КОМПЬЮТЕРА

Исследование поддержано грантами РФФИ 12-01-00748, НШ-1015.2014 и УрО РАН № 12-С-1-1018-1

Описывается экономный способ задания трехмерных объектов в памяти компьютера. Основная идея состоит в представлении многообразия в виде клеточного комплекса весьма специального вида и числовом кодировании этого комплекса. При этом кодирование является естественным, то есть позволяет работать с объектами без раскодирования.

1. Клеточные комплексы

Удобнее всего дать определение двумерного клеточного комплекса в несколько шагов.

1. 0-мерный клеточный комплекс X^0 — это конечное множество точек, называемых вершинами.

2. 1-мерный клеточный комплекс X^1 получается из 0-мерного приклеиванием нескольких 1-мерных клеток (т. е. дуг), причем концы дуг должны приклеиваться к вершинам, а дуги не должны иметь других общих точек. Другими словами, 1-мерный клеточный комплекс является графом, даже мультиграфом, поскольку петли и кратные ребра допускаются.

3. 2-мерный клеточный комплекс X^2 получается из 1-одномерного комплекса X^1 приклеиванием нескольких 2-мерных клеток. Каждая 2-клетка представляет собой двумерный диск, который приклеивается к X^1 по некоторому отображению f его граничной окружности в X^1 .

Отметим, что информации о графе X^1 , ориентациях его ребер и порядке, в котором граничные окружности 2-клеток проходят по ребрам, вполне достаточно для восстановления комплекса X^2 . Требуемые данные можно записывать так. Сначала мы нумеруем вершины и кодируем ребра парами вида $(i_1, j_1), \dots, (i_m, j_m)$, где (i_k, j_k) — номера вершин, соединенных ребром с номером k , причем вершина i_k является его началом, а вершина j_k — его концом. Затем, для каждой 2-клетки мы выписываем последовательность ненулевых целых чисел, которые показывают как граничная кривая рассматриваемой 2-клетки проходит по ребрам. Например, двумерный тор можно задать следующими строчками: ребра — $(1, 1), (1, 1)$; 2-клетки — $(1\ 2\ -1\ -2)$ и $(1\ -1\ 2\ -2)$ (рис. 1). На самом деле, эта информация избыточна, поскольку строчка для ребер полностью восстанавливается по строчкам для 2-клеток.

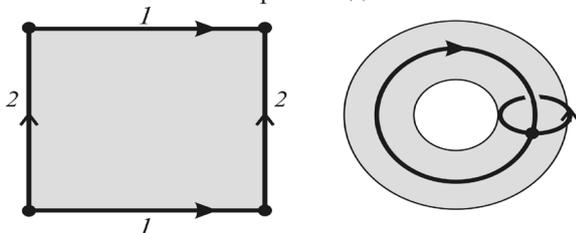


Рис. 1. Двумерный тор

2. Спайны трехмерных многообразий

Определение. Компактный 2-мерный клеточный комплекс P , лежащий внутри трехмерного многообразия M с непустым краем называется его спайном, если разность $M - P$ гомеоморфна прямому произведению края на полуоткрытый интервал (рис. 2).

Структура прямого произведения позволяет равномерно сжать многообразие на его спайн, что и объясняет смысл термина спайн (костяк, хребет).

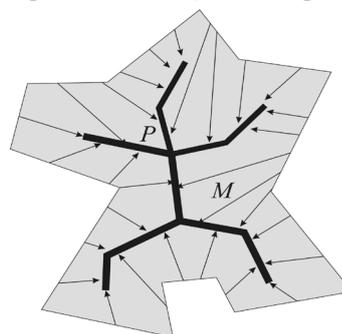


Рис. 2. К определению спайна

Спайн называется специальным, если каждая его точка имеет окрестность одного из трех типов, изображенных на рис. 3.



Рис. 3. К определению специального спайна

Нетрудно показать, что любое трехмерное многообразие имеет специальный спайн. Основное преимущество специальных спайнов состоит в том, что по своему специальному спайну трехмерное многообразие восстанавливается однозначно. Таким образом, чтобы задать трехмерное многообразие, достаточно задать его какой-нибудь специальный спайн (который является клеточным комплексом), выписав соответствующие строчки чисел. Например, специальный спайн довольно сложного пространства додекаэдра, более известного как гомологическая сфера Пуанкаре, задается строчками $(1\ 3\ -9\ -2\ -6)$ $(3\ 5\ -6\ -4\ -8)$ $(5\ 23\ -8\ -1\ -10)$ $(2\ 4\ -10\ -3\ -7)$ $(4\ 1\ -7\ -5\ -9)$ $(6\ 7\ 8\ 9\ 10)$.

Разумеется, одно и то же многообразие имеет много различных специальных спайнов. Другое важное свойство специальных спайнов состоит в том, что любые два специальных спайна одного и того же многообразия можно связать конечной цепочкой локальных преобразований T и T^{-1} , изображенных на рис. 4. Поскольку

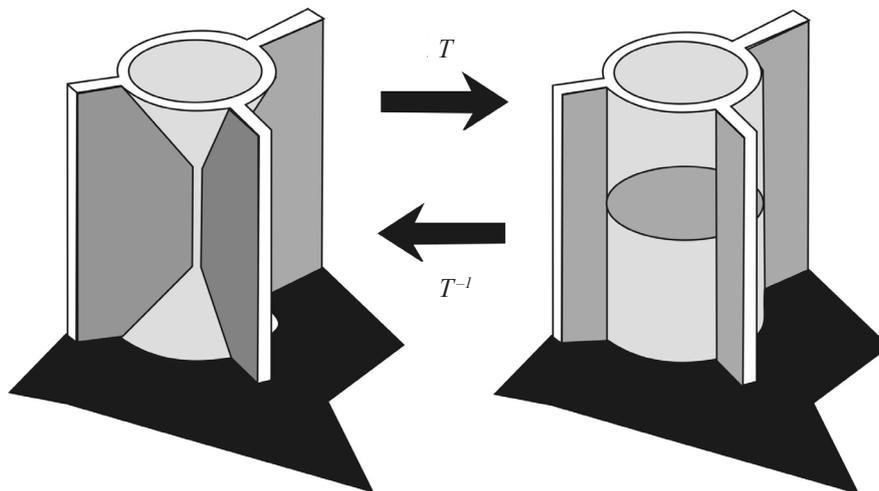


Рис. 4. Локальные преобразования T и T^{-1}

эти преобразования легко реализуются на уровне кодирующих строчек, то не только построение слайнов, но и распознавание гомеоморфности отвечающих им многообразий можно выполнять с помощью компьютера.

Использование этих моментов позволило коллективу кафедры компьютерной топологии и алгебры Челябинского государственного университета составить таблицу всех трехмерных многообразий до слож-

ности 13, что намного превосходит зарубежные аналоги (около 100 тыс. многообразий против 12 тыс.).

Все это можно прочитать в книге С. В. Матвеева «Алгоритмическая топология и классификация трехмерных многообразий», которая является переводом на русский язык книги S. Matveeva «Algorithmic Topology and Classification of 3-manifolds», изданной в Шпрингере в 2003 г. и переизданной там же в 2007 г.

ОПТИМАЛЬНОЕ РАЗМЕЩЕНИЕ ДЕРЕВА В КОНЕЧНОМ МНОЖЕСТВЕ И ПОЛИНОМИАЛЬНАЯ РАЗРЕШИМОСТЬ ЗАДАЧ КЛАССА NP

Рассмотрены два класса задач размещения дерева в конечном множестве: задача Вебера и квадратичная задача о назначении. Для решения задачи Вебера известен полиномиальный в сильном смысле алгоритм. Рассматриваемый частный случай квадратичной задачи о назначении остается NP -трудным в сильном смысле. Для ее решения построен псевдополиномиальный алгоритм, использующий алгоритм для задачи Вебера. Данный факт является доказательством совпадения классов NP и P . Показано, что сложность задачи «Гамильтонова цепь» в графе (V, E) не превосходит величины $O(|V|^6 \log_2 |V|)$.

Рассматривается экстремальная задача $\Theta(G, V, b, c, \Phi)$

$$C(\varphi) = \sum_{j \in J} c(j, \varphi(j)) + \sum_{[i, j] \in E} b([i, j]),$$

$$\varphi(i), \varphi(j) \rightarrow \min_{\varphi \in \Phi} \quad (1)$$

для данных дерева $G = (J, E)$, конечного множества V , отображения $c: E \times V \rightarrow \mathbf{Z}$, отображения $b: E \times V^2 \rightarrow \mathbf{Z}$ и множества Φ допустимых размещений элементов множества J в точки множества V .

В случае $\Phi = \Phi_W = \{\varphi: J \rightarrow V\}$ (т. е. представляет все однозначные отображения) задача $\Theta = \Theta_W$ известна как задача Вебера для древовидной связывающей сети. Для ее решения известен [1; 2] полиномиальный алгоритм с вычислительной сложностью $O(|J||V|^2)$. В докладе дана постановка задачи Вебера в виде задачи целочисленного линейного программирования и доказано, что в случае древовидной сети множество оптимальных решений соответствующей релаксированной задачи Вебера содержит целочисленное решение. Данный факт позволяет установить существование седловой точки при доказательстве результативности декомпозиционных алгоритмов для задач, отличающихся от задачи наличием дополнительных ограничений.

Если в (1) имеет место $\Phi = \Phi_O = \{\varphi: J \rightarrow V \mid (\forall i, j \in J)(i \neq j) \rightarrow (\varphi(i) \neq \varphi(j))\}$, т. е. все инъективные однозначные отображения, то задача $\Theta = \Theta_O$ представляет квадратичную задачу о назначении [3] с древовидной связывающей сетью. Дана постановка задачи Θ_O в виде задачи целочисленного линейного программирования. Доказано, что соответствующая релаксированная задача имеет целочисленное оптимальное решение. Для его поиска может быть использована схема декомпозиции по ограничениям [4], в которой внутренняя задача

представляет задачу Вебера, а внешняя — задачу выпуклого программирования. Предложен алгоритм решения задачи Θ_O , имеющий вычислительную сложность не более

$$O\left(|V|^6 \max_{I, J \in J, u, v \in V} \{c(i, v), b([i, j], u, v)\}\right).$$

Известно [5; 6], что задача Θ_O является NP -трудной в сильном смысле. Наличие псевдополиномиального алгоритма для NP -трудной в сильном смысле задачи является доказательством полиномиальной разрешимости задач класса NP .

Список литературы

1. Панюков, А. В. Оптимальное размещение дерева в конечном множестве / А. В. Панюков, Б. В. Пельцвергер // Журн. вычисл. математики и мат. физики. 1988. Т. 28, № 4. С. 618–620.
2. Panyukov, A. V. Polynomial Algorithms to finite Veber problem for a tree network / A. V. Panyukov, B. V. Pelzwerger // J. of computational and Applied Mathematics. 1991. Vol. 35. P. 291–296.
3. Horst, R. Global Optimization: Deterministic Approaches / R. Horst. Н. Туу. Heidelberg : Springer-Verlag. 1993.
4. Михалевич, В. С. Оптимизационные задачи производственно-транспортного планирования: модели, методы, алгоритмы / В. С. Михалевич, В. А. Трубин, Н. З. Шор. М. : Наука. 1986.
5. Пападимитриу, Х. Комбинаторная оптимизация. Алгоритмы и сложность / Х. Пападимитриу, К. Стайглиц. М. : Мир. 1984.
6. Гэри, М. Вычислительные машины и труднорешаемые задачи / М. Гэри, Д. Джонсон. М. : Мир, 1982.

О ПОСТРОЕНИИ МАРШРУТА ДВИЖЕНИЯ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА ПРИ УСЛОВИИ ВЫРЕЗАНИЯ ТОЛЬКО СОСЕДНИХ ДЕТАЛЕЙ

Рассматривается алгоритм построения эйлеровой цепи в плоском эйлеровом графе, удовлетворяющей глобальному ограничению на порядок обхода ребер. Такой граф и соответствующий ему маршрут могут быть рассмотрены как математическая модель некоторого раскройного плана. Наложение ограничения на порядок обхода ребер означает, что отрезанная от листа часть не требует дополнительных разрезов и прорезанный контур не пересекается с еще не прорезанным.

При технологической подготовке процесса раскроя возникают различные ограничения на траекторию движения режущего инструмента. Так, в ранних работах автора [1] была рассмотрена задача построения маршрута, при котором отрезанная часть листа не требовала дополнительных разрезов. В данной работе наложим на траекторию движения режущего инструмента дополнительное ограничение регулярности на порядок вырезания деталей: будем продолжать вырезание только по примыкающему контуру.

Формальная постановка задачи может быть сделана в терминах теории графов. Положим, что на плоскости S задан плоский граф $G = (V, E)$, и пусть f_0 — внешняя (бесконечная) грань графа G . Для любого подмножества $H \subset G$ обозначим через $\text{Int}(H)$ подмножество S , являющееся объединением всех связных компонент множества $S \setminus H$, не содержащих внешней грани f_0 . Множества вершин, ребер и граней графа G будем обозначать через $V(G)$, $E(G)$ и $F(G)$ соответственно, а $|S|$ — число элементов (мощность) множества S .

Определение 1 [1]. Будем говорить, что цикл $C = v_1 e_1 v_2 e_2 \dots v_k$ в эйлеровом графе G имеет *упорядоченное охватывание*, если для любой его начальной части $C_i = v_1 e_1 v_2 e_2 \dots e_i$, $1 \leq i \leq (|E(G)|)$ выполнено условие $\text{Int}(C_i) \cap E(G) = \emptyset$.

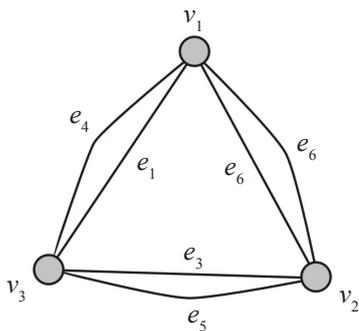


Рис. 1. Пример эйлерова графа

Например, для плоского эйлерова графа, приведенного на рис. 1., цикл $v_1 e_1 v_3 e_3 v_2 e_2 v_1 e_4 v_3 e_5 v_2 e_6 v_1$ удовлетворяет условию упорядоченного охватывания, а цикл $v_1 e_4 v_2 e_5 v_3 e_6 v_1 e_1 v_3 e_3 v_2 e_2 v_1$ — не удовлетворяет, т. к.

$$\text{Int}(v_1 e_4 v_2 e_5 v_3 e_6 v_1) \supset \{e_1, e_2, e_3\}.$$

В терминах задачи раскроя используемые определения интерпретируются следующим образом: S — раскраиваемый лист, G — раскройный план, C — траек-

тория движения режущего инструмента, $\text{Int}(C_i)$ — отрезанная от листа часть при прохождении режущим инструментом части траектории. Тогда условие упорядоченности охватывания означает, что отрезанная от листа часть не требует дополнительных разрезов.

Для того чтобы формализовать требование отсутствия пересечения прорезанного контура с непрорезанным введем следующее определение.

Определение 2 [2; 3]. Пусть в графе $G(V, E)$ для каждой вершины $v \in V$ задан циклический порядок обхода ребер $O^+(v)$. Эйлеров маршрут T будем называть A -цепью, если для любого фрагмента цепи $\{e_i, e_{i+1}\} \in X_T(G)$, где $X_T(G)$ — заданная система переходов, $j = i - 1$ или $j = i + 1$.

Другими словами, в A -цепи возможен переход только на соседнее ребро, получающееся при вращении текущего ребра против часовой стрелки (либо по часовой стрелке). Например, для графа, приведенного на рис. 1, последовательность ребер $v_1 e_1 v_3 e_3 v_2 e_2 v_1 e_4 v_3 e_5 v_2 e_6 v_1$ не является A -цепью, т. к. переход $e_2 v_1 e_4$ осуществляется не на соседнее ребро в циклическом порядке. Последовательность $v_1 e_4 v_2 e_5 v_3 e_6 v_1 e_1 v_3 e_3 v_2 e_2 v_1$ будет A -цепью. Данная последовательность удовлетворяет и условию упорядоченного охватывания.

В общем случае задача построения A -цепи является NP -полной [2], т. к. алгоритм определения такой цепи в графе сводит данную задачу к решению задачи коммивояжера. Однако существуют полиномиальные алгоритмы для поиска A -цепи в некоторых частных случаях. Одним из таких случаев является 4-регулярный граф (т. е. граф, для которого $\forall v \in V : \text{deg}(v) = 4$). В [2] доказано, что в 4-регулярном графе всегда существует A -цепь.

Ниже рассмотрим алгоритм построения в 4-регулярном графе A -цепи с упорядоченным охватыванием. Для доказательства существования такой цепи нам потребуется следующее определение.

Определение 3 [1]. Рангом ребра e графа $G(V, E)$ назовем значение рекурсивной функции.

Все ребра, ограничивающие внешнюю грань f_0 графа $G(V, E)$, образуют множество ребер $E_1 = \{e \in E : e \subset f_0\}$ с рангом $(\forall e \in E_1)(\text{rank}(e) = 1)$.

Ребра ранга k графа

$$G_k \left(V, E \setminus \left(\bigcup_{l=0}^{k-1} E_l \right) \right)$$

формируют множество ребер E_k , имеющих ранг k для исходного графа G , т. е. $(\forall e \in E_k)(\text{rank}(e) = k)$.

Предложение. В плоском 4-регулярном графе существует A -цепь с упорядоченным охватыванием.

Доказательство. Рассмотрим систему переходов $X_T(G)$, соответствующую некоторой A -цепи в графе G . Выберем произвольную вершину $v_0 \in f_0$ и построим из нее цикл $C(f_0)$ из ребер, смежных внешней грани (имеющих ранг 1). Удалив все ребра $e \in C(f_0)$, получим k компонент связности, ребра которых имеют ранг больше 1. Причем, любая пара ребер ранга 2 будет иметь хотя бы одну общую вершину второй степени (этой вершине были инцидентны два ребра $e, e' \in C(f_0)$). Построение A -цепи с упорядоченным охватыванием следующим образом. Из вершины $v_0 \in f_0$, выбранной в качестве начальной пройти по ребру e_1 : $\text{rank}(e_1) = 2$. В силу 4-регулярности графа, ребра, инцидентные начальной вершине, не могут иметь больший ранг. А ребра, инцидентные ребру e : $\text{rank}(e) = k$, не могут иметь ранг, отличающийся от k более чем на единицу. Далее, используя рекурсивный алгоритм $A1$ [4], построим эйлерову цепь с упорядоченным охватыванием. Снова, в силу 4-регулярности графа G , на всех уровнях рекурсии переход будет осуществляться на соседнее ребро большего ранга (если это возможно). Последнее ребро цепи, $e_{|E|}$, будет смежно внешней грани, а следующим для него в циклическом порядке будет начальное ребро e_1 . Таким образом, построенный эйлеров цикл с упорядоченным охватыванием является и A -цепью. **Предложение доказано.**

Рассмотрим алгоритм построения A -цепи с упорядоченным охватыванием для плоского 4-регулярного графа.

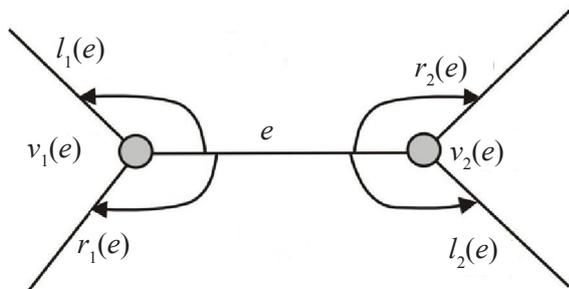


Рис. 2. Представление ребер графа

Алгоритм A -цепь

Входные данные: Граф $G(V, E)$, представленный шестью функциями для каждого ребра (рис. 2):

- $v_1(e), v_2(e)$ — вершины, инцидентные ребру e ;
- $l_1(e), l_2(e)$ — ребра, инцидентные вершинам $v_k(e)$ и получающиеся при вращении ребра e против часовой стрелки;
- $r_1(e), r_2(e)$ — ребра, инцидентные вершинам $v_k(e)$, и получающиеся при вращении ребра e по часовой стрелке.

Выходные данные: A -цепь C с упорядоченным охватыванием.

Шаг 1. Положить $k = 1$ и $\tilde{G} = G(V, E)$.

Шаг 2. Определить цикл C_k из ребер, смежных

внешней грани графа \tilde{G} . Всем ребрам этого цикла присвоить пометку k (таким образом, $\forall e \in C_k, \text{kmark}(e) = k$). Положить $k = k + 1$.

Шаг 3. Положить $\tilde{G} = \tilde{G} \setminus C_k$. Если в \tilde{G} остались еще не помеченные ребра, перейти на шаг 2. В противном случае перейти на шаг 4.

Шаг 4. Начать построение цикла из вершины $v_0 \in f_0$. Выбрать первое ребро e_1 , инцидентное v_0 и имеющее ранг 2. Положим, что $v_0 = v_1(e_1)$, в противном случае необходимо поменять индексы кодирующих функций данного ребра местами. Пусть $e = e_1$ — текущее ребро, помещаемое в цепь: $C = \{e_1\}$.

Шаг 5. Пусть движение по ребру e осуществляется из вершины $v_1(e)$ в вершину $v_2(e)$. В противном случае необходимо изменить направление прохода по ребру заменой индексов задающих его функций на противоположные, т. е. k заменить на $(3 - k)$, где $k = 1, 2$. Пусть $C = C \cup \{e\}$. Пометить e как пройденное. Если $|C| = |E|$, завершить выполнение алгоритма A -цепь с упорядоченным охватыванием найдена, в противном случае, перейти на шаг 6.

Шаг 6. Чтобы не нарушить свойство A -цепи, выбрать одно из соседних для e ребер, имеющее максимальный возможный ранг и не пройденное ранее (не включенное в цепь C). Таким образом,

- $e = r_2(e)$, если $\text{kmark}(r_2(e)) > \text{kmark}(l_2(e))$;
- $e = l_2(e)$, если $\text{kmark}(r_2(e)) < \text{kmark}(l_2(e))$;
- если $\text{kmark}(r_2(e)) = \text{kmark}(l_2(e))$ продолжить обход по любому из ребер, по возможности не повышая связности непройденного подграфа.

Перейти на шаг 5.

Конец алгоритма.

Рассмотрим вопрос сложности представленного алгоритма. Задание входных данных не составляет проблем. Фактически они определяются и используются еще на этапе проектирования графа G . Пространственная сложность такого представления не будет превосходить $O(|E| \cdot \log_2 |V|)$. Выполнение шагов 2 и 3 можно организовать за время $O(|E|)$, а шаги 4–6, отвечающие за непосредственное построение цепи, имеют сложность $O(|V| \cdot |E|)$. Таким образом, алгоритм выполняется за полиномиальное время.

Список литературы

1. Панюкова, Т. А. Оптимальные эйлеровы покрытия для плоских графов // Дискрет. анализ и исслед. операций. 2011. Т. 18, № 2. С. 64–74.
2. Fleischner, H. Eulerian Graphs and Related Topics. Part 1, Vol. 1. Amsterdam, 1990.
3. Gross, J. L. Handbook of Graph Theory (Discrete Mathematics and Its Applications) / Jonathan L. Gross, Jay Yellen. CRC Press, 2003.
4. Панюкова, Т. А. Построение эйлеровых циклов с упорядоченным охватыванием как математическая модель решения задачи раскроя // Современные информационные технологии и ИТ-образование : сб. тр. VIII Междунар. науч.-практ. конф. М. : Интуит.ру, 2013. С. 479–488.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АЛГОРИТМА ПОИСКА В ШИРИНУ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УРОВНЕЙ ВЛОЖЕННОСТИ РЕБЕР ПЛОСКОГО ГРАФА

Формализована с точки зрения теории графов задача раскроя плоских материалов, определены понятия уровня вложенности ребер графа и условия упорядоченного охватывания. Был рассмотрен подход к определению уровней вложенности при помощи поиска в ширину в двойственном графе, а также скорректирован алгоритм определения маршрута режущего инструмента в соответствии с этим подходом.

В процессе технологической подготовки раскроя листовых материалов при подготовке маршрута вырезания важно обеспечить соответствие маршрута условию упорядоченного охватывания: каждая отделенная от заготовки часть не должна требовать дополнительной резки. В терминах теории графов раскройный план может быть представлен плоским графом, грани которого соответствуют вырезаемым деталям, а ребра обозначают линии реза. Введем некоторые обозначения и определения, чтобы формализовать задачу раскроя. Воспользуемся определениями, введенными в [1].

Моделью раскройного листа будем считать плоскость S , моделью раскройного плана — плоский граф G с внешней гранью f_0 на плоскости S . Для любой части графа $J \subseteq G$ (части траектории движения режущего инструмента) обозначим через $\text{Int}(J)$ теоретико-множественное объединение его внутренних граней (объединение всех связных компонент множества $S \setminus J$, не содержащих внешней грани). Тогда $\text{Int}(J)$ можно интерпретировать как отрезанную от листа часть. Множества вершин, ребер и граней графа J будем обозначать через $V(J)$, $E(J)$ и $F(J)$ соответственно, а число элементов множества M — через $|M|$. При этом требуется, чтобы отрезанная от листа часть не требовала дополнительных разрезов. В общем случае раскройный план представляет многосвязный граф, состоящий из вложенных компонент связности. Задача состоит в построении покрытия графа ребрами, учитывающего ограничения, наложенные практической задачей.

В соответствии с [2] будем говорить, что цепь $C = v_1 e_1 v_2 e_2 \dots v_k$ в плоском графе G имеет упорядоченное охватывание, если для любой его начальной части $C_l = v_1 e_1 v_2 e_2 \dots e_l$, $l \leq (|E|)$ выполнено условие $\text{Int}(C_l) \cap E = \emptyset$.

Также будем говорить, что последовательность реберно-непересекающихся цепей

$$C^0 = v^0 e_1^0 v_1^0 e_2^0 \dots e_{k_0}^0 v_{k_0}^0, C^1 = v^1 e_1^1 v_1^1 e_2^1 \dots e_{k_1}^1 v_{k_1}^1, \\ C^{n-1} = v^{n-1} e_1^{n-1} v_1^{n-1} e_2^{n-1} \dots e_{k_{n-1}}^{n-1} v_{k_{n-1}}^{n-1}$$

с упорядоченным охватыванием, покрывающая граф G и такая, что

$$(\forall m : m < n) \left(\bigcup_{l=0}^{m-1} \text{Int}(C^l) \right) \cap \left(\bigcup_{l=m}^{n-1} C^l \right) = \emptyset$$

является покрытием с упорядоченным охватыванием.

Минимальную по мощности последовательность реберно-непересекающихся цепей с упорядочен-

ным охватыванием в плоском графе G будем называть *эйлеровым покрытием с упорядоченным охватыванием*.

Уровнем вложенности ребра e плоского топологического графа $G(V, E)$ будем называть значение функции $\text{rank}(e)$, определяемой рекурсивно:

- все ребра, инцидентные внешней грани f_0 графа $G(V, E)$ образуют множество ребер $E_1 = \{e \in E : E \subset f_0\}$ с уровнем вложенности $(\forall e \in E_1)(\text{rank}(e) = 1)$;
- ребра с уровнем вложенности 1 в графе

$$G_k \left(V, E \setminus \left(\bigcup_{l=1}^{k-1} E_l \right) \right), k \geq 2$$

составляют множество E_k ребер с уровнем вложенности k в исходном графе G , т. е. $(\forall e \in E_k)(\text{rank}(e) = k)$.

Рассмотрим способ определения уровня вложенности ребер и граней графа поиском в ширину, а также скорректируем для этого алгоритм построения маршрута раскроя.

Определение уровней вложенности ребер, вершин и граней графа при помощи алгоритма поиска в ширину

Алгоритм Optimal Cover [1; 3] строит маршрут раскроя для укладки деталей, представленной в форме плоского многосвязного графа. Он состоит из трех частей: «Инициализация», «Упорядочение», «Формирование». Граф задан списком ребер с соответствующими им вершинами, гранями и смежными, ближайшими по повороту против часовой стрелки, ребрами (рис. 1).

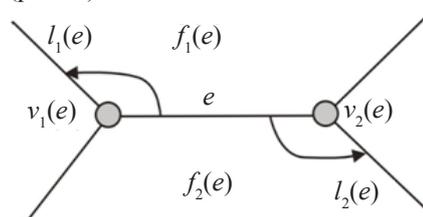


Рис. 1 Функции, кодирующие ребра графа

В процессе построения маршрута раскроя для каждого ребра вводится переменная rank , соответствующая его уровню вложенности. Определение уровней вложенности происходит на этапе «Упорядочение» и выполняется за счет обхода графа по слоям, от наружного к внутреннему. На рис. 2 каждому ребру приписан его уровень вложенности.

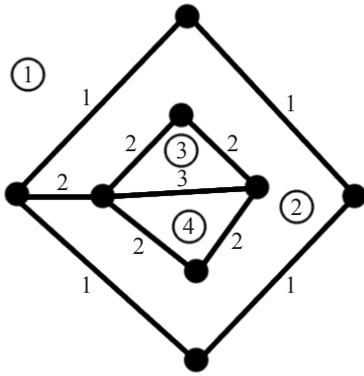


Рис. 2. Уровни вложенности плоского графа

Уровень вложенности ребра определяет его удаленность от внешней грани и показывает, какое минимальное число граней необходимо пересечь, чтобы добраться до заданного ребра. То есть уровень вложенности ребра можно определить как номер шага, на котором будет помечено ребро при поиске в ширину на двойственном графе (рис. 3). Поиск начинается с вершины, соответствующей внешней грани. Мосты в двойственном графе будут представлены как петли.

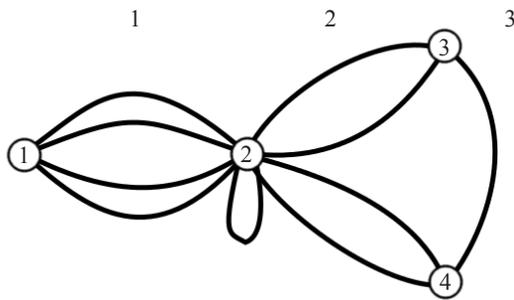


Рис. 3. Уровни вложенности ребер на двойственном графе

Алгоритмическая сложность предложенного метода не превысит $O(|E|\log|E|)$, т. к. используется алгоритм поиска в ширину, а для построения двойственного графа не нужно выполнять дополнительных операций, так как для каждого ребра уже заданы переменные f_1 и f_2 , соответствующие номерам граней, связываемых ребром.

Уровень вложенности вершины графа можно определить как минимальный уровень вложенности инцидентных ей ребер. Уровень вложенности грани графа определяется как максимальный уровень вложенности ребер, охватывающих грань.

Формирование эйлеровой цепи с упорядоченным охватыванием по данным об уровнях вложенности граней и ребер графа

На этапе «Формирование» алгоритма Optimal Cover [1] используется информация о порядке обхода ребер, выполненном в процессе «Упорядочивания». При этом для каждой вершины однозначно определе-

но следующее в обходе ребро. Если для определения уровней вложенности ребер вершин и граней графа использовать поиск в ширину — повысится ясность алгоритма и простота его описания на машинном языке. Однако появляется необходимость переопределить способ формирования в графе эйлеровых цепей, удовлетворяющих критерию упорядоченного охватывания. Опишем алгоритм выбора следующего в цепи ребра по предыдущему ребру и текущей вершине.

Алгоритм «Формирование 2»

Входные данные: граф $G(V, E, F)$, $\text{rank}[E]$, $v_{\text{rank}}[V]$, $f_{\text{rank}}[F]$, v_0 — начальная вершина

Выходные данные: C — эйлерова цепь с упорядоченным охватыванием.

Шаг 1. Если ребро e_0 задано, перейти к шагу 2, иначе к шагу 3.

Шаг 2. Выбрать ребро e_1 ближайшее по повороту против часовой стрелки относительно ребра e_0 ребро, инцидентное вершине v_0 с максимальным уровнем вложенности. Перейти к шагу 4.

Шаг 3. Выбрать ребро e_1 , инцидентное вершине v_0 с максимальным уровнем вложенности и максимальным уровнем вложенности грани $f_0(e_1)$. Перейти к шагу 4.

Шаг 4. Включить ребро e_1 в цепь C ; $e_0 = e_1$; Выбрать v_0 — следующая в цепи C вершина.

Шаг 5. Если v_0 тупиковая вершина или вершина нечетной степени, перейти к шагу 6, иначе к шагу 2.

Шаг 6. Конец алгоритма.

Описанный алгоритм конечен, т. к. на каждой итерации в цепь включается хотя бы одно ребро. Сложность алгоритма не превышает $O(|E|^2)$: шаги 2–4 выполняются для каждого ребра цепи C , на шаге 2 производится поиск по множеству E . При правильной организации данных можно улучшить алгоритм до $O(|E|\log|E|)$, как в [4], за счет ускорения поиска смежных ребер.

Заключение

При построении маршрута раскрыя, соответствующего условию упорядоченного охватывания, используется понятие уровня вложенности ребра плоского графа. В работе рассмотрен способ его определения, основанный на алгоритме поиска в ширину в граневом двойственном графе. Алгоритмическая сложность представленного метода пропорциональна $O(|E|\log|E|)$. Так же в работе описан алгоритм «Формирование 2», позволяющий сформировать эйлерову цепь с упорядоченным охватыванием в плоском графе, используя информацию об уровнях вложенности ребер и граней графа.

Список литературы

1. Панюкова, Т. А. Алгоритм построения оптимального эйлерова покрытия для многосвязного графа // Современные информационные технологии и ИТ-

образование : сб. тр. VII Междунар. науч.-практ. конф. М. : Интуит.ру, 2012.

2. Panyukova, T. Cover with Ordered Enclosing for Flat Graphs // *Electronic Notes in Discrete Mathematics*. 2007. № 28. P. 17–24.

3. Панюкова, Т. А. Программное обеспечение для построения покрытия с упорядоченным охватыванием для многосвязных плоских графов / Т. А. Паню-

кова, Е. А. Савицкий // *Вестн. Юж.-Урал. гос. ун-та. Сер. Вычислительная математика и информатика*. 2013. Т. 2, № 2. С. 111-117.

4. Panyukova, T. The Software for Algorithms of Ordered Enclosing Covering Constructing for Plane Graphs / T. Panyukova, E. Savitskiy // *Information Technologies for Intelligent Decision Making Support*. Уфа : Изд-во Уфим. гос. авиац. техн. ун-та, 2013. С. 122–125.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КОЛЕБАНИЙ УПРУГОЙ ПЛАСТИНЫ С ТОНКОЙ ВЯЗКО-УПРУГОЙ ПЛЕНКОЙ НА ПОВЕРХНОСТИ

Работа выполняется при поддержке РФФИ, грант № 13-07-00417а

Методами классической теории колебаний вязко-упругих сред реализуется математическая модель, в которой устанавливаются аналитические соотношения между частотой, акустическими потерями в колебательной системе «упругая пластина — вязко-упругая пленка» — с одной стороны, и комплексными модулями упругости и размерами пленки — с другой. Приводятся результаты сравнения расчетных значений изменения частот и акустических потерь 1-й и 2-й гармоник с изменениями, найденными экспериментально, которые показывают хорошее соответствие теории и эксперимента.

Одним из возможных инструментов исследования тонких жидких и полимерных пленок является кварцевый резонатор, на поверхность которого нанесена изучаемая пленка [1]. Низкочастотные резонаторы (продольных колебаний растяжения-сжатия) использовались ранее лишь для качественной характеристики жидких и вязкоупругих пленок [2]. Количественные методы не использовались по причине отсутствия математического аппарата описания колебаний таких систем. Данная работа призвана восполнить этот недостаток.

Теория колебаний кварцевой пластины с пленкой из жидкого или вязко-упругого материала

Вид пластины (кварцевого резонатора) с пленкой из жидкого или вязко-упругого материала в разрезе схематично изображен на рис. 1. Рассмотрим колебания растяжения-сжатия вдоль длины такой пластины. В отсутствие пленки колебательное смещение в пластине u_q не зависит от координаты Z и постоянно вдоль толщины пластины. При наличии пленки колебательное смещение u_q проникает в пленку и распространяется в ней, что приводит к неоднородному распределению смещений вдоль Z как в пленке, так и в пластине. Обозначим колебательное смещение в пленке через u_f . В дальнейшем пренебрежем движениями со смещениями вдоль осей Y и Z и примем постоянными смещения вдоль оси Y , т. е. функции смещения в пластине и пленке зависят только от координат x и z и от времени t : $u_q(x,z,t)$ и $u_f(x,z,t)$.

Тогда уравнения, описывающие колебания рассматриваемой системы, можно получить из общих уравнений движения упругой и вязкоупругой, в т. ч. жидкой сред [1]:

$$c_{11}\partial^2 u_q / \partial x^2 + c_{55}\partial^2 u_q / \partial z^2 = \rho \partial^2 u_q / \partial t^2, \quad (1)$$

$$E\partial^2 u_f / \partial x^2 + G\partial^2 u_f / \partial z^2 = \rho' \partial^2 u_f / \partial t^2, \quad (2)$$

где c_{11} , c_{55} — модули упругости кристаллического кварца; ρ и ρ' — соответственно плотности кварца и пленки; $\bar{E} = \bar{E} + j\bar{E}2$ — комплексный модуль продольной упругости пленки; $G = G' + jG''$ — комплексный модуль сдвига пленки; j — мнимая единица.

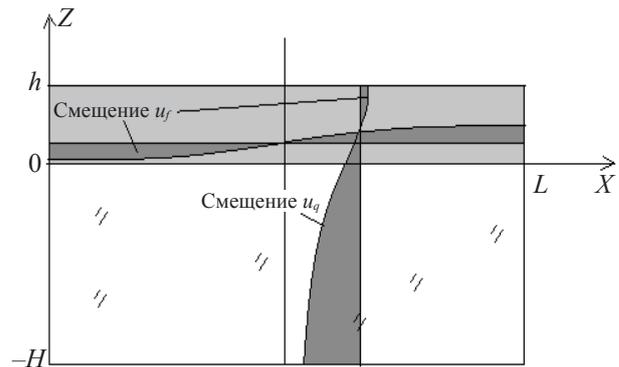


Рис. 1. Схематичное изображение кварцевой пластины, совершающей колебания растяжения-сжатия вдоль оси X . На верхней поверхности пластины сформирована пленка из вязко-упругого материала

Используя принцип разделения переменных, и находя решение в виде линейных комбинаций тригонометрических функций, представим функции смещений в следующем виде:

$$u_q(x,z) = (A\sin(k_x x) + B\cos(k_x x)) \times (C\sin(k_z z) + \cos(k_z z)) \exp(j\omega t), \quad (3)$$

$$u_f(x,z) = (E\sin(\gamma_x x) + F\cos(\gamma_x x)) \times (P\sin(\gamma_z z) + \cos(\gamma_z z)) \exp(j\omega t). \quad (4)$$

Подставляя (3) в (1), а (4) в (2), после дифференцирования получаем дисперсионные уравнения для пластины и пленки соответственно:

$$c_{11}k_x^2 + c_{55}k_z^2 = \rho\omega^2 \quad (5)$$

$$\bar{E}\gamma_x^2 + G\gamma_z^2 = \rho'\omega^2. \quad (6)$$

На свободных краях и свободных поверхностях пластины и пленки напряжения равны нулю, а на границах пленки и пластины равны друг другу напряжения и смещения. Используя эти условия как граничные, получаем систему однородных уравнений, определитель которой приравниваем к нулю и, решая получившееся уравнение (промежуточные выкладки опускаем), находим связь между постоянными распространения k_x и γ_x :

$$c_{55}k_x \operatorname{tg}(k_x H) = G\gamma_x \operatorname{tg}(\gamma_x h). \quad (7)$$

Эти уравнение можно существенно упростить, если учесть, что на частоте продольных по длине пластины колебаний $k_x H \ll 1$ (т. е. $\operatorname{tg}(k_x H) \approx k_x H$):

$$k_x^2 = -G\gamma_x \operatorname{tg}(\gamma_x h) / c_{55}H. \quad (8)$$

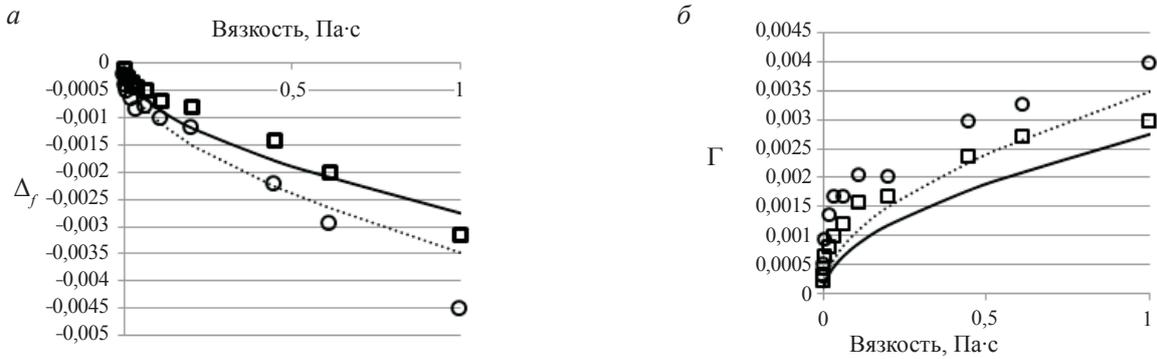


Рис. 2. Результаты сравнения расчетных кривых

Поделив уравнение (5) на ρ , уравнение (6) на ρ' и учитывая, что $k_x = \gamma_x = \pi n/L$, где n — номер гармоники резонатора, после преобразований получаем:

$$\omega_{qn}^2 + c_{55}k_z^2/\rho = \omega^2. \quad (9)$$

$$\omega_{fn}^2 + G\gamma_z^2/\rho' = \omega^2. \quad (10)$$

где $\omega_{qn} = \pi(c_{11}/\rho)^{1/2}n/L$ — циклическая частота n -й гармоники колебаний растяжения-сжатия пластины без пленки, $\omega_{fn} = \pi(\bar{E}/\rho')^{1/2}n/L$ — циклическая частота n -й гармоники колебаний растяжения-сжатия гипотетической пластины из материала пленки длиной L , не связанной механически с кварцевой пластиной. Обе частоты ω_{qn} и ω_{fn} могут быть вычислены, поскольку зависят от констант материалов и размеров пластины с пленкой.

В результате мы получили систему из трех уравнений (7), (8) и (9), решая которую можно найти связь между реологическими параметрами пленки (комплексными модулями упругости пленки) и комплексной частотой ω (реальная часть частоты дает саму частоту Δ_f , а мнимая — акустические потери или изменение добротности системы Γ).

Введем вспомогательные параметры: относительную циклическую частоту системы $\Omega = \omega^2/\omega_{qn}^2$, параметр $R = \rho'h/(\rho H)$, характеризующий соотношение масс единицы площади пленки и кварцевой пластины, известный как массонагрузка [1], и параметр $K = \bar{E}h/(c_{11}H)$, характеризующий соотношение механических жесткостей пленки и кварцевой пластины, который по аналогии назовем жесткостной нагрузкой. Далее, подставив k_z^2 из (8) в (5), поделив (5) и (6) на ω_{qn}^2 и используя вновь введенные параметры, получим:

$$\Omega^2 - 1 - c_{55}k_z^2/(\rho\omega_{qn}^2) = \Omega^2 - 1 + G\gamma_z \text{tg}(\gamma_z h)/(\rho H \omega_{qn}^2) = 0, \quad (11)$$

$$\Omega^2 - K/R - G\gamma_z^2/(\rho'\omega_{qn}^2) = 0, \quad (12)$$

Выделив γ_z из (12), получаем выражение для постоянной распространения γ_z

$$\gamma_z = \pm \omega_{qn}(\rho'(\Omega^2 - K/R)/G)^{1/2}. \quad (13)$$

Знак минус перед γ_z далее опускаем, т. к. он относится к такой же волне, распространяющейся в противоположном направлении.

Подставив γ_z в (11), получим трансцендентное уравнение для относительной частоты Ω

$$\Omega^2 - 1 + (\rho'G(\Omega^2 - K/R)/G)^{1/2} \times \text{tg}(h\omega_{qn}(\rho'(\Omega^2 - K/R)/G)^{1/2})/(\rho H \omega_{qn}^2) = 0. \quad (14)$$

Изменения относительной частоты, вызванные пленкой, как правило, не превышают 0,01, и можно

в скобках положить $\Omega^2 \approx 1$. Тогда с учетом того, что $\Omega^2 - 1 = (\Omega - 1)(\Omega + 1) = 2(\Omega - 1) = 2\delta f$, где $\delta f = (\omega - \omega_{qn})/\omega_{qn}$ — относительное изменение циклической частоты резонатора, после преобразований получим

$$\delta f = -S(G/c_{11})^{1/2} \text{tg}(T(G/c_{11})^{-1/2}), \quad (15)$$

где $S = 0,5L(\rho'(1 - K/R)/\rho)^{1/2}/(\pi n H)$, $T = \pi n h(\rho'(1 - K/R)/\rho)^{1/2}/L$.

Здесь и далее в общем случае δf является комплексной величиной:

$$\delta f = \Delta_f + i\Gamma, \quad (16)$$

где $\Delta_f = (f - f_0)/f_0$ — относительное изменение частоты f колебаний резонатора с пленкой по сравнению с частотой f_0 резонатора без пленки, Γ — потери колебательной энергии системы, обусловленные потерями в пленке, [1]. В первом приближении можно полагать $\Gamma = 1/Q - 1/Q_0$, где Q и Q_0 — соответственно добротности резонатора с пленкой и без пленки.

Сравнение теории с экспериментальными данными

На рис. 2 приведены результаты сравнения расчетных кривых изменения резонансной частоты Δ_f с экспериментальными результатами в зависимости от изменения вязкости пленки раствора глицерина в дистиллированной воде, для 1-й (сплошная линия и квадраты) и 2-й гармоники (пунктирная линия и кружки).

На рис. 3 приведены результаты сравнения расчетных кривых изменения акустических потерь Γ с экспериментальными результатами в зависимости от изменения вязкости пленки раствора глицерина в дистиллированной воде, для 1-й (сплошная линия и квадраты) и 2-й гармоники (пунктирная линия и кружки).

Список литературы

- Johannsmann, D. Derivation of the shear compliance of the films on quartz resonators from comparison of the frequency shifts on different harmonics: A perturbation analysis // J. Appl. Phys. 2001. Vol. 89. P. 6356.
- Яхно, Т. А. Новая технология исследования многокомпонентных жидкостей с использованием кварцевого резонатора. Теоретическое обоснование и приложения / Т. А. Яхно, А. Г. Санин, С. V. Васса и др. / ЖЭТФ. 2009. Т. 79, вып. 10. С. 22.

К ВОПРОСУ О РАЗРАБОТКЕ АЛГОРИТМОВ МАРШРУТИЗАЦИИ ИНСТРУМЕНТА ЛАЗЕРНЫХ МАШИН ЛИСТОВОЙ РЕЗКИ С ЧИСЛОВЫМ ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ «ЦЕПНОЙ» ТЕХНИКИ РЕЗКИ

На основе формализации задачи определения стоимости термической резки листовых материалов на машинах с числовым программным управлением проводится сравнительный анализ эффективности «цепной» и стандартной техники резки для конкретного технологического оборудования. На нескольких практических примерах исследуется потребление электроэнергии при лазерной резке «цепным» и стандартным способом сплава АМг3М различных толщин с целью определения условий эффективности применения «цепной» резки при разработке алгоритмов оптимизации маршрута инструмента по времени и стоимости резки.

Введение

Большое число технологического оборудования, используемого для обработки листового материала, составляют машины лазерной резки с числовым программным управлением (ЧПУ). При разработке управляющих программ (УП) для них используются системы автоматизированного проектирования — Computer-Aided Manufacturing (CAM) системы, которые позволяют уменьшить время написания программ, увеличить точность обработки и сократить стоимость процесса резки.

Современные САМ системы, ориентированные на автоматизацию разработки УП, обычно включают в себя два режима работы: интерактивный и автоматический. Исследования, проводимые в последнее время в нашей стране, направлены, в основном, на оптимизацию маршрута режущего инструмента по времени резки за счет минимизации холостого хода инструмента при использовании стандартной техники резки, при которой количество точек врезки равно количеству вырезаемых контуров. Однако следует отметить недостаточность исследований в области разработки алгоритмов маршрутизации инструмента по стоимостным критериям (например, по затратам электроэнергии при резке), а также по суммарному времени резки при использовании нестандартных техник резки. Поэтому тема данной работы, направленной на разработку методики автоматического назначения маршрута резки для лазерного оборудования, уменьшающей стоимостные параметры резки, является актуальной.

1. Особенности лазерной обработки

Одна из особенностей лазерной резки заключается в том, что перед обработкой материала по заданному контуру осуществляется процесс врезки лазерного излучения в материал внутри или снаружи вырезаемого объекта. При этом происходит «выплеск» расплавленного материала на поверхность листа на расстоянии 2–3 мм от места врезки лазерного луча в поверхность листа. Во избежание наплыва расплавленного металла на поверхность детали, наименьшее расстояние от места врезки лазерного луча в материал до контура детали выбирается в зависимости от толщины заготовки.

Точка выключения инструмента, в общем случае, если этого требуют технологические соображения, может и не совпадать с точкой врезки. Таким образом, разработка УП связана с выбором последовательности контуров для резки, определением для каждого контура точек врезки и точек выключения инструмента. Этот выбор определяется эмпирическими правилами, зависящими от толщины и марки материала, скорости реза. При использовании лазерной резки необходимо учитывать также термические деформации металла, которые возникают в процессе обработки. Методы уменьшения термических деформаций при резке листового материала описаны, в частности в [1; 2].

2. Исследование влияния способа резки на время обработки и стоимость резки

Одним из способов повышения эффективности методов проектирования УП для машин лазерной резки является применение специальных техник резки, например, резки нескольких деталей без выключения режущего инструмента, так называемой «цепной» резки. На рис. 1 изображена схема стандартной и цепной техники резки. Определение условий эффективности и целесообразности использования цепной резки является важным элементом при разработке алгоритмов маршрутизации инструмента машины с ЧПУ.

Был произведен сравнительный анализ этих двух техник резки на примере лазерной резки заготовок на машине Bystar 3015.

2.1. Сравнительный анализ цепной и стандартной техники резки с точки зрения стоимости резки

Для проведения сравнительного анализа были разработаны управляющие программы для резки детали из номенклатуры ОАО «ПО «УОМЗ»». Для материала АМг3М пяти разных толщин (от 1,5 мм до 5 мм) был разработан один и тот же план раскроя для резки 20 деталей (рис. 2.) и две УП (для цепной и стандартной техник резки) (рис. 3.). Длина перемещения инструмента при стандартной технике резки как на рабочем, так и на холостом ходу одинакова для разных толщин. То же самое касается и УП для цепной резки.

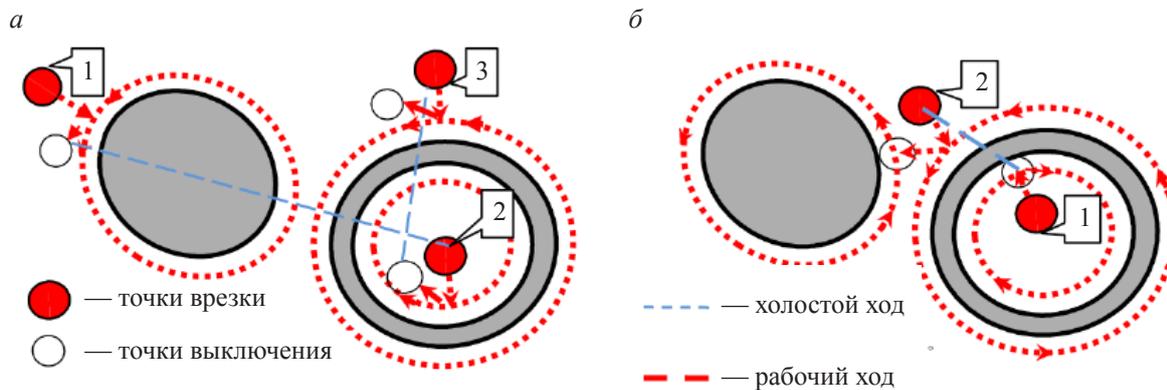


Рис. 1. Пример схемы резки двух заготовок по замкнутому контуру (а) и с использованием «цепной» резки (б)

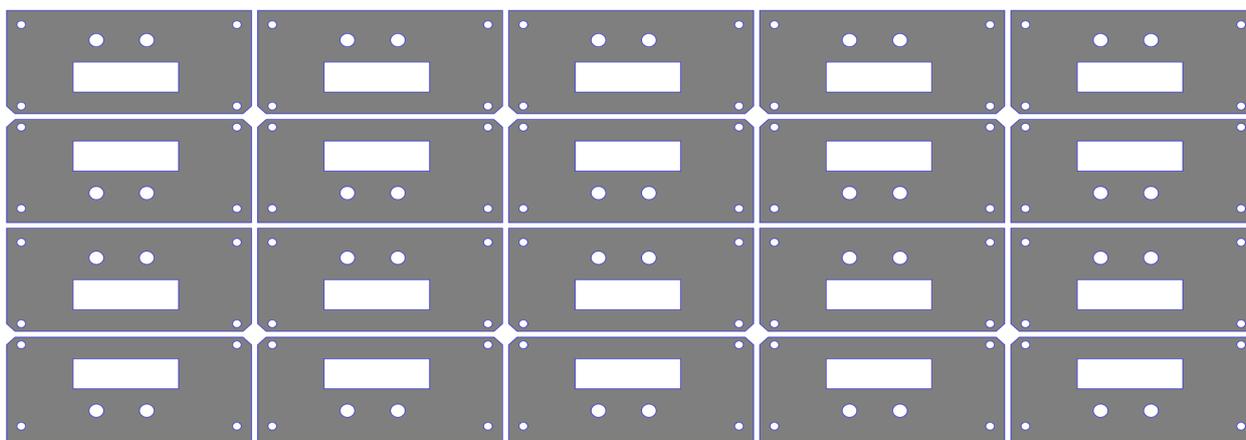


Рис. 2. План раскроя для резки 20 одинаковых деталей

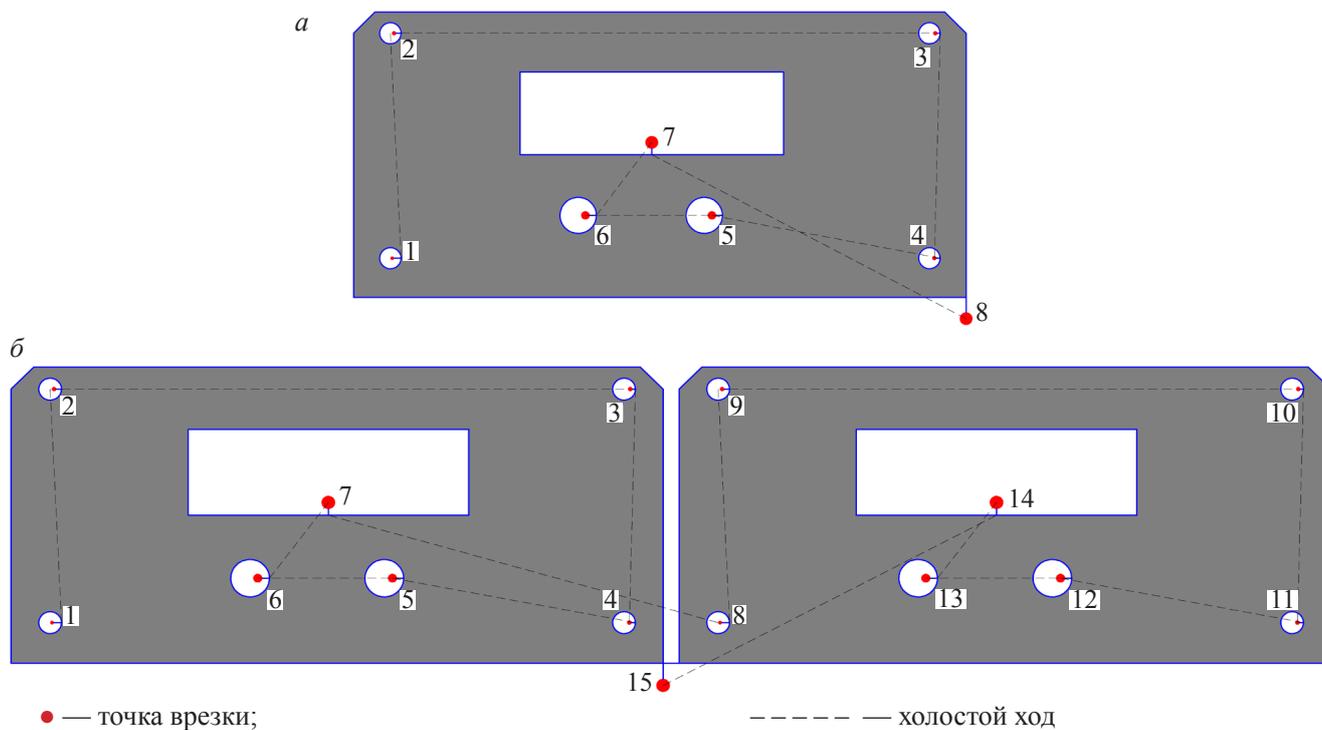


Рис. 3. Схема УП для стандартной техники резки (а) и для «цепной» техники резки (б)

Поскольку время и стоимость резки зависит от длины пути инструмента на рабочем ходе, числа точек врезки и длины пути инструмента на холостом ходе [2], то условия эффективности применения цепной резки по времени будут определяться соотношением времени от уменьшения точек врезки при цепной резке и времени, затрачиваемым на дополнительное перемещение инструмента между деталями на рабочем ходе (рез между деталями).

В табл. 1 приведены следующие экспериментальные данные: время затрачиваемое на врезку в материал определенной толщины ($t_{вр}$); время реза Δt между деталями при цепной резке (рис. 1б); время, затрачиваемое на все точки врезки при стандартном способе резки ($\sum t_1$); время, затрачиваемое на все точки врезки и резы между деталями при цепной резке ($\sum t_2$).

Помимо расчета временных характеристик был произведен и расчет потребляемой электроэнергии на лазерное излучение при использовании двух способов резки. Результаты можно увидеть в табл. 2, где $N_{дет}$ — количество деталей в плане, $N_{вр}$ — число точек врезки, $N_{рез}$ — число дополнительных резов при переходе от одной детали к другой с использованием «цепной» резки, $\mathcal{E}/\mathcal{E}_{ст}$ — потребляемая электроэнергия для стандартного способа обработки, $\mathcal{E}/\mathcal{E}_{цепн}$ — потребляемая электроэнергия для цепной резки, % — выигрыш по э/э с использованием цепной резки относительно стандартной техники.

Рис. 4 показывает зависимость относительного изменения затрат электроэнергии от материала (АМг3М разных толщин). Как видно, при увеличении толщины материала, эффективность использования цепной резки снижается.

Таблица 1

Время врезки при «цепной» и стандартной технике резки

Материал	$t_{вр}$, ч	Δt , ч	$\sum t_1$, ч	$\sum t_2$, ч
АМг3М, $t = 1.5$ мм	0,00025	$8,3 \cdot 10^{-6}$	0,040	0,038
АМг3М, $t = 2$ мм	0,00029	$1,1 \cdot 10^{-5}$	0,046	0,044
АМг3М, $t = 3$ мм	0,00033	$2,5 \cdot 10^{-5}$	0,053	0,050
АМг3М, $t = 4$ мм	0,00063	$7,4 \cdot 10^{-5}$	0,101	0,095
АМг3М, $t = 5$ мм	0,00065	$1,4 \cdot 10^{-4}$	0,104	0,099

Таблица 2

Расчет потребляемой электроэнергии при использовании «цепной» и стандартной техники резки

Материал	Стандартная техника		«Цепная» техника			$\mathcal{E}/\mathcal{E}_{ст}$, кВт·ч	$\mathcal{E}/\mathcal{E}_{цепн}$, кВт·ч	%
	$N_{дет}$	$N_{вр}$	$N_{дет}$	$N_{вр}$	$N_{рез}$			
АМг3М, $t = 1,5$ мм	20	160	20	150	10	0,191	0,184	3,75
АМг3М, $t = 2$ мм						0,237	0,229	3,51
АМг3М, $t = 3$ мм						0,304	0,294	3,10
АМг3М, $t = 4$ мм						0,639	0,622	2,63
АМг3М, $t = 5$ мм						0,859	0,844	1,81

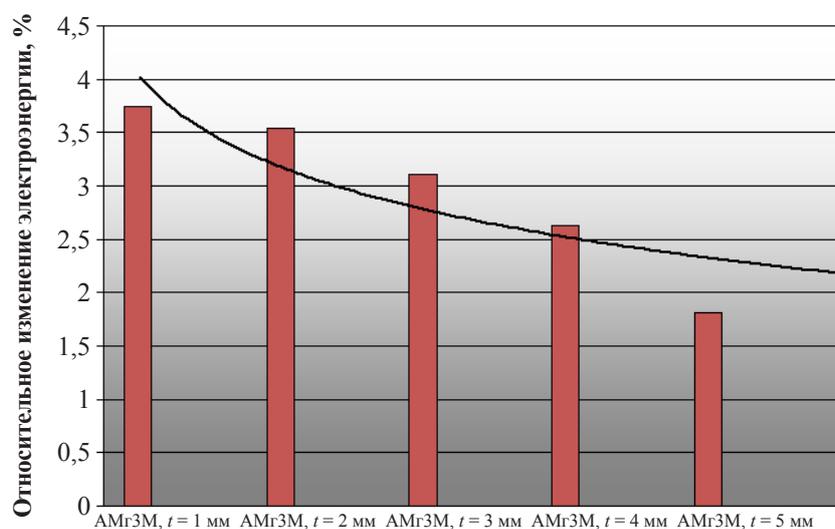


Рис. 4. Зависимость относительного изменения электроэнергии от толщины материала АМг3М

2.2. Расчет стоимости врезки

Учитывая то, что на врезку в материал и резку (перемещение инструмента на рабочем ходе) задается определенная доля мощности от выходного лазерного излучения в зависимости от его марки и толщины, можно получить следующую формулу для расчета длины L дополнительного реза при цепной резке, эквивалентной по затратам электроэнергии на одну точки врезки:

$$L = kv_p t_{вр}, \quad (1)$$

где k — коэффициент, учитывающий затраты на врезку и лазерное излучение (определяется из табл. 3); v_p — скорость резки материала.

Таблица 3

Значения коэффициента k для Bystar 3015

Материал	k	Материал	k	Материал	k
АМгЗМ, $t = 1$	1,58	12Х18, $t = 1$	1,8	Ст10кп, $t = 1$	1,27
АМгЗМ, $t = 1,5$	1,27	12Х18, $t = 2$	1,17	Ст10кп, $t = 2$	1,19
АМгЗМ, $t = 2$	1,13	12Х18, $t = 2,5$	1,13	Ст10кп, $t = 3$	1,16
АМгЗМ, $t = 3$	1,12	12Х18, $t = 3$	1,10	Ст10кп, $t = 4$	1,12
АМгЗМ, $t = 4$	1,03	12Х18, $t = 4$	1,06	Ст10кп, $t = 5$	1,12
АМгЗМ, $t = 5$	1,02	12Х18, $t = 5$	–	Ст10кп, $t = 6$	1,08

Выводы

Сформулируем основные результаты, полученные в данной работе.

1. В результате сравнения двух способов обработки («цепной» и стандартной) при лазерной резке

было установлено, что применение способа «цепной» резки более эффективно при обработке тонких материалов и по времени, и по потребляемой энергии (табл. 1, 2). При увеличении толщины материала можно наблюдать уменьшение относительного изменения потребляемой электроэнергии (рис. 2);

2. При рассмотрении вопроса нахождения длины дополнительного реза при цепной резке, эквивалентной по затратам электроэнергии на одну точки врезки, была предложена формула (1) для ее определения.

3. Полученные результаты можно использовать для разработки алгоритма автоматического назначения маршрута резки. В настоящее время проводится реализация данной методики в рамках разработки программного обеспечения для расчета стоимости лазерной резки.

Список литературы

1. Таваева, А. Ф. Об одном способе минимизации пути режущего инструмента для машин термической резки / А. Ф. Таваева, А. А. Петунин // Инженерная мысль машиностроения будущего : материалы всерос. молодеж. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Екатеринбург, 2013. С. 365–373

2. Петунин, А. А. О некоторых стратегиях формирования маршрута инструмента при разработке управляющих программ для машин термической резки материала // Вестн. Уфим. гос. авиац. техн. ун-т. Сер. Управление, вычислительная техника и информатика. 2009. Т. 13, № 2 (35). С. 280–286.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ И АЛГОРИТМЫ РАСЧЕТА ПОЛОЖЕНИЯ ТРЕХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ДУГ, ГОРЯЩИХ МЕЖДУ ПАРАЛЛЕЛЬНЫМИ ЭЛЕКТРОДАМИ И ТОКОПОДВОДЯЩЕЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ

Предложены математическая модель, алгоритмы расчета и программное обеспечение, позволяющее находить форму осей трех дуг постоянного и трехфазного переменного тока при их электромагнитном взаимодействии. Приведены результаты моделирования положения двух и трех аргоновых дуг при их электромагнитном взаимодействии.

В настоящее время в металлургической промышленности используется множество различных печей, в которых источником тепла служат электрические дуги. При конструировании таких печей необходимо учитывать форму дуг, зависящую от условий их горения и теплообмена, от электромагнитных сил, определяемых величиной протекающих токов, длиной и количеством дуг, расстоянием между ними и конструкцией токоподводов. В работах [1–3] рассмотрен случай электромагнитного взаимодействия двух дуг постоянного тока горящих между параллельными катодами и токоподводящей поверхностью. Получены дифференциальные уравнения и предложены алгоритмы для их решения и определения формы взаимодействующих электрических дуг [4; 5]. Однако рассмотренный случай не охватывает всех возможных вариантов взаимного влияния нескольких дуг встречающихся в промышленных агрегатах.

Целью работы является разработка математической модели и алгоритмов расчета положения трех электрических дуг, горящих между параллельными электродами и токоподводящей поверхностью.

Электромагнитное взаимодействие дуг определяется уравнением равновесия элемента столба дуги [1; 2]

$$d\vec{F}_{1-2} + d\vec{F}_{1-1} + d\vec{F}_{1-n} = 0, \quad (1)$$

где $d\vec{F}_{1-2}$ — сила взаимодействия элемента дуги с другой дугой (или другими дугами), $d\vec{F}_{1-1}$ — сила взаимодействия элемента дуги с самой собой, $d\vec{F}_{1-n}$ — центробежная сила, стремящаяся выпрямить столб дуги.

Сила действующая на элемент первой дуги dl_1 со стороны второй дуги (через дуги протекают постоянные токи I_1, I_2), описывается при помощи уравнения [1–4]

$$\left| d\vec{F}_{1-2} \right| = \chi I_1 I_2 \cdot d l_1, \quad (2)$$

где

$$\chi = \frac{\mu_0}{4\pi} \int_0^l \left(\frac{dy(\xi)}{d\xi} (\xi - z) - (y(\xi) - y(z)) \right) \frac{d\xi}{r_{21}^3};$$

r_{21} — расстояние между элементами первой и второй дуги; l — расстояние между катодом и токоподводящей поверхностью.

При однонаправленных постоянных токах ($I_1 I_2 > 0$) дуги притягиваются, в противном случае ($I_1 I_2 < 0$) —

отталкиваются. Если силы токов не меняются, то электрическая дуга имеет определенную фиксированную форму, напоминающую геометрическую дугу.

При взаимодействии электрических дуг переменного тока со сдвигом фаз $2\pi/3$ наблюдается непрерывное изменение формы и размеров дуги за счет воздействия знакопеременной периодической силы $d\vec{F}_{1-2} = \chi i_{12} \cdot d\vec{l}_1$ с периодом $T/2$. Электрические дуги совершают колебательные движения с частотой $2/T$ вокруг положения определяемого среднеинтегральным значением силы

$$d\vec{F}_{1-2} = -0,5 \cdot i_{a1} i_{a2} \chi dl_1, \quad (3)$$

где i_{a1}, i_{a2} — действующие значения токов, $d\vec{F}_{1-2}$ — среднеинтегральное значение силы, приводящее к отталкиванию электрических дуг друг от друга.

Проанализируем электромагнитное взаимодействие трех дуг, через которые протекают постоянные или переменные токи, причем вертикальные электроды, к которым привязаны дуги, образуют в плане равносторонний треугольник со стороной $L = 0,5D\sqrt{3}$, где D — диаметр распада электродов.

Рассмотрим взаимодействие трех дуг постоянного тока, имеющих одинаковое направление и величину ($I_1 I_2 > 0, I_2 I_3 > 0, I_1 I_3 = I_2 = I_3 = I$) на элемент дуги действуют две силы $d\vec{F}_{1-2}, d\vec{F}_{1-3}$, направление которых показано на рис. 1а. Результирующая сила $d\vec{F}_{1-2-3}$ перпендикулярна элементу $d\vec{l}_1$, и направлена к центру распада электродов, а ее модуль равен

$$\left| d\vec{F}_{1-2-3} \right| = \sqrt{dF_{1-2}^2 + dF_{1-3}^2 + 2dF_{1-2} dF_{1-3} \cos(\pi/3)} \sqrt{3} dF_{1-2} = \sqrt{3} \cdot \chi I^2 \cdot dl_1. \quad (4)$$

При электромагнитном взаимодействии трех дуг постоянного тока, имеющих одинаковое направление, но разную величину ($I_1 \neq I_2 \neq I_3$) результирующая сила перпендикулярна элементу $d\vec{l}_1$, и отклонена от направления к центру распада электродов в сторону большего тока, а ее модуль

$$\left| d\vec{F}_{1-2-3} \right| = I_1 \chi \sqrt{I_2^2 + I_3^2 + I_2 \cdot I_3} dl_1. \quad (5)$$

Рассмотрим случай электромагнитного взаимодействия трех дуг с одинаковыми постоянными токами, причем ток первой дуги направлен в противоположную сторону двум другим токам. На элемент первой дуги действуют две отталкивающиеся силы $d\vec{F}_{1-2},$

$d\vec{F}_{1-3}$ (рис. 1б.). Результирующая сила $d\vec{F}_{1-2-3}$ перпендикулярна элементу $d\vec{l}_1$ и направлена от центра распада электродов, а ее модуль равен $dF_{1-2-3} = \sqrt{3}\chi I^2 \cdot dl_1$. На элемент второй и третьей дуги действует сила перпендикулярно элементу $d\vec{l}_1$ и направленная по касательной к окружности с центром распада электродов, модуль результирующей силы равен $dF_{2-1-3} = \sqrt{3}\chi I^2 \cdot dl_1$.

В случае когда токи имеют разную величину ($I_1 \neq I_2 \neq I_3$), результирующая сила $d\vec{F}_{1-2-3}$ перпендикулярна элементу $d\vec{l}_1$ и отклонена от направления противоположного направлению к центру распада электродов в сторону меньшего тока, а ее модуль равен

$$d\vec{F}_{1-2-3} = I_1 \chi \sqrt{I_2^2 + I_3^2 + I_2 \cdot I_3} \cdot dl_1. \quad (6)$$

Рассмотрим электромагнитное взаимодействие трех дуг, через которые протекают гармонические токи: $i_1 = i_{01} \sin(2\pi\tau/T)$, $i_2 = i_{02} \sin(2\pi\tau/T + 2\pi/3)$ и $i_3 = i_{03} \sin(2\pi\tau/T - 2\pi/3)$ с одинаковыми действующими значениями токов ($i_{a1} = i_{a2} = i_{a3} = i_a$). В этом случае на элемент $d\vec{l}_1$ действуют две силы отталкивания $dF_{1-2} = \chi \cdot i_1 \cdot i_2 \cdot dl_1$, $dF_{1-3} = \chi \cdot i_1 \cdot i_3 \cdot dl_1$ направление которых показано на рис. 1б. Направление результирующей силы $d\vec{F}_{1-2-3}$ меняется с течением времени, а ее модуль равен

$$dF_{1-2-3} = \sqrt{3}dF_{1-2} = \sqrt{3}F_0 \left| \sin \frac{2\pi}{T} \tau \right| \cdot dl_1, \quad (7)$$

где $F_0 = \chi i_a^2 / 2$. Среднеинтегральная сила за полпериода, определяющая среднее положение дуги

$$\begin{aligned} d\vec{F}_{1-2-3} &= -\frac{2i_a^2}{T} \cdot \frac{\chi\sqrt{3}}{2} \int_0^{\frac{T}{2}} \sin\left(\frac{2\pi}{T} \tau\right) d\tau \cdot dl_1 = \\ &= -\frac{\sqrt{3}\chi}{\pi} i_a^2 \cdot dl_1 \approx -0,551 \cdot i_a^2 \cdot dl_1. \end{aligned} \quad (8)$$

Эта сила направлена в сторону противоположную центру распада электродов.

В случае электромагнитного взаимодействия трех дуг, через которые протекают трехфазные токи, при разных действующих значениях фазных токов

$i_{a1} \neq i_{a2} \neq i_{a3}$, результирующая электромагнитная сила $d\vec{F}_{1-2-3}$ перпендикулярна элементу $d\vec{l}_1$ и отклонена от направления противоположного направлению к центру распада электродов в сторону меньшего тока, а ее модуль равен

$$\left| d\vec{F}_{1-2-3} \right| = i_1 \chi \sqrt{i_2^2 + i_3^2 + i_2 \cdot i_3} \cdot dl_1.$$

Рассмотрим электромагнитное взаимодействие на элемент дуги $d\vec{l}_1$ со стороны тока самой дуги. Вектор силы $d\vec{F}_{1-1}$ находится в плоскости перпендикулярной осям электродов, перпендикулярен $d\vec{l}_1$ и противоположно направлен вектору $d\vec{F}_{1-2}$, а его модуль для постоянных токов $|d\vec{F}_{1-1}| = \chi I_1^2 \cdot dl_1$, а среднеинтегральное значение силы для гармонического тока. Видно, что электромагнитное взаимодействие элемента постоянного тока с самим собой такое же как элемента переменного с таким же действующим значением.

В общем случае, уравнение (1) равновесия элемента столба дуги при его электромагнитном взаимодействии с одной или двумя дугами постоянного или переменного токов можно записать в общем виде как

$$k_1 d\vec{F}_{1-2} + d\vec{F}_{1-1} + d\vec{F}_{1-3} = 0. \quad (9)$$

Модель взаимодействия определяется значением коэффициента k_1 , который зависит от количества дуг и рода протекающих токов.

На основе алгоритмов предложенных в работах [1–4], для решения уравнения (9) создана компьютерная программа «Взаимодействие дуг», позволяющая находить форму осей столбов двух и трех взаимодействующих электрических дуг постоянного или трехфазного переменного токов, горящих между электродами и токоподводящей поверхностью [5].

При моделировании взаимодействия дуг с одинаковыми токами было установлено, что их форма практически не зависит от силы тока, но существенно зависит от количества электродов, расстояния между ними и рода тока. На рис. 2 показан пример моделирования формы дуги при взаимодействии двух и трех дуг постоянного и переменного токов (значения постоянных и действующих токов — 9 кА). Видно, что снижение расстояния между электродами в два раза с 40 до 20 см

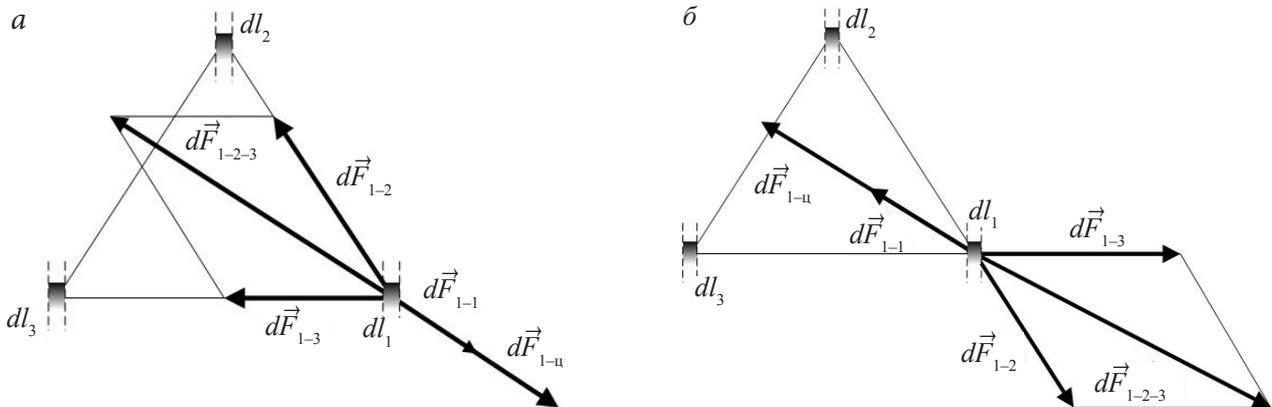


Рис. 1. Схема электромагнитного взаимодействия элемента тока $d\vec{l}_1$ с токами двух других дуг через все элементы протекают: а — одинаправленные постоянные токи; б — постоянные токи, причем ток I_1 направлен в противоположную сторону двум другим, либо переменные трехфазные токи

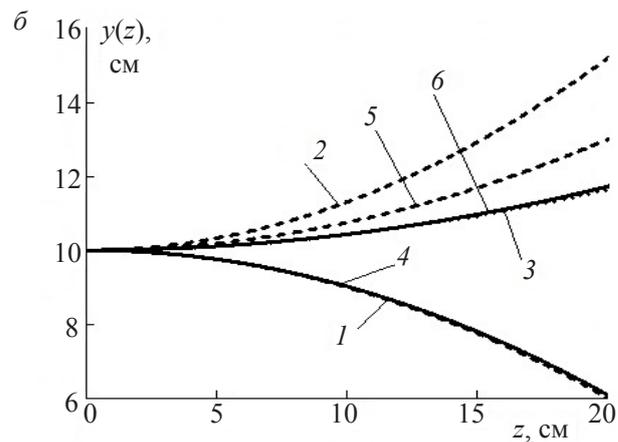
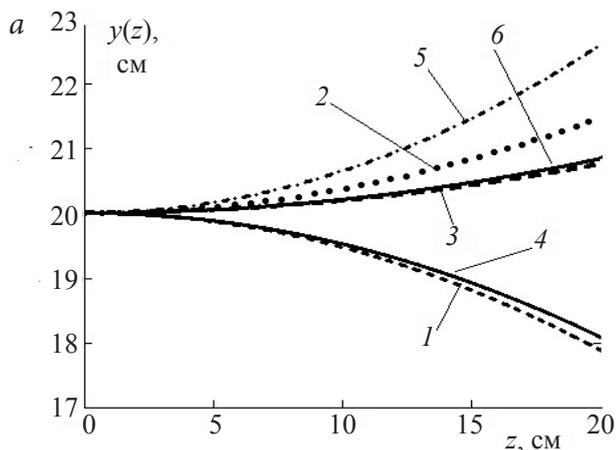


Рис. 2. Форма оси столба дуги при взаимодействии двух дуг, по которым протекают: 1 — постоянные токи, текущие в одном направлении; 2 — постоянные токи, текущие в разных направлениях; 3 — переменные токи. Форма оси столба дуги при взаимодействии трех дуг, по которым протекают: 4 — постоянные токи, текущие в одном направлении; 5 — постоянные токи, причем один из которых имеет противоположное направление; 6 — переменные токи. Расстояние между электродами: а — 40 см; б — 20 см

приводит к уменьшению минимального расстояния между дугами практически в 3 раза. Это хорошо согласуется с результатами, полученными в работе [3].

Таким образом, разработаны математическая модель на основе обобщенного уравнения (9) и программное обеспечение, позволяющее находить форму осей трех дуг постоянного и трехфазного переменного тока при их электромагнитном взаимодействии.

Список литературы

1. Бортничук, Н. И. Плазменно-дуговые плавильные печи / Н. И. Бортничук, М. М. Крутянский. М. : Энергоиздат, 1981.
2. Ячиков, И. М. Моделирование формы дуг постоянного тока при их электромагнитном взаимодействии / И. М. Ячиков, Е. М. Костылева // Межрегион. сб. науч. тр. Вып. 11. Магнитогорск : Изд-во Магнитогос. техн. ун-та. С. 195–201.

3. Ячиков, И. М. Положение электрических дуг при их электромагнитном взаимодействии в многоэлектродных дуговых печах / И. М. Ячиков, Е. М. Костылева // Информационные технологии и системы : материалы Первой междунар. конф. / отв. ред. В. А. Мельников. Челябинск : Изд-во Челяб. гос. ун-та, 2012. С. 36–38.

4. Ячиков, И. М. Приближенный алгоритм нахождения положения электрических дуг при их электромагнитном взаимодействии в многоэлектродных дуговых печах / И. М. Ячиков, Е. М. Костылева // Теория и практика тепловых процессов в металлургии : сб. докл. междунар. науч.-практ. конф. Екатеринбург : Урал. федер. ун-т, 2012. С. 423–426.

5. Программа «Взаимодействие дуг» / И. М. Ячиков, Е. М. Костылева. Свидетельство о государственной регистрации программы № 2013619388 от 03 октября 2013.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ТЕПЛОМАССОПЕРЕНОСА В ВАННЕ ДУГОВОЙ ПЕЧИ ПОСТОЯННОГО ТОКА ПРИ ЭЛЕКТРОВИХРЕВОМ ПЕРЕМЕШИВАНИИ РАСПЛАВА

Предложена математическая модель нестационарного тепломассопереноса в ванне расплава дуговой печи постоянного тока. Дан алгоритм по определению параметров перемешивания расплава и определения расчетного минимального времени, необходимого на проведение процесса рафинирования металла. Создан программный продукт, позволяющий определять нестационарное температурное и концентрационное поля в ванне дуговой печи с учетом электровихревых течений.

Известно, что усвоение тепловой мощности дуги, процессы десульфурации и дефосфорации во многом зависят от интенсивности перемешивания расплава в ванне дуговой печи постоянного тока (ДППТ). В печи с одним подовым анодом, ось которого совпадает с осью ванны, на перемешивание расплава решающее значение оказывают электровихревые течения (ЭВТ) [1; 2].

Необходимо отметить, что характер течения расплава в ванне ДППТ под действием ЭВТ довольно сложный и зависит от множества конструктивных, технологических факторов и свойств расплава [2].

Целью данной работы является создание математической модели по определению параметров тепломассопереноса в ванне ДППТ с учетом ЭВТ.

Построим математическую модель теплового состояния расплава в ванне ДППТ. При ее разработке принимаем ряд допущений, а именно считаем, что:

- в цилиндрической системе координат (ось z направлена вдоль оси ванны) температурные поля и тепловые потоки являются осесимметричными;

- тепло в ванне распространяется за счет теплопроводности и конвекции, создаваемой ЭВТ, влиянием свободной конвекции пренебрегаем;

- диссипацией энергии вязкими силами и джоулевым тепловыделением за их малости в жидком металле можно пренебречь, теплофизические свойства расплава постоянные.

С учетом этих допущений температурное поле движущейся жидкости описывается уравнением энергии в безразмерном виде

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} + u \frac{\partial t}{\partial r} + v \frac{\partial t}{\partial z} = \frac{1}{Pr} \cdot \left(\frac{\partial^2 t}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial t}{\partial r} + \frac{\partial^2 t}{\partial z^2} \right), \quad (1)$$

где u, v — проекции безразмерных скоростей жидкости на оси r и z соответственно. Для искомой функции $t(\tau, r, z)$ и независимых переменных выбраны следующие обозначения и масштабы: в качестве единицы длины выступает радиус ванны R_b , скорости — v/R_b , времени — R_b^2/v , температуры — t_0 (начальная температура расплава); Pr — число Прандтля, ν — коэффициент кинематической вязкости.

Дополним (1) краевыми условиями: начальное условие (при $\tau = 0$) $t(r, z) = t_0$; граничные условия (при $\tau > 0$): на свободной поверхности ванны ($z = 0, 0 \leq r \leq R_b$) $-\lambda(\partial t/\partial z) = q_n(r)$; на ее боковой поверхности

($0 \leq z \leq h_b, r(z) = R_b - z \operatorname{ctg} \varphi_0$) $-\lambda(\partial t/\partial n) = q_{\text{потб}}$; на подине ванны ($z = h_b, 0 \leq r \leq d/2$) $-\lambda(\partial t/\partial z) = q_{\text{потп}}$; на ее оси ($r = 0, 0 \leq z \leq h_b$) $\partial t/\partial n = 0$, где $q_{\text{потб}}, q_{\text{потп}}$ — тепловой поток через футеровку боковых стенок и подины соответственно; φ_0, h_b — угол откосов и высота ванны соответственно.

Тепловой поток $q_n(r)$, падающий на поверхность ванны, определяем при $r > r_n$ по формуле

$$q_n = \frac{K_3 P l_d}{2\pi^2 r (l_d^2 + r^2)},$$

а при $r \leq r_n$ $q_n = U_a/J_n$, где K_3 — коэффициент, учитывающий долю мощности дуги на излучение; J_n — плотность тока в анодном пятне, U_a — анодное падение напряжения, $r_n \sqrt{I_d}/(\pi J_n)$ — радиус пятна дуги на свободной поверхности расплава; I_d, P, l_d — ток, мощность и длина дуги соответственно.

Рассмотрим математическую модель массопереноса в ванне ДППТ. Если в расплаве не протекают химические реакции, вызывающие образование переносимого вещества, то уравнение его конвективного массопереноса аналогично (1), только вместо температуры выступает концентрация $C(\tau, r, z)$, а вместо коэффициента температуропроводности a — коэффициент диффузии D .

Создана математическая модель процесса рафинирования при плавке стали. Считаем известными: $[C]_n = C_0$ — начальное содержание примеси в расплаве; $(C) = C_{\text{шл}}$ — содержание примеси в шлаке. При десульфурации металла в качестве неизвестной функции считаем концентрацию серы (в виде FeS). Дополним уравнение конвективного массопереноса краевыми условиями. Начальное условие ($\tau = 0$) $C(r, z) = C_0$. Граничные условия ($\tau > 0$): на свободной поверхности ванны ($z = 0, r_n \leq r \leq R_b$) $C(r, 0) = C_{\text{шл}}$; на боковой поверхности ванны ($0 \leq z \leq h_b, r(z) = D_b/2 - z \operatorname{ctg} \varphi_0$) $\partial C/\partial n$; в области подины ванны ($z = h_b, r = 0 \dots d/2$) $\partial C/\partial z = 0$, на оси ванны ($0 \leq z \leq h_b, r = 0$) $\partial C/\partial r = 0$.

Для решения краевых задач тепломассопереноса использовался метод конечных разностей. Уравнение (1) записываем в дивергентном виде $\partial t/\partial \tau = L_z t + L_r t$, при этом используем следующие операторы:

$$L_r t = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(\frac{r}{Pr} \cdot \frac{\partial t}{\partial r} - utr \right), \quad L_z t = \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{1}{Pr} \cdot \frac{\partial t}{\partial z} - vt \right).$$

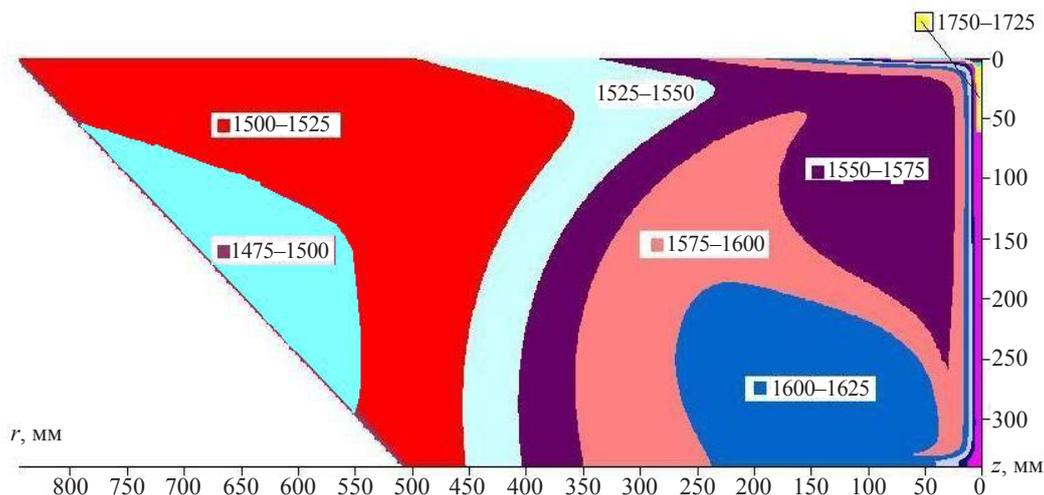


Рис. 1. Распределение температур по ванне в момент времени 15 мин

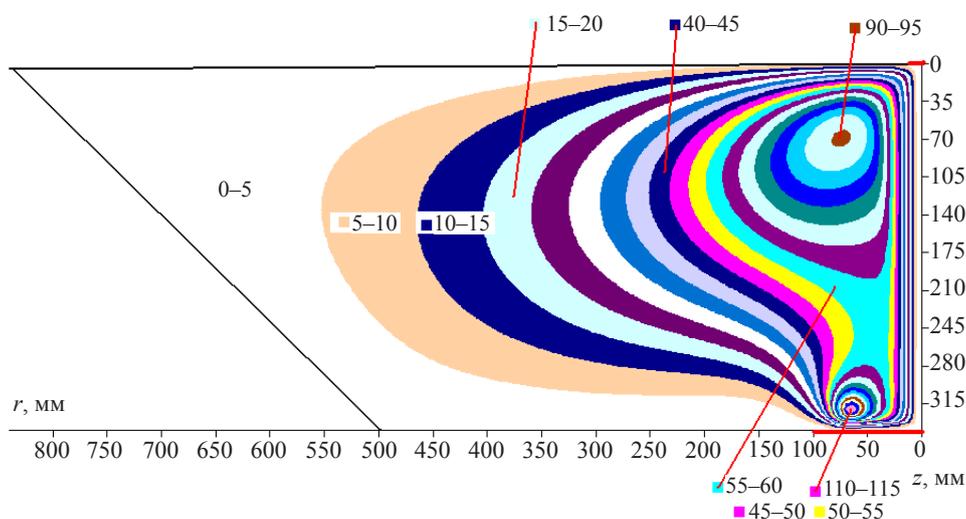


Рис. 2. Распределение функции тока ψ для установившегося ЭВТ в сталеплавильной ванне ДППТ, имеющей круглый подовый электрод диаметром 200 мм

При построении разностной схемы применяем консервативную симметричную аппроксимацию второго порядка точности $O(h)^2$.

Данная краевая задача решалась совместно с задачами по определению электромагнитных и гидродинамических функций [1; 2]. На основе созданных математических моделей разработан программный продукт «ЭВТ-2», позволяющий рассчитать нестационарное температурное и (или) концентрационное поля в ванне ДППТ с учетом ЭВТ.

В качестве объекта моделирования была выбрана трехтонная сталеплавильная ДППТ. Выполнены расчеты при $t_0 = 1500$ °С, $\lambda = 34,8$ Вт/(м·К), удельная теплоемкость расплава $C_p = 678$ Дж/(кг·К), полезная электрическая мощность дуги $P = 100$ кВт, $I_d = 184$ мм, $I_d = 1$ кА, $K_3 = 0,9$.

На рис. 1 показано распределение температур в ванне в различные моменты времени после подачи тепловой мощности дуги. Считаем, что течение расплава установившееся и соответствует линиям тока, приведенным на рис. 2. Функция тока ψ удовлетворяет уравнению неразрывности

$$u = -\frac{1}{r} \frac{\partial \psi}{\partial z}, \quad v = \frac{1}{r} \frac{\partial \psi}{\partial r}.$$

Застойные области в ванне расплава располагаются в местах, где значения функции тока ψ лежат в диапазоне от 0 до 5, что соответствует скорости жидкой стали до 0,2 мм/с.

Из рис. 2 видно, что ЭВТ полностью формируют температурное поле. Вблизи оси симметрии нагретый от дуги расплав перемещается вниз до подины, далее движется вдоль линий тока, рассеивая тепловую энергию. Высокие температуры наблюдаются в зоне пятна дуги вблизи поверхности ванны и ее оси. Минимальная температура характерна для зон с низкой скоростью расплава: в районе боковой стенки и поверхности ванны вдали от ее оси. Для данных условий расчета скорость нагрева расплава составляет около 2 град/мин.

Установлено, что повышение тока дуги (при неизменной ее длине) приводит к повышению средней температуры ванны. Наблюдается снижение перепада температур между средними температурами поверхности и подины ванны при увеличении ее

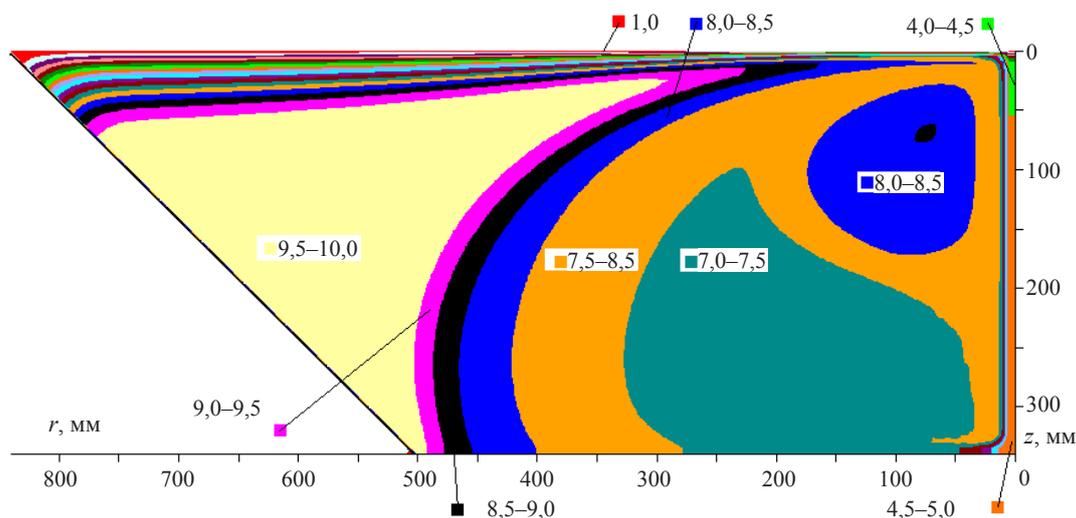


Рис. 3. Распределение концентрации серы (в тысячных долях процента) по ванне расплава в моменты времени 25 мин

глубины и тока дуги. Это объясняется уменьшением размера застойных зон, которые количественно определялись долей объема, где скорость расплава не превышает некоторого заданного значения $W_{\text{мин}}$ [3].

Проведены численные исследования изменения концентрации FeS в ванне ДППТ при одношлаковом рафинировании и определены параметры процесса десульфурации. Выполнены расчеты при $C_{\text{шл}} = 0,001\%$, $C_0 = 0,01\%$, $D = 3,9 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2/\text{с}$.

На рис. 3 для рассмотренных условий приведены результаты моделирования поля концентраций по ванне в разные моменты времени после наведения шлака. Как и в случае распределения температурного поля, массоперенос формируется и определяется ЭВТ. Наиболее низкие концентрации примеси наблюдаются на поверхности ванны и в области близкой к ее оси. Скорость удаления примеси уменьшается с течением времени и минимальна на периферии ванны.

По изменению средней концентрации примеси с течением времени можно определить: минимальное время проведения процесса десульфурации τ_s (устанавливается выполнением условия $\bar{C}(\tau_s) \leq [C]_k$) и параметры перемешивания расплава и массопереноса. Для расчета параметров массопереноса использовали кинетическое уравнение первого порядка

$$\ln \frac{(C_p - C(\tau))}{(C_p - C_0)} = -\beta_0 \tau / V_0, \quad (2)$$

где β_0 — коэффициент объемного массопереноса; V_0 — объем расплава; C_0 , $C_p = 0,005\%$ — начальная

(при $\tau = 0$) и равновесная (при $\tau = \infty$) концентрация примеси в расплаве соответственно. Время перемешивания расплава определяли как $\tau_{\text{пер}} = V_0 / \beta_0$. Так, для рассматриваемых $\bar{C}(\tau) = [C]_k e^{-0,0067\tau}$ условий $\tau_s \approx 100$ мин, $\tau_{\text{пер}} = 66$ мин, $\beta_0 \approx 106 \text{ см}^3/\text{с}$.

Выводы

1. Разработана математическая модель нестационарного тепломассопереноса в ванне расплава ДППТ. Создан программный продукт «ЭВТ-2», позволяющий проанализировать нестационарное температурное и концентрационное поля ванны с учетом ЭВТ.
2. Установлено снижение перепада температур между средними температурами поверхности и подины ванны при увеличении ее глубины и тока дуги.
3. Создан алгоритм по определению параметров перемешивания расплава и определения расчетного минимального времени, необходимого на проведение процесса рафинирования металла.

Список литературы

1. Ячиков, И. М. Моделирование электровихревых течений в ванне электродуговой печи постоянного тока / И. М. Ячиков, О. И. Карандаева, Т. П. Ларина. Магнитогорск : Магнитогос. техн. ун-т, 2008.
2. Ячиков, И. М. Моделирование электровихревых течений расплава в ванне ДППТ с осесимметричным подовым электродом // Изв. вузов. Черная металлургия. 2010. № 1. С. 11–16.

КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА СЕМАНТИЧЕСКОГО РАССТОЯНИЯ МЕЖДУ НАУЧНЫМИ ПУБЛИКАЦИЯМИ

1. Введение

Определение семантического расстояния (степень подобия или различия) публикаций может быть использовано в решении следующих задач:

- классификация статей, для автоматического определения темы статьи и ее корреляции с некоторой научной публикацией или научной областью;
- кластеризации;
- поиск похожих статей;
- поиск публикаций по теме, представляющей интерес;
- поиск подобных публикаций для цитирования;

При анализе научных статей необходимо учитывать следующие особенности:

- статьи, как правило, имеют небольшой размер и ограниченное количество слов, что требует специальных методов анализа [1] для предназначенных для небольших текстовых документов. Поэтому затруднительно использовать методы поверхностного семантического анализа, например, TD/IDF [2], основанные на принципе подсчета частоты слов в документах;
- статьи имеют большое количество ссылок;
- из-за небольшого объема научных публикаций и большого объема ссылок на внешние источники литературы, в научной статье, как правило, присутствует не полное описание предметной области. Что усложняет поиск подобных статей.

В основном, классификация текстов производится в соответствии с методом KNN [3], на основе вектора слов или понятий, что не очень эффективно для небольших текстов, которые содержат большое количество редких слов. В статье [4] рассматривается использование CoreOntology для кластеризации текстовых документов, где частые и редкие понятия не включены в вектора признаков (характеристические вектора) описания документов, потому что они ухудшают кластеризацию с использованием K-means. Особенность научных публикаций, больше количество слов с малой частотой использования, как раз не позволяют использовать данный подход. Исходя из этого, для измерения семантического расстояния между научными публикациями целесообразно использовать анализ на основе глубокого семантического анализа документов с построением семантической сети, построенной с помощью RCO[5], АОТ[6] и других методов извлечения семантических отношений из текстов на естественном языке [7].

1. Модель научной статьи

Задачу семантического анализа научных текстов можно разделить на две составляющие:

- анализ содержания статьи;
- анализ дополнительных сведений о статье.

Принимая во внимание особенности научных публикаций, анализ содержимого осуществляется с помощью глубинного семантического разбора [5], [6], в результате которого мы получаем семантическую сеть. Семантическая сеть состоит из понятий и отношений, например, семантическая сеть RCO[16].

Дополнительная информация о статье может содержать списки литературы, авторов, издателей, дату опубликования и т. д.

В этом случае научная статья может быть представлен в виде $P = \langle C, R, L, M \rangle$, где C — набор концепций, R — множество отношений, L — множество цитат, список литературы, M — набор атрибутов с дополнительной информацией о статье, например, о, издательстве, предмета научной публикации и т. д.

Цитаты (L) и дополнительные атрибуты (M) могут быть использованы для описания семантического расстояния документов. В исследованиях [8], [9] рассматриваются методы анализа библиографической информации статей для поиска академических сообществ. В данной статье не будет рассматриваться анализ этой информации о статье, так как они рассматриваются в работах других авторов. Тогда, упрощенно, основное смысловое представление научной публикации будет следующим: $PCore = \langle C, R \rangle$.

3. Понятие семантического расстояния

Существуют работы, исследовавшие семантические расстояния между понятиями [11] и между онтологиями [12]. Одним из основных отношений в онтологии является taxonomic отношения. Например, в основном онтологии [4], это единственный тип отношений. В онтологии СУС [10] Есть некоторые типы отношений, но иерархические отношения являются основными. При анализе семантического расстояния в онтологии [13], [14] практически все алгоритмы строятся с помощью иерархических (taxonomic или partonomic) отношений.

Особенностью строительства семантической сети научной статьи, является отсутствие полной таксономии понятий документа (иногда называемые вертикальными [13]), горизонтальные связи преобладают в научном документе [13] (неиерархический отношения). Поэтому большинство алгоритмов определения семантического расстояния документов на базе онтологий не являются адекватными для анализа статей.

Классификация мер семантического расстояния на основе [13] по использованию между:

- 1) понятиями (концептами):
 - а) отношения между понятиями:
 - меры расстояния на основе иерархических отношений;
 - меры расстояния, основанные на неиерархических отношениях

- б) меры расстояния с учетом значения атрибутов;
- в) гибридные меры;
- г) кросс-онтологические [12], кросс-сетевые отношения;
- 2) отношениями (связями);
- 3) отношениями, семантическими сетями.

Проанализировав литературу [1; 3; 11–14], можно выделить четыре основных интуитивно понятных принципа.

Два понятия (концепты), которые имеют такое же отношение с третьим больше похожи, чем два понятия, которые имеют это отношение к различным понятиям: (Понятие → связь с Понятием)

Два понятия, которые имеют подобные наборы отношений являются более семантически похожи, чем понятия, не имеющих сходные наборов отношений: (Понятие → набор отношений)

Два понятия, которые имеют аналогичное значение атрибутов больше похожи, чем понятия, которые имеют другое значение признаков (атрибутов и их значение): (Понятие → набор атрибутов и значений)

Два бинарных отношения, которые связывают равный набор понятий более семантически похожи, чем отношения между различными наборами понятий: (Отношение → набор понятий).

В статье, где описывается простое семантическое хранилище [15], показано, что отношения, атрибуты и их значения можно рассматривать как понятия, что делает возможным использовать тот же концептуальные четыре правила для описания семантического расстояния понятий и отношений. При замене используются отношения «Имеет связь», «Имеет значение», которые используются в качестве простых ссылок. На рис. 1 показано преобразование в результате, которого получаем только понятия и отношения между ними.

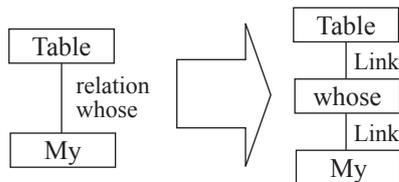


Рис 1. Преобразование сложного отношения

Тогда $Pcore$ имеет следующую трактовку: C — понятия «концепция» и «отношения», R — простые ссылки («Имеет связь», «Имеет значение»).

3.1. Семантическое расстояние между понятиями

Количественная характеристика семантического расстояния между концепциями рассчитывается гибридным методом, с учетом различных критериев. В этой статье рассматриваются два критерия:

- учет связей между понятием с другими понятиями;
- учет сходства значений атрибутов.

Так как отношения представлены в виде понятий, то они уже учитываются при анализе связей понятие-понятие.

Гибридная мера подобия понятий вычисляется следующим образом:

$$SM(c_1, c_2) = kc \cdot SMC(c_1, c_2) + ka \cdot SMA(c_1, c_2),$$

где SM — окончательная мера сходства между понятиями, SMC — значение семантического расстояния для концепции c_1, c_2 , с учетом связей концепции с другими понятиями, SMA — значение семантического расстояния для концепции c_1, c_2 , принимая во внимание сходства значения атрибутов, kc и ka — вес коэффициентов SMC и SMA .

Семантическое расстояние понятий с учетом связей с другими понятиями рассчитывается рекурсивно, учитывая семантическое расстояние окружающих понятий. Например:

Понятие 1 → имеет связь → двигатель → реактивный.

Понятие 2 → имеет связь → двигатель → внутреннего сгорания.

Понятие 1 и Понятие 2 не должны иметь 100 % сходства, т. к. при описании понятий на некотором этапе выявлены отличия, хотя прямые связи у Понятия 1 и Понятия 2 схожи.

В общем случае, можно рассматривать множество понятий на определенном расстоянии от анализируемых центральных понятий. Предположим, что есть два понятия $c_1, c_2 \in Pcore$. Набор концепций, с которой сравниваемые понятия связаны на i уровне $Lc_{1i}, Lc_{2i} \subset Pcore$, тогда

$$SMP(Pcore_1, Pcore_2) = \max(SMPtoP(Pcore_1, Pcore_2), SMPtoP(Pcore_1, Pcore_2)).$$

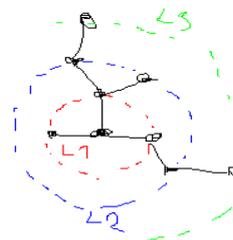


Рис 2. Уровни рекурсивного анализа связей

Семантическое расстояние понятий с учетом значения атрибутов могут быть определено как $AS(c_1, c_2)$ в [17].

3.2. Семантическое расстояние между научными публикациями

В [12] рассматривается сравнение двух онтологий или таксономий понятий. При сравнении семантические сети, можно сравнить понятия и отношения. Чем больше идентичных (семантически близких) понятий и отношений существуют в двух семантических сетях, тем больше семантически они похожи. Чтобы сделать возможным сравнение двух семантических сетей, необходимо сделать «мосты». Мосты — общие (схожие) концепции в семантических сетях. Тогда рассчитывается среднее арифметическое семантического расстояния понятий всех понятий из первой к понятиям вто-

рой научной статьи, а также понятий второй к первой, и берется наибольшее из этих двух значений.

$SMCP$ — расстояние между понятием и семантической сетью (всеми понятиями семантической сети).

$$SMCP(c \in Pcore_1, Pcore_2) = \max(SM(c, c_i) | \text{for all } c_i \in Pcore_1).$$

$SMPtoP$ — расстояние от одной до другой семантической сети — расстояние между всеми понятиями первой семантической сети до всех концепций второй семантической сети.

$$SMPtoP(Pcore_1, Pcore_2) = \sum_{c_i \in Pcore_1} \frac{SMCP(c_i, Pcore_2)}{|Pcore_1|}$$

$$|Pcore_1| = \text{count concepts of } Pcore_1.$$

Тогда семантическое расстояние между двумя семантическими сетями (двумя научными публикациями) (SMP):

$$SMP(Pcore_1, Pcore_2) = \max(SMPtoP(Pcore_1, Pcore_2), SMPtoP(Pcore_2, Pcore_1)).$$

4. Выводы

В статье приведен обзор и классификация существующих мер семантического расстояния для онтологий и семантических сетей, которые можно использовать и для анализа семантического расстояния научных публикаций. Был предложен метод количественного расчета семантического расстояния между научными публикациями.

5. Список литературы

1. Lintean, M. Measuring Semantic Similarity in Short Texts through Greedy Pairing and Word Semantics / M. Lintean, V. Rus // Twenty-Fifth International FLAIRS Conference. Marco Island, Florida. 2012. P. 244–249.

2. Hotho, A. Text clustering based on good aggregations / A. Hotho, A. Maedche, S. Staab // Data Mining, 2001. ICDM 2001, Proceedings IEEE International Conference on. IEEE, 2001. P. 607–608.

3. Ngoc, N. B. Classification text based on assessment of semantic proximity of terms / N. B. Ngoc, A. F. Tuzovskiy // Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. 2012. T. 320, №. 5. P. 43–48.

4. Hotho, A. Ontology-based text document clustering / A. Hotho, A. Maedche, S. Staab // KI. 2002. Vol. 16, № 4. P. 48–54.

5. Ermakov, A. E. RCO Pattern Extractor: component selection of specific objects in the text / A. E. Ermakov, V. V. Pleshko, V. A. Mityunin // Information and information security law enforcement. Moscow, 2003. P. 312–317.

6. Автоматическая обработка текста [Электронный ресурс]. URL: www.aot.ru.

7. Nayhanova, L. V. Construction of a semantic network based on domain knowledge extraction from scientific text / L. V. Nayhanova, N. H. Ayusheeva, N. B. Naptahaeva // News of higher educational institutions. Volga region. Technical science. 2007. № 4. P. 51–61.

8. Ichise, R. Community mining tool using bibliography data / Ryutaro Ichise, Hideaki Takeda // Proceedings of the 9th International Conference on Information Visualization. 2005. P. 953–958.

9. Nan Du. Community Detection in Complex Networks / Nan Du, Bin Wu, Bai Wang // J. of Comp. Science and Technology. 2008. Vol. 23 (4). P. 672–683.

10. Matuszek, C. An introduction to the syntax and content of Cyc // Proceedings of the 2006 AAAI spring symposium on formalizing and compiling background knowledge and its applications to knowledge representation and question answering. 2006. P. 44–49.

11. Scherwing, A. Hybrid model for semantic similarity measurement // On the Move to Meaningful Internet Systems 2005: CoopIS, DOA, and ODBASE. Berlin; Heidelberg : Springer, 2005. P. 1449–1465.

12. Maedche, A. Measuring Similarity between Ontologies / A. Maedche, S. Staab // EKAW 2002. London : Springer-Verlag, 2002. –P. 251–263.

13. Kryukov, K. V. Semantic similarity measures in ontologies // Control. 2010. № 2. P. 2–14.

14. Sánchez, D. Ontology-based semantic similarity: A new feature-based approach // Expert Systems with Applications. 2012. Vol. 39, № 9. С. 7718–7728.

15. Blenda, N. A. The object model for storing knowledge for natural language text / A. N. Blenda, A. V. Melnikov // A problem of science and technology. Vol. 1. Ufa, 2009.

16. Ермаков, А. Е. Компьютерный анализ текста при сборе информации к досье из открытых источников [Электронный ресурс] / А. Е. Ермаков, В. В. Плешко. URL: http://www.rco.ru/article.asp?ob_no=1562.

17. Maedche, A. Clustering Ontology-Based Metadata in the Semantic Web / A. Maedche, V. Zacharias // PKDD-2002. London : Springer-Verlag, 2002. P. 348–360.

ВВЕДЕНИЕ В ОНТОЛОГИЮ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Рассмотрены теоретические основы нового научного направления, синтезирующего достижения проектных практик в различных предметных областях на основе онтологий.

Вышедшая в конце 2013 г. в английском издательстве книга Филипа Вилкинсона «Великие проекты: исследование и объяснение лучших мировых проектов» [1] является еще одним доказательством возросшего интереса к онтологии проектирования. Эклектично собранные за последние 150 лет на «вкус» автора проекты из различных предметных областей (ПрО) позволили ему отразить ряд важных сторон этого вида деятельности. Показывая развитие «проектирования как части нашей повседневной жизни», Вилкинсон сделал упор в большей степени на сочетание полезности, функциональности и красоты в дизайне. Хорошо иллюстрированная монография дополняет известные работы Джонса [2], Половинкина [3], Ларичева [4], Норенкова [5] и др.

Онтология проектирования как научное направление формирует свой круг областей исследований. В его орбиту, в сферу его интересов втягиваются различные технические и гуманитарные специальности. Логически обоснованная дифференциация наук происходит по мере накопления и углубления знаний в конкретных областях, появления своего инструментария, формирования своего круга научных интересов. Параллельно с процессом дифференциации идет и интеграционный процесс в области научных знаний, когда прорывные идеи рождаются на стыках уже «устоявшихся» научных знаний, представлений и сложившихся дисциплин. Этот происходящий в науке естественный процесс есть не что иное, как «искусственный» прием, позволяющий искать и находить свой путь к знаниям.

Рассматривая онтологию проектирования как область научных исследований важно определиться с объектом или объектами исследований, т. е. с той частью объективной реальности, которую исследуют ученые. В нашем случае объектами исследований являются созданные и создаваемые реальные и виртуальные артефакты, субъекты и среда проектирования, т. е. то, что собственно и формирует существующую реальность, в которой происходит процесс ее развития и творения. Последнее немислимо без сложного взаимодействия различных факторов, которое порой интерпретируется как некий план не всегда осознанных действий.

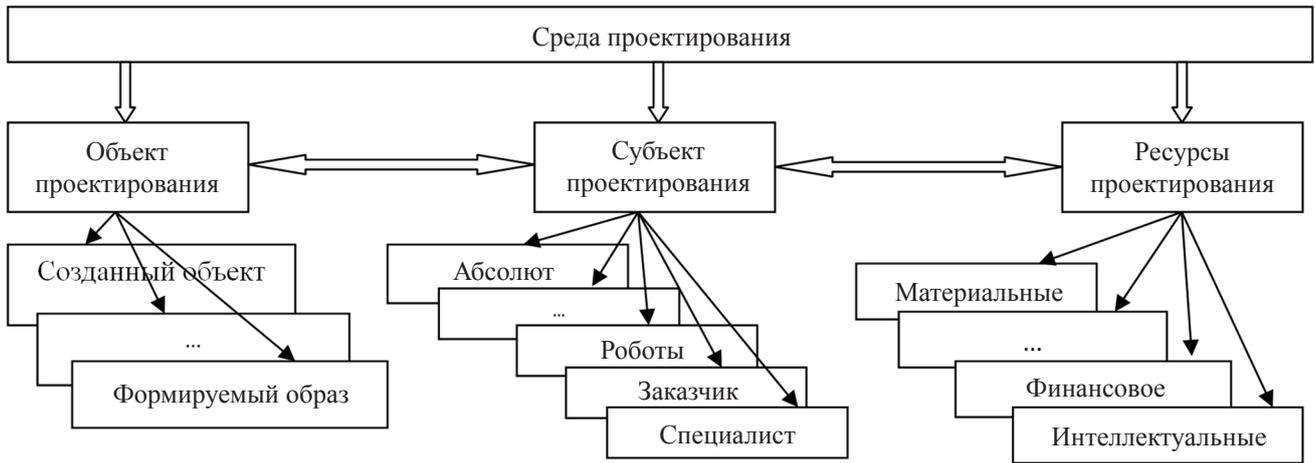
Субъект в общем случае формулирует цель, определяет методы, средства и подбирает ресурсы для создания конкретного артефакта — объекта проектирования. Личностные характеристики (предпочтения, пристрастия, представления, понимание, опыт) формируют не только потребность и критерии оценки будущего объекта проектирования, но и определяют

выбор исполнителей с их методами, подрядчиков с их комплектами и даже потребителей, да и сам рынок. От идеи, возникшей в голове у гения, до покупателя, сориентированного менеджером, человеческий фактор играет решающую роль.

Объекты проектирования — реальные и виртуальные сущности, разрабатываемые субъектами проектирования. К ним относятся любой артефакт, искусственно созданный объект и/или процесс, включая реальные и виртуальные объекты и процессы, системы, машины, механизмы, компьютеры, программное обеспечение, организации и пр. Реальные объекты проектирования, с одной стороны, это материализуемые в будущем объекты, которые существуют пока лишь в виде мыслительных, воображаемых, образных, математических или иных моделей. Виртуальные же объекты проектирования не имеют своего материального воплощения. И те и другие объекты, и каждые их экземпляры имеют свои жизненные циклы и присутствуют в среде проектирования каждый в своей фазе жизненного цикла. Созданный объект проектирования, уже введенный в эксплуатацию или даже неиспользуемый, условно остается в классе объектов проектирования, т. к. своим существованием в среде проектирования через субъектов проектирования влияет на дальнейшее развитие своего вида и класса объектов, является прототипом, аналогом, прародителем и/или даже конкурентным видом вновь создаваемых объектов.

Среда проектирования — окружение, в котором осуществляется таинство создания новых артефактов — объектов проектирования. Помимо объектов и субъектов проектирования в среде проектирования присутствуют и активно используются различные инструментарии (другие объекты: реальные и виртуальные) и ресурсы (материальные, интеллектуальные, финансовые). Среда проектирования способна влиять на формирование целеполагания и целеустремление у субъектов проектирования.

Субъекты проектирования — разумные сущности, участвующие в процессе создания артефакта — объекта проектирования. К субъектам проектирования относятся: специалисты (онтолог, когнитолог, психолог, маркетолог, проектант, конструктор, прочист, аэродинамик, технолог, экономист), организованная группа специалистов (предприятие, проектное бюро, институт, лаборатория), заказчик (потребитель, пользователь, клиент), созданные искусственные системы (роботы, экспертные системы), а также некие условные непознанные сущности. Включение в субъекты проектирования непознанных сущностей



Содержание среды проектирования [6]

не связано с признанием теологической концепции или тем более с теизмом, а лишь констатирует факт непознанного, но всякий раз проявляющегося в процессе и тем самым как бы участвующего в эволюции и проектировании. Условные непознанные сущности можно было бы интерпретировать как некий Абсолют Знаний, придав ему некую «одухотворенность» и обозначить в рамках рассматриваемой проектной деятельности как Создатель, Творец или Природа.

Субъекты проектирования являются носителями знаний, а также обладают свойством передавать, получать и обрабатывать знания. Включенный в состав субъектов проектирования Абсолют Знаний выступает как виртуальный Создатель всего и вся. Его незримое присутствие ощущается рядовыми творцами, которые считают по крупицам знания о мироздании, малую часть из которых направляют на совершенствование среды обитания и самосовершенствование. В нашем случае введение понятия Абсолюта Знаний необходимо для онтологической ясности, целостности и полноты картины самого процесса и магии (т. е. еще непознанного) создания новых артефактов, понимания сути естественного и искусственного отбора, места и роли субъектов проектирования. Абсолют Знаний как нематериальная сущность, как виртуальный «владелец» вселенских знаний плавно открывает их своему разумному созданию.

Основные компоненты среды проектирования, ее содержание укрупнено представлены на рисунке.

Опыт проектирования — это персонифицированное бытие, накопленное за конкретный отрезок времени жизнедеятельности субъектом проектирования при решении конкретных задач, в конкретных условиях, организованное, структурированное, зафиксированное и законсервированное в системах памяти в виде онтологических паттернов, специфичных для каждого единичного субъекта бытия. Опыт является подобием органического синтеза, интеграцией разрозненных эпизодов, ситуаций деятельности с удержанием существенного путем сокращения и свертывания самой деятельности [7].

Онтология проектирования — это формализованное описание знаний субъектов проектирования о процессе проектирования новых или модернизаций уже известных артефактов, знания о самом объекте проектирования и близких к нему по свойствам артефактов, а также тезаурус предметной области. Онтология проектирования, ее понятийный аппарат, ее базовые принципы инвариантны к предметной области, в то время как само проектирование как деятельность всегда проблемно, предметно и объектно-ориентировано. Развиваясь как научная дисциплина, онтология проектирования вбирает и обобщает накопленный опыт из разных предметных областей.

Формализации всегда предшествует онтологический анализ — выделение в реальном мире классов объектов, определение их фундаментальных свойств, которые определяют изменения и поведение объектов. Онтологический анализ обычно начинается с составления словаря терминов, который используется при исследовании характеристик объектов и процессов, составляющих рассматриваемую систему, а также создания системы точных определений этих терминов. Кроме того, документируются основные логические взаимосвязи между понятиями, соответствующими введенным терминам. Результатом этого анализа является онтология ПрО или же совокупность словаря терминов, точных их определений и взаимосвязей между ними [8].

В терминах онтологии понятие взаимосвязи (отношения, аксиомы) однозначно описывает или является точным дескриптором зависимости между объектами ПрО в реальном мире, а термины являются, соответственно, точными дескрипторами классов реальных объектов.

Онтология проектирования включает в себя онтологию целеполагания, анализа проектной ситуации, дивергенции, трансформации (изменение формы), конвергенции, гармонизации (устранение конфликтов, противоречий), экспертизы и защиты.

Сценарий проектирования как последовательность выполнения проектных процедур и операций, совокупность паттернов и практик проектирования,

методов и методик вместе с базами данных и знаний об артефактах дополняет формализованное описание ПрО. А разрабатываемые постулаты онтологии проектирования - основа будущих интеллектуальных систем проектирования.

Список литературы

1. Wilkinson, P. Great designs. The world's best design explored & explained. London : Dorling Kindersley, 2013.
2. Джонс, Дж. К. Методы проектирования. 2-е изд., доп. М. : Мир, 1986.
3. Половинкин, А. И. Основы инженерного творчества. М. : Машиностроение, 1988.
4. Ларичев, О. И. Наука и искусство принятия решений. М. : Наука, 1979.
5. Норенков, И. П. Основы автоматизированного проектирования : учеб. для вузов. 4-е изд., перераб. и доп. М. : 2009.
6. Боргест, Н. М. Научный базис онтологии проектирования // Онтология проектирования. 2013. № 1(7), С. 7–25.
7. Шведин, Б. Я. Онтология предприятия: экспириентологический подход. Технология построения онтологической модели предприятия. М. : ЛЕНАНД, 2010.
8. Боргест, Н. М. Ключевые термины онтологии проектирования: обзор, анализ, обобщения // Онтология проектирования. 2013. № 3(9). С. 9–31.

APPLICATION OF FACTUAL ANALYSIS OF FULL TEXT DOCUMENTS IN THE FIELD OF BUSINESS INTELLIGENCE

In this article we present a method of extracting factual data (objects, their attributes and relationships) from natural language texts using ontological knowledge base model. Subject area is represented through ontological model extended by fuzzy links between objects. Using this ontology-based approach, we have created “Cyber-analytic”, information analysis system which is capable of extracting facts from natural-language texts in Russian and English, and representing them as object relationships (person, organization, action, attribute, etc.). We use i2 Analyst’s Notebook as a visualization tool.

1. Introduction

Considerable part of scientific and technical information in the modern world is open, especially during the stage of initial idea formulation, discussion, and approbation. Governmental counterespionage services and private enterprises both avail of this information in industrial design or marketing of science intensive products. Intelligence experts mostly use electronic resources: Internet (scientific articles, conference proceedings, industry and business news, special-purpose informational resources), design documentation, offline article storages in scientific libraries, social network sites (online conferences, forums, and blogs).

Existing natural language processing technologies have limited applicability due to the fact that search engines, document management systems or text mining systems that use these technologies, have very wide scope and cannot handle text semantics. Moreover, morphological search, topic search or syntactical-semantic tree-based search don’t allow for search by meaning. In applied linguistics, semantics is understood as information linked with the word by means of thesaurus or explanatory dictionary. Research in the field of semantic analysis of full-text documents has been carried on since long ago: Agarwal S., Awan A., Fellbaum C, Chomsky’s transformational grammar, Fillmore’s predicate-argument structures, Schenk’s concept model and meaning-text theory by Mel’čuk. Chomsky’s approach could be explained as study of deep syntactical structure of a sentence, building a dependency tree, and detection of semantic anomalies. Fillmore and Schenk were the first to introduce ideas of concept and frame, that is, predicate-argument structures with roles, such as agent, object, addressee, source, and medium, assigned to components. Works of Mel’čuk, the author of language theory dealing with multi-level transformations between meaning and text, and vice versa, are also of great interest. One of characteristic features of this theory is its usage of dependency syntax and explanatory combinatorial dictionary, ancestor of modern thesauruses and ontologies. Meaning-text theory lies in the ground of modern semantics.

The task of semantic analysis of natural language documents is rather complex and is generally solved through building artificial intelligence systems, performing deep semantic analysis of the text using subject field knowledge base. Creating such a knowledge base containing the

knowledge of mankind is one of the fundamental problems of applied linguistics and knowledge engineering. Complexity of the task is not the only problem: there are issues associated with changing of study object over time and quality of models built by experts. Nowadays all the projects in knowledge base construction are either limited by subject or targeting some specific search needs [1]. In the framework of already specified problem (analysis of relationship between the person and organization) it is possible to describe specific subject field and to build a knowledge base. To integrate professional scientific and technical knowledge it is necessary to develop:

- a metatext model of natural language that can represent textual data in a formalized way;
- methods to convert metatext into a knowledge base;
- ontology as a knowledge describing the subject field;
- methods to extract facts from the knowledge base.

2. Natural language metatext model

Metatext model is based on the principles of communicative grammar of Russian and English languages. Its main principle is interconnection between syntax and semantics: syntax studies sensible speech and words’ meaning should be used during syntactical analysis of the text. Metatext model is based on the concept of fact, which is the smallest unit of meaning in the utterance [2]. Let’s define a fact (fig. 1) as an elementary syntactic and semantic language unit that corresponds to some elementary meaning in a knowledge model and has a set of morphological, syntactical, semantic, and functional features.

Facts could be connected by different types of relationships: hierarchy (HIR), transitivity (TRA), inclusion (TAR), union (UN), intersection (INSEL), subject (SUB).

Relationships in a set of facts represent their semantic connections, thus sentence semantics depends on the set of facts in that sentence.

Let’s describe the process of natural language text document analysis. To solve this applied problem we need to develop a formalized natural language text model which will be used as a basis for transforming the text into dependency tree and detecting facts (factual analysis of text data). Basic elements of linguistic descriptions are as follows:

- key objects of the fact;
- additional objects of the fact;
- fact scenario.

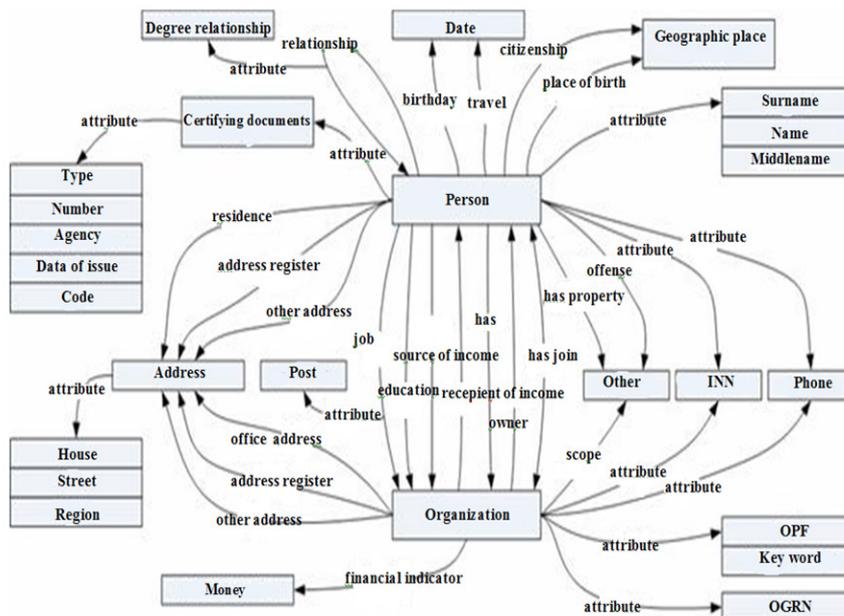


Fig. 1. Relationship between the person and organization from the point of view of employment relationships

Let's describe the process of detecting facts in a text and building a set of fact relationships. We will need the following definitions:

Lexeme — string of characters representing elementary text unit.

Object — sequence of lexemes or objects meeting certain restrictions and being analyzed as a single entity. Objects could include other objects.

Object attribute — property of an object that can be used in operations of comparison and assignment. Attributes could be linked with objects automatically during the text analysis, or defined by the user.

Object description — set of all object attributes carrying information on orthographically peculiarities of the object, its morphological, grammatical, and semantic characteristics.

Object isolation — joining the chain of lexemes corresponding to the identified object into a new object and assigning a new description to it.

Object isolation rule — “pattern-description” pair written in formalized language and used to produce object description in case given object is detected using the pattern.

Target object — finite object, isolated by the component for user specified tasks according to the isolation rule. Target objects (TO) can be subdivided into two classes: significant TO and insignificant TO. Insignificant TO include all auxiliary sentence elements not having any meaning by themselves (service parts of speech — unions, prepositions and punctuation). Significant target objects, in their turn, fall into three categories:

- named objects – this class includes following semantic types: persons, organizations, geographic objects, technology and product names, and other proper nouns;
- unnamed target objects — this class includes full words of following parts of speech: common names, adjectives, auxiliary verbs, animated and unanimated objects, object attributes, events;

– special target objects — entities encountered in some special constructions in text, consisting of alphanumeric characters: dates, adverbial modifiers of time, money amounts, identification data of people and organizations etc.

Stage 1. Pre-syntactical analysis. Words, separators, terminators and stop-words in the text are detected at this stage. Then all the possible grammatical forms are determined using the detected morphology. Word forms corresponding to one triple (normal form, part of speech, grammatical number) are joined into lexemes.

Pre-syntactical analysis:

- morphological text analysis;
- processing of word forms not present in the dictionary;
- identification of stop words;
- preliminary analysis of typical structures in text document.

The result of 1st stage of processing is a set of sentences, where each sentence contains ordered list of words with variants of homonymous lexemes.

Stage 2. Syntactical analysis. In our case, the main task of syntactical analysis is to find dependencies between lexemes and isolate objects. Syntax analyzer takes a sentence with corresponding lexemes, derived during morphological analysis. Syntactical analysis is performed by building a list of syntax subordination trees, corresponding to different variants of a sentence, and then euristically selecting one variant from this list. Result of this action is a syntax dependency tree, representing a sentence.

Syntactical analysis:

- extraction of standard sentence constructions using the morphology data, building of word-combinations;
- identification of syntactic and semantic constructions in the text;
- construction of syntactic and semantic dependency tree (fig. 2).

A0: Name = "make" and Semantic Type = "Verb";
 A1: Name = "transaction" and Semantic Type = "Event";
 A2: (Name = "Purchase" or Name = "Purchase of the action" or Name = "purchase of actions of Lukoil") and Semantic Type = "Event";
 A3: Name = "Ivanov" and Semantic Type = "Person Name";
 A4: Name = "Petrov" and Semantic Type = "Person Name";
 A5: (Name = "action" or Name = "actions of Lukoil") and Semantic Type = "Event";
 A6: Name = "In November 2003" and Semantic Type = "Time";
 A7: Name = "Lukoil" and Semantic Type = "Organization";
 R1: RelationName = "argument" and RelationCase = "V";
 R2: RelationName = "argument" and RelationCase = "and" and RelationRole = "subject";
 R3: RelationName = "circumstance";
 R4: RelationName = "argument" and RelationCase = "D" and RelationConnector = "on";
 R5: RelationName = "argument" and RelationRole = "subject";
 R6: RelationName = "argument" and RelationCase = "R" and RelationConnector = "at";
 R7: RelationName = "argument" and RelationCase = "R" and RelationRole = "object";
 R8: RelationName = "Accessory" and RelationCase = "R".

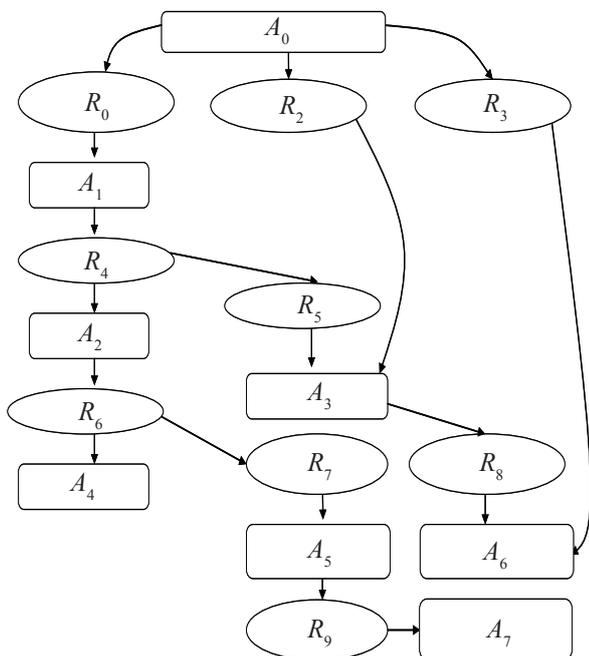


Fig. 2. Syntactic and semantic dependency tree

After the 2nd stage, the set of syntactic and semantic dependency trees is formed. The most probable parsing variant is then chosen using heuristic algorithms.

Stage 3. Semantic analysis. Main task of semantic analysis is to extract facts from text and determine semantic connections between those facts. Basic structure of a fact is an action, usually represented in a sentence by a verb or participle, but in some cases by complex clauses —

anaphoric verbal connections, noun clauses etc. Semantic analysis comprises three main substages. During the first substage objects get isolated and their properties get defined, fact objects are divided into key objects and additional objects. During the second substage the syntactical compatibility of each verb with isolated objects is determined and probable connections between objects corresponding to noun lexemes are derived. During the third substage objects get marked by roles and fact scenario is selected.

Semantic analysis:

- extraction of target objects from the text;
- building the logical scheme of the situation;
- classification of semantic networks;
- context analysis;
- chronological analysis, elimination of collisions.

The result of 3rd stage of processing is a set of target objects with semantic connections. To extract target objects, it is necessary to build the logical scheme of the situation. Resulting set is then classified into categories.

Rule of extraction of target objects (Person: Full Name):

```
macro: strict_full_name (
  (name_feminine (middlename_feminine)?
  (lastname_feminine):morph_info ) |
  (name_masculine (middlename_masculine)? (mast-
  name_
  masculine):morph_info ) |
  ((lastname_feminine):morph_info name_feminine
  (middlename_
  feminine)? ) |
  ((lastname_masculine):morph_info name_masculine
  middlename_
  masculine)? ) |
  ((name_feminine):morph_info middlename_feminine) |
  ((name_masculine):morph_info middlename_masculine)
  ):whole_strict_full_name
rule: strictfullnamerule strict_full_name
--> :whole_strict_full_name.token = { semantictype =
"fullname:fullname", type = "word" },
:whole_strict_full_name.morph = { :morph_info.
morph },
:whole_strict_full_name.rule = { rule = "strictfullna-
merule"
}
```

Factual analysis of the text can find descriptions of situations corresponding to certain templates (rule of extraction of target objects), for example invention of address bus or stock purchase. Fact search is performed within semantic network of text document. Logical scheme of the situation identifies class of possible situations and contains slots that unambiguously separates it from other situations. Semantic analysis module fills the slots with values, some slots can be left empty. Further, semantic module relates the set of sentence semantic networks of text document with corresponding template than defines a fact, using modified decision tree algorithm C4.5. according to the situation templates in the knowledge base.

	$\mu_{R(\tilde{H})^{\tilde{e}}}(x_\alpha, x_i)/(x_\alpha, x_i)$ $\tilde{e}_{q'}$	$\mu_{R(\tilde{H})^{\tilde{e}}_1}(x_\alpha, x_i)/(x_\alpha, x_i)$ $\tilde{e}_{q'+1}$...	$\mu_{R(\tilde{H})^{\tilde{e}}_p}(x_\alpha, x_i)/(x_\alpha, x_i)$ $\tilde{e}_{q'+p}$
x_α	0	0	...	0
x_β	$\bigvee_{q=1}^7 A_q : \mu_{R(\tilde{H})^{\tilde{e}}}(x_\alpha, x_\beta)$	$\bigvee_{q=1}^7 B_q^1 : \mu_{R(\tilde{H})^{\tilde{e}}_1}(x_\alpha, x_\beta)$...	$\bigvee_{q=1}^7 B_q^p : \mu_{R(\tilde{H})^{\tilde{e}}_p}(x_\alpha, x_\beta)$
x_λ	$\bigvee_{q=1}^7 A_q : \mu_{R(\tilde{H})^{\tilde{e}}}(x_\alpha, x_\lambda)$	$\bigvee_{q=1}^7 B_q^1 : \mu_{R(\tilde{H})^{\tilde{e}}_1}(x_\alpha, x_\lambda)$...	$\bigvee_{q=1}^7 B_q^p : \mu_{R(\tilde{H})^{\tilde{e}}_p}(x_\alpha, x_\lambda)$
...
x_δ	$\bigvee_{q=1}^7 A_q : \mu_{R(\tilde{H})^{\tilde{e}}}(x_\alpha, x_\delta)$	$\bigvee_{q=1}^7 B_q^1 : \mu_{R(\tilde{H})^{\tilde{e}}_1}(x_\alpha, x_\delta)$...	$\bigvee_{q=1}^7 B_q^p : \mu_{R(\tilde{H})^{\tilde{e}}_p}(x_\alpha, x_\delta)$

Fig. 3. Matrix of semantic relationships

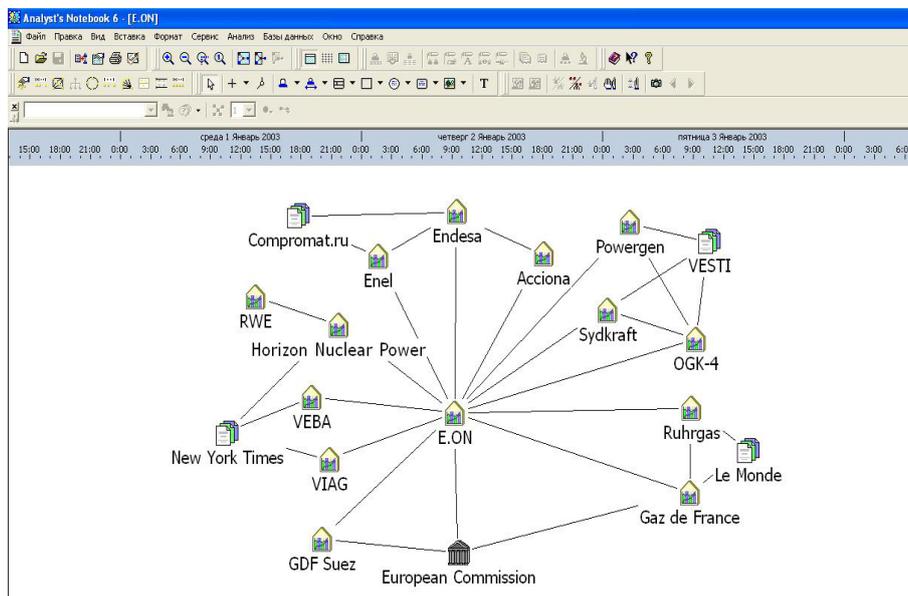


Fig. 4. Method “Transitive relationship”

To effectively extract facts from the knowledge base, method based on the transitive relationship should be applied first, the order of application of other methods is not relevant. Fact extraction methods are controlled by the corresponding factor extraction parameters, and the query to the ontology knowledge base could be represented as a tuple [4]:

$I = (x_\alpha^*, q^*, \Gamma_1^q(x_\alpha)^*, \dots, \Gamma_l^q(x_\alpha)^*, A^*, B^1, B^2, \dots, B^p, R^*, X^*)$,
 where x_α^* — parameter “semantic object for analysis”;
 q^* — parameter “length of fuzzy chain”;

$\Gamma_l^q(x_\alpha)^* = \langle c_1^*, c_2^*, \dots, c_s^*, x_1^*, x_p^* \rangle$ — tuple of parameters,
 where c_l^* — class of level l , x_p^* — semantic object in question;

$A^* = \langle A_q^*, \Omega^*, \Psi^* \rangle$ — tuple of parameters, where
 A_q^* — value of linguistic variable A , Ω^* — grade of membership,
 $\Psi^* = \{=, >, <, \geq, \leq\}$ — selection strategy for “strength of relationship” method;

$B^p = \langle B_q^p, \Omega^*, \Psi^* \rangle$ — tuple of parameters, where
 B_q^p — value of linguistic variable B^p , Ω^* — grade of membership,
 $\Psi^* = \{=, >, <, \geq, \leq\}$ — selection strategy for “strength of relationship” method;

$R^* = \{R_1^*, R_2^*, \dots, R_z^*\}$ R_j^* — standard relationship;

$X^* = \{x_1^*, x_2^*, \dots, x_y^*\}, x_j^*, j = \overline{1, y}$ — set of objects to exclude from analysis.

Method based on the transitive relationships allows to get detailed information on queried object (organization, person, product or technology) and its connections with other objects.

Problem definition:

1. Determine connections between legal and natural persons in the neighborhood of Viag with Rurgas.

2. Retrieve all existing connection paths between companies OGK-4 and E. ON in years from 1999 to 2011. Maximum path length greater or equal 2, path should consist of objects of type person or its derivatives. Return following fact types: stock purchase, energy production, investment, energy sell.

Example:

Get information about OGK-4 and E. ON and his relations with Russian energy companies in years from 2010 to 2012.

Resulting scheme (fig. 4) is used to solve this analytic problem. After studying the structure of relationships between semantic objects analytic turns to natural-language texts containing the relevant information.

5. Conclusion

In the context of research jobs on the given subjects taking place in laboratory of applied programming, following results have been received:

- the ontology with fuzzy connects is developed to process the analytical researches on the scientific and technical information;
- the systems i2 Analysts' s Notebook and VisuaLinks is applied to the facts search results visualization;
- the ontology knowledge model and method of factual analysis are implemented in "Cyber-analytic" information analysis system.

From 2008 the system Cyber-analytic has indexed more than 2 400 Russian and English original documents, such as Vesti, New York Times, BBC, Interfax and some others. Studying full text documents the analyst is looking for definite laws, events, persons (organizations), relationships among them.

References

1. Fellbaum, C. WordNet: an electronic lexical database. Cambridge : MIT Press, 1998.
2. Agarwal, S. Learning to detect objects in images via a sparse, part-based representation / S. Agarwal, A. Awan, D. Roth // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. 2004. № 26 (11). P. 1475–1490.
3. Vokhmintsev, A. The knowledge on the basis of fact analysis in business intelligence / A. Vokhmintsev, A. Melnikov // Digital Product and Process Development Systems. Dresden : Springer book, 2013. P. 354–363.
4. Felzenszwalb, P. Object detection with discriminatively trained part-based models / P. Felzenszwalb, R. Girshick, D. McAllester // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. (PAMI). 2009. № 32 (9). P. 1627–1645.

ОНТОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД К РАЗРАБОТКЕ ГИБРИДНЫХ ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ В ГИДРОМЕТАЛЛУРГИИ

Предложена онтология, позволяющая сочетать детерминированный и нечеткологический подходы к разработке систем поддержки принятия решений в гидрометаллургии.

Постановка проблемы. Конкурентоспособность горно-обогатительного производства зависит от эффективного использования материальных ресурсов. В настоящее время в качестве одного из важнейших видов ресурсов рассматривается некондиционное сырье — бедные руды и отходы горно-обогатительного производства. Вовлечение некондиционного сырья в промышленное производство может быть осуществлено путем извлечения ценных компонентов или же путем промышленного использования без извлечения ценных компонентов — утилизации [1]. При сопоставлении различных вариантов проведения технологического процесса чаще всего возможно получить лишь качественные оценки. Данным обстоятельством обусловлена необходимость обращения к нечеткологическим моделям [1; 2].

Таким образом, эффективно работающая система автоматизированной технологической подготовки производства (АСТПП) технологического цикла по вовлечению в производство некондиционного сырья должна иметь в своем составе систему поддержки принятия решений (СППР). Методологической базой для современных СППР является онтологический анализ [3].

Анализ литературы. Методологические проблемы инженерии знаний подробно рассмотрены в [4–6]. Применения онтологического подхода в разработке СППР рассмотрены в [7–9]. В работе [10] рассмотрены проблемы разработки нечетких онтологий.

Целью работы является определение основных характеристик онтологии поддержки принятия решений при проектировании технологических процессов в гидрометаллургии.

Создаваемая поддержка принятия решений должна вырабатывать следующие рекомендации:

– целесообразно ли извлекать полезные компоненты из некондиционного сырья с (определение перечня таких компонентов и выбором компонентов, подлежащих извлечению);

– если определены подлежащие извлечению компоненты, какой из основных процессов следует применить — дофлотацию или выщелачивание;

– для выбранного технологического процесса должна быть определен его конкретный вариант (используемое оборудование и характеристики его работы, интенсификаторы, температурные режимы и т. д.);

– при нецелесообразности извлечения ценных компонентов должны быть определены режимы подготовки некондиционного сырья к утилизации.

Следуя [8], создаем онтологию $Onto\langle C, Pr, V, I, R, A, D \rangle$.
Здесь:

C — множество классов;

Pr — свойства классов;

V — значения свойств;

I — множество экземпляров класса;

R — множество отношений вида «быть экземпляром» и т. п.;

A — множество аксиом;

D — множество алгоритмов вывода.

Рассмотрим компоненты онтологии подробно.

В данном случае рассматриваются классы:

– C1: НЕКОНДИЦИОННОЕ_СЫРЬЕ;

– C2: ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ_ПРОЦЕСС_ДОФЛОТАЦИИ;

– C3: ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ_ПРОЦЕСС_ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ;

– C4: ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ_ПРОЦЕСС_ПОДГОТОВКИ_К_УТИЛИЗАЦИИ;

– C5: ОБОРУДОВАНИЕ_ДЛЯ_ДОФЛОТАЦИИ;

– C6: ОБОРУДОВАНИЕ_ДЛЯ_ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ;

– C7: ОБОРУДОВАНИЕ_ДЛЯ_УТИЛИЗАЦИИ.

Множество отношений в настоящее время содержит следующие элементы:

– is an instance of...;

– is a part of...;

– is consequent...;

– is connected to...;

– is a cause of...;

– has similarity with...

Множество свойств для класса C1:

– V — содержание полезных компонентов (список);

– $TSPLICE$ — тип преобладающего содержания минерала (в мономинеральных или в полиминеральных сростках);

– $LClass$ — крупность класса рудных минералов;

– DOM — является ли рудный минерал в полиминеральном сростке преобладающим;

– $Porosity$ — наличие трещиноватости и пористости в полиминеральных сростках;

– $Silicates$ — наличие слоистых силикатов.

Множество свойств для классов C2, C3 и C4 состоит из динамических структур, содержащих сведения о технологических цепочках, каждый элемент такой структуры соответствует одной технологической операции и также является динамической структурой.

Множество свойств для классов C5, C6 и C7 состоит из динамических структур, содержащих сведения об оборудовании, каждый элемент такой структуры соответствует одной единице оборудования и также является динамической структурой.

Множество значений свойств для класса C1:

- V — для каждого из элементов списка определяется оценка содержания полезного компонента;
- TSPLICE — MonoSplice для мономинеральных, PolySplice для полиминеральных сростков;
- LClass — имеет дискретные числовые значения;
- Dom — DomY — для преобладающих, DomN — в противном случае;
- Porosity — PorosityY — имеется, PorosityN — отсутствует;
- Silicates — SilicatesY — имеются, SilicatesN — отсутствует.

Множество значений для классов C2, C3, C4 строится по схеме:

- идентификатор технологической цепочки;
- идентификатор технологической операции;
- список параметров операции.

Множество значений для классов C5, C6, C7 строится по схеме:

- идентификатор единицы оборудования;
- список параметров единицы оборудования (затем следующая единица оборудования).

Множество экземпляров каждого из классов определяется спецификой решаемой задачи.

Множество аксиом фиксирует основные факты о предметной области, не подлежащие пересмотру.

Рассмотрим алгоритмы вывода и правила принятия решений. В рассматриваемой системе они могут быть разделены на два класса — предназначенные для детерминированных ситуаций и предназначенные для ситуаций, содержащих неустранимую неопределенность.

Например, в случае, когда содержание ни для одного из полезных компонентов содержание не достигает некоторой минимальной величины, единственным возможным вариантом является направить сырье на утилизацию.

Аналогично, имеются вполне достоверные сведения о протекании химических реакций, их параметрах и т. д.

В то же время значительная часть выводов не может быть сделана на основании детерминированных правил вывода. Правила, предполагающие многокритериальное сравнение в условиях неустранимой неопределенности действуют на нескольких уровнях:

- выбор между извлечением ценных компонентов и утилизацией;
- выбор совокупности извлекаемых ценных элементов;
- выбор вида технологического процесса — дофлотация или выщелачивание;
- выбор конкретных параметров технологического процесса на каждой его стадии (выбор параметров работы оборудования, реагентов и т.п.);
- при выборе утилизации также возникают подобные задачи.

Поскольку выбор совершается по нескольким противоречивым критериям, выбранный вариант неизбежно является компромиссным. В данной ситуации,

на наш взгляд, наиболее удачной является модель многокритериального выбора [11].

Выводы. Предложен онтологический подход к разработке СППР, позволяющий учесть ситуацию неустранимой неопределенности. Компьютерный эксперимент с использованием реальных данных дал положительные результаты.

Список литературы

1. Горбатова, Е. А. Гибридная экспертная система в гидрометаллургии / Е. А. Горбатова, М. В. Зарецкий, И. З. Шияхметова // Информационные технологии и системы [Электронный ресурс] : тр. Второй междунар. науч. конф : науч. электр. изд. Челябинск : Изд-во Челяб. гос. ун-та, 2013. С. 157–159.
2. Горбатова, Е. А. Нечеткологическое определение способа вовлечения в производство некондиционного сырья в гидрометаллургии / Е. А. Горбатова, М. В. Зарецкий, И. З. Шияхметова // Вісник Нац. техн. ун-ту «ХПІ». Сер. Інформатика та моделювання. 2013. № 19 (992). С. 10–15.
3. Черняховская, Л. Р. Поддержка принятия решений при управлении сложными производственными системами на основе онтологической базы знаний / Л. Р. Черняховская, Е. Б. Старцева, П. В. Муксимов, и др. // Вестн. Уфим. гос. авиац. ун-т. Сер. Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами. 2007. №7 (25). С. 41–46.
4. Гаврилова, Т. А. Базы знаний интеллектуальных систем / Т. А. Гаврилова, В. Ф. Хорошевский. СПб : Питер, 2001.
5. Субботін, С. О. Подання й обробка знань у системах штучного інтелекту та підтримки прийняття рішень. Запоріжжя : ЗНТУ, 2008.
6. Литвин, В. В. Технології менеджменту знань. Львів : Вид-во Львівської політехніки, 2010.
7. Черняховская, Л. Р. Онтология поддержки принятия решений при управлении взаимодействующими процессами в условиях неопределенности // Информационные технологии и системы [Электронный ресурс] : тр. Второй междунар. науч. конф : науч. электр. изд. Челябинск : Изд-во Челяб. гос. ун-та, 2013. С. 115–117
8. Черняховская, Л. Р. Онтологический подход к разработке правил принятия решений в проектном менеджменте / Л. Р. Черняховская, А. И. Малахова // Информационные технологии и системы [Электронный ресурс] : тр. Второй междунар. науч. конф : науч. электр. изд. Челябинск : Изд-во Челяб. гос. ун-та, 2013. С. 111–114.
9. Кулаковский, В. Н. Онтологический подход к построению базы знаний «Сверхтвердые материалы» / В. Н. Кулаковский, А. А. Лебедева, К.З. Гордашник, и др. // Искусствен. интеллект. 2008. № 4. С. 91–102.
10. Кучеренко, Е. И. Некоторые аспекты развития нечетких онтологий / Е. И. Кучеренко, Д. А. Павлов // Искусствен. интеллект. 2005. № 3. С. 162–169.
11. Штовба, Д. С. Проектирование нечетких систем средствами MATLAB. М. : Горячая линия – Телеком, 2007.

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ ИЗВЛЕЧЕНИЯ АНАЛИТИЧЕСКИХ ЗНАНИЙ ИЗ ФОРМАЛЬНОЙ МОДЕЛИ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ НЕЙРОСЕТЕВЫМИ МЕТОДАМИ

Работа выполнена при поддержке гранта ФЦП № АД-АД-17-12-ГС

Рассмотрены проблемы извлечения знаний, основанных на построении математических и информационных моделей предметной области для различных аспектов с учетом существующих нечеткостей описания объекта. Показано, что для описания кибернетических свойств объекта целесообразно использовать нейросетевые методы.

Введение

Традиционно при построении информационных моделей различных предметных областей применяют следующий порядок построения структурированной части модели: строится формальная математическая атрибутивная модель; на основании данной модели определяется структура баз данных; производится интеграция баз данных в хранилище информации. Семантическая часть модели представляется в виде концептуальной модели [1].

Для решения задач построения интеллектуальных алгоритмов управления возникает необходимость представления указанного выше описания в кибернетическом аспекте. Однако, приведенные выше модели, содержат кибернетические свойства в неявной форме. Для определения структуры системы, как объекта управления, необходимо произвести кластеризацию атрибутов на четыре класса: входные, выходные, управляющие атрибуты и атрибуты механизма исполнения в соответствии с методологией системного моделирования. Следующей задачей является формирование обучающей статистики, которая в нечеткой форме представлена в хранилищах множественных типов данных. Типичный формальный нейрон производит простейшую операцию — взвешивает значения своих входов со своими же локально хранимыми весами и производит над их суммой нелинейное преобразование. Данные статистики требуется представлять в количественной форме определяющих последовательности знаков и цифр, взятых из некоторого конечного алфавита и их возможных численных значений, в виде зависимостей осуществляющих преобразования входных данных V в выходные Y посредством разделения V на части v_1, v_2, \dots, v_N , выполнения над которыми некоторой последовательности операций (функций или процессов) $F = \{f_1, f_2, \dots, f_N\}$ для получения результатов y_1, y_2, \dots, y_N и формирования на их основе выходных данных. Определение и построение данной подстановки аналитическими средствами встречает сложности: как правило эти зависимости разнородные, недетерминированные, не являются стационарными, не обладают свойствами эргодичности и т. д. Поэтому прямое применение аналитических методов требует

глубокой предпроцессорной обработки. Применение нейросетевых методов сопряжено, прежде всего, со сложностью организации хранилищ данных, извлечением из них указанных статистик в явной форме, отсутствует строгая теория по выбору типа и архитектуры нейронной сети, что приводит к необходимости применять алгоритмы самоорганизации, которые также работают достаточно медленно, а в ряде случаев неприемлемо длительное время обучения [2]. Рассматривается возможность построения указанных выше нечетких статистик, для обучения нейросетей, по заданной выше структуре.

Анализ необходимых условий для формирования нечетких статистик для обучения нейросетей

Интеллектуальная поддержка управления различными сложными системами, как правило, основана на развитии традиционных средств анализа, оперирующих данными, которые представлены в виде таблиц реляционной базы данных. Для анализа информации в этих случаях, наиболее удобным способом ее представления является многомерная модель или гиперкуб, каждым ребром которого является соответствующая ему последовательность значений одного из анализируемых параметров (используемая в качестве измерения). На пересечениях осей измерений располагаются данные, количественно характеризующие анализируемые факты — меры. В модели присутствует неопределенность, которую необходимо учитывать, а сами границы между пространствами данных могут быть плавающими. Такой подход к организации данных сложных систем открывает возможность нейроуправления. Для нечетких нейронных сетей можно предложить различные алгоритмы обучения от аналога метода обратного распространения ошибки, до генетических алгоритмов [2; 3]. Сущность обучения состоит в подстройке весов нейронов по примерам обучающей выборки. Эффективность использования нейронных сетей устанавливается рядом так называемых теорем о полноте, смысл которых сводится к тому, что любая непрерывная функция на замкнутом ограниченном множестве может быть равномерно приближена

функциями, вычисленными нейронными сетями, при выполнении некоторых достаточно легко реализуемых условий. Теоретической базой для этого служат функциональная, структурная, объектная и концептуальная методологии анализа предметной области, реализуемые соответствующими технологиями программирования. Применение нейронных сетей в системах управления обусловлено тем, что они могут реализовывать произвольные функции любой сложности, в т. ч. и не гладкие. При реализации нейронных сетей в виде специализированных интегральных схем также возможна параллельная обработка информации.

Несмотря на развитость и завершенность перечисленных методологий, не устраненным остается семантический разрыв между содержательными представлениями о предметной области и теми средствами, которые служат для выражения этих представлений в виде формальных спецификаций [1]. Перспективными для моделирования могут оказаться новые типы нейронных сетей, в основу модели которых положена идея использования нечетких статистик для определения параметров функций принадлежности, которые лучше всего соответствуют некоторой системе нечеткого вывода.

Формализация процесса моделирования предметной области для построения нейросетевой структуры

Одна из основных сложностей при разработке модели предметной области состоит в том, что число возможных аспектов формализации предметной области бесконечно. Для сокращения семантического разрыва между различными аспектами необходимо повышение уровня абстракции модели, что напрямую связано с проблемой описания семантики предметной области в целом [1]. Речь идет об описании свойств отношений между математическими объектами, не зависящими от внутренней структуры объектов, т. е. использование теории категорий. Для систем с неполной информацией и высокой сложностью объекта управления оптимальными являются нечеткие методы управления (нечеткие системы управления и нечеткие нейронные сети) [2].

Нечеткая нейронная сеть — это многослойная нейронная сеть, в которой слои выполняют функции элементов системы нечеткого вывода. Очевидно, что совокупность измерений (независимых векторов) может быть использована в качестве базиса многомерного пространства обучения. Структура многомерного пространства определяет структуру хранилища данных как набор моментальных снимков состояния этих данных, позволяющих восстановить картину на любой момент времени. Атрибут времени всегда явно присутствует в структурах данных хранилища. Результатом выполнения нечеткого среза, помимо самого подмножества ячеек гиперкуба, удовлетворяющих заданным условиям, является

индекс соответствия срезу, который в свою очередь представляет итоговую степень принадлежности к нечетким множествам измерений и фактов, участвующих в сечении куба, и рассчитывается для каждой записи набора данных (рис. 1). Для формализации предметной области, первичными являются категории объектов и отношения между ними. Характеристику объекта можно представить в виде множества пар $\{\langle A_i, D_i \rangle, i = 1, \dots, n\}$, где A_i — непустое множество имен свойств (атрибутов), D_i — множество значений соответствующих атрибутов. Значения разбиваются на классы объектов, которые взаимодействуют друг с другом на основе правил. На множестве атрибутов могут быть установлены отношения $G = \{\bar{G}, \tilde{G}\}$, которые делятся на количественные \bar{G} и качественные \tilde{G} , для которых определено множество типов оценки, например $T = \{\langle \text{проекты продвигаются в направлении достижения поставленных целей} \rangle, \langle \text{проекты ведутся согласно директивам} \rangle, \langle \text{проекты реализуются в соответствии с планами} \rangle, \langle \text{проекты остаются жизнеспособными} \rangle\}$. Тогда любое правило оценки может быть представлено кортежем $\pi = \langle G, T \rangle$, а формальное определение объекта в виде следующего кортежа компонентов:

$$Z = \{\langle A_i, D_i \rangle, \{\bar{G}, \tilde{G}\}, \{\langle \bar{G}, \tilde{G} \rangle, T\}\}, i \in N. \quad (1)$$

Для оценки характеристик, которые носят качественный характер, могут быть использованы порядковые шкалы, бальные элементы которых соответствуют градациям вербальных шкал. Используя методы работы с нечеткой информацией, приведенные в [1] и L - R функцию принадлежности, в качестве характеристики объекта x_i может быть взято нечеткое множество второго уровня [1]

$$\tilde{x}_i = \left\{ \left\langle \mu_{x_i}(a_j) \mid a_j \right\rangle \right\}, \mu_{x_i}(a_j) = \bigcup_{k=1}^{m_j} \left\{ \left\langle \mu_{\mu_{x_i}}(T_k^j) \mid T_k^j \right\rangle \right\}, \\ T_k^j \in T_j, a_j \in A_i. \quad (2)$$

В условиях неопределенности анализ решений производится на основе вербальной экспертной информации, элементы которой могут противоречить друг другу. Среди алгоритмов нечеткого вывода, наиболее известными и популярными являются алгоритмы Мамдани и Сугэно, причем нечеткая нейронная сеть с алгоритмом Сугэно имеет меньшую ошибку обучения и ошибку прогнозирования [2; 3]. Рассмотрим применение полученного метода на модели Сугэно, для которого взаимосвязь между входами $V = (v_1, \dots, v_n)$ и выходом Y задается нечеткой базой знаний вида

$$\text{if } (v_1 = c_{1,j_1}) \text{ and } \dots \text{ and } (v_n = c_{n,j_n}) \\ \text{or } \dots \text{ or } (v_1 = c_{1,j_k}) \text{ and } \dots \text{ and } (v_n = c_{n,j_k}) \\ \text{then } y = b_{j,0} + b_{j,1}v_1 + \dots + b_{j,n}v_n, \quad j = 1, \dots, m, \quad (3)$$

где $b_{j,i}$ — некоторые числа. Методика формирования нечетких правил вывода [1] и определения нечетких статистик, представленных выше в виде формул (1)–(3) позволяет определить модель предметной области в форме нейросети 0-го порядка.

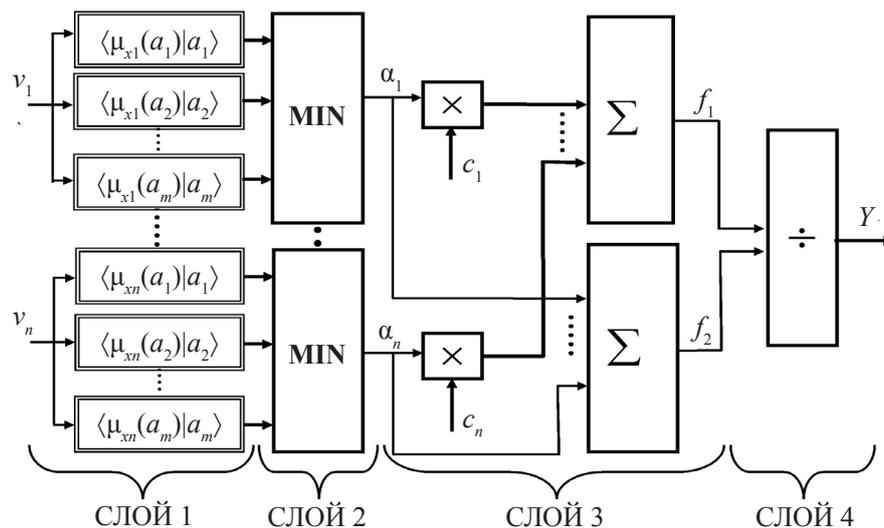


Рис. 1. Нечеткая нейронная сеть на базе алгоритма Сугэно

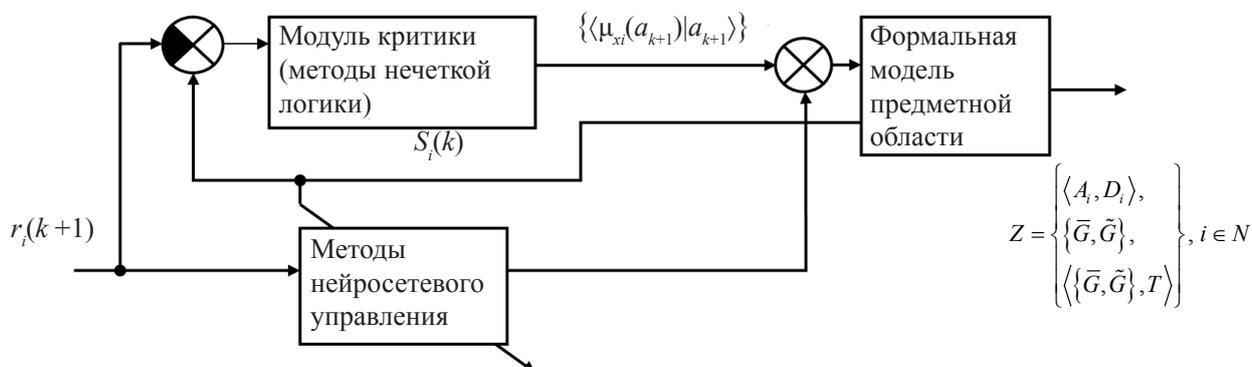


Рис. 2 Схема управления

Нечеткая нейронная сеть на базе алгоритма Сугэно

Структура нейронной сети Сугэно [2] может быть представлена схемой приведенной на рис. 1.

Слой 1 осуществляет фаззификацию, где $\mu_{x_i}(a_j)$ — функции принадлежности предпосылок правил. Настраиваемые параметры данного слоя — параметры используемых функций принадлежности.

Слой 2 осуществляет вычисление результирующих функций принадлежности предпосылок нечетких правил.

Слой 3, состоящий из двух нейронов, осуществляет суммирование и взвешенное суммирование выходных сигналов слоя 2. Параметрами данного слоя являются весовые коэффициенты c_i . Для определения координат центров могут использоваться алгоритмы обучения без учителя, помещающие центры радиальных функций в центры кластеров обучающих данных.

Слой 4 реализует операцию деления $Y = f_1/f_2$ и не содержит настраиваемых параметров.

В таком случае можно рассматривать предметную область как динамический объект с общей схемой

управления. Нейронную сеть можно представить, как некоторую многомерную функцию, аргумент которой принадлежит признаковому пространству входов, а значение выходному признаковому пространству. Для оценки вектора состояния данного объекта может быть использована модель нелинейной авторегрессии с дополнительными входными сигналами без ретроспективных управляющих входов [4]. Принимая значения характеристик объекта за значения выхода, а также опираясь на формулу (2), выражение для нелинейной авторегрессии примет следующий вид:

$$S_i(k) = \left(\left\{ \left\{ \mu_{x_j}(a_k) | a_k \right\} \right\}, \left\{ \left\{ \mu_{x_j}(a_{k-1}) | a_{k-1} \right\} \right\}, \dots, \left\{ \left\{ \mu_{x_j}(a_{k-N}) | a_{k-N} \right\} \right\} \right), \quad (4)$$

где $S(k)$ — значение N -мерного вектора состояния объекта в k -й момент времени, $y(k)$ — значение V -мерного выхода объекта в k -й момент времени. Конкретная схема управления может быть представлена в виде модифицированной нейронной системы адаптивной критики, где в качестве модуля критики используются методы нечеткой логики (рис. 2).

Заключение

Таким образом может быть предложен формальный алгоритм построения нечеткой нейросетевой модели, включающей следующие этапы:

- формирование структуры нейросети на основе формальной семантической модели предметной области;
- формирование нечетких статистик из хранилища данных для обучения нейросети в форме нечетких OLAP-кубов;
- определение внутренней структуры нейросети и схемы обучения;
- проверка адекватности построенной модели предметной области

Данный подход применим для систем класса WEB-порталов, e-Learning-систем, и др.

Список литературы

1. Антонов, В. В. Теоретические и прикладные аспекты построения моделей информационных систем / В. В. Антонов, Г. Г. Куликов, Д. В. Антонов. Germany : LAP Lambert Academic Publishing, 2011.
2. Васильев, В. И. Интеллектуальные системы управления. Теория и практика : учеб. пособие / В. И. Васильев, Б. Г. Ильясов. М. : Радиотехника, 2009.
3. Клименко, А. В. Основные классы нечетких моделей и применяемые в них виды знаний / А. В. Клименко, А. В. Бобряков, М. М. Зернов // Нейрокомпьютеры. 2011. № 8. С. 10–17.
4. Чернодуб, А. Н. Обзор методов нейроуправления / А. Н. Чернодуб, Д. А. Дзюба // Проблемы программирования. 2011. № 2. С. 79–94.

ЧАСТОТНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДА ГРАДИЕНТНОГО СПУСКА В ЗАДАЧАХ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ И ЛИНЕЙНАЯ ВАРИАЦИЯ

Работа поддержана грантом РФФИ № 13-01-00735

Рассматривается задача восстановления сигнала, искаженного линейным оператором. Функции от двух переменных описываются вариациями двух типов — полной вариацией и линейной вариацией. Полная вариация является метрической характеристикой функции, линейная вариация — топологической характеристикой функции. Рассматривается модель применения метода градиентного спуска и возможность совместного применения градиентного метода с линейной вариацией. Также приводятся результаты вычислительных экспериментов по восстановлению функции, искаженной оператором.

1. Введение

В значительном числе работ, посвященных восстановлению изображений, рассматривается восстановление функции, искаженной действием линейного оператора с помощью различных вариантов метода градиентного спуска [1–4]. В настоящей работе проводится анализ метода градиентного спуска с точки зрения улучшения результатов восстановления за счет применения линейной вариации. Обозначим через u исходное изображение. Пусть A искажающий линейный компактный оператор. Искаженное изображение обозначим через u_0 , $u_0 = Au$. Рассмотрим задачу восстановления функции по известной функции u_0 и известному оператору A . Обозначим через $j(u)$ следующий функционал:

$$J(u) = \|Au - u_0\|_{L_2}^2. \quad (1)$$

Для того чтобы восстановить функцию u рассмотрим следующую вариационную задачу:

$$u = \arg \min \|Au - u_0\|_{L_2}^2, \quad u \in BV(\Omega), \quad (2)$$

где Ω — область определения функции u в \mathbb{R}^2 . В качестве метода решения задачи рассмотрим метод градиентного спуска [1]. Итерации градиентного метода задаются формулой

$$u_{k+1} = u_k - \alpha_k \cdot J'(u_k). \quad (3)$$

Через $J'(u_k)$ обозначается градиент функционала $J(u)$. В функциональном пространстве L_2 градиент задается формулой

$$J'(u_k) = 2A^*(Au - u_0), \quad (4)$$

где A^* — сопряженный оператор. Числовой коэффициент α_k является параметром шага градиентного метода. Этот параметр выбирается так, чтобы выполнялось условие

$$J(u_{k+1}) < J(u_k). \quad (5)$$

Норма — это метрическая характеристика функции от двух переменных. Непрерывные функции от двух переменных также имеют топологическую характеристику — линейную вариацию [6]. В работах Кронрода

формулируется понятие регулярной компоненты множества уровня непрерывной функции от двух переменных. Для каждого уровня вычисляется количество регулярных компонент на этом уровне. Первая линейная вариация Кронрода является интегралом по всем уровням от функции, описывающей количество регулярных компонент на каждом уровне. Полная информация о линейных вариациях функции содержится в одномерном дереве функции от двух переменных. Некоторые подходы к применению линейной вариации для решения задачи восстановления изображений рассматриваются в работах [7; 8].

2. Линейная вариация в непрерывном и дискретном случаях

В работе [6] определяется понятие регулярной компоненты множества уровня непрерывной функции $u(x, y)$. Через $\Phi_u(t)$ обозначается число регулярных компонент множества уровня t . Первая линейная вариация Кронрода $V(u)$ задается формулой

$$V(u) = \int_{-\infty}^{+\infty} \Phi_u(t) dt. \quad (6)$$

Опишем переход к случаю дискретной функции.

Пусть дискретная функция u размера $w \times h$ задается матрицей $u = (u_{ij})$, где $u_{ij} \in \mathbb{Z}$, $(i, j) \in \{1, \dots, w\} \times \{1, \dots, h\}$.

Определение. Пусть w — бинарная дискретная функция $w = (w_{ij})$, где $w_{ij} \in \{1, 0\}$, для всех пар (i, j) .

Компонентой связности функции w называется подмножество таких пар (i, j) , что $w_{ij} = 1$ и все элементы подмножества связаны отношением 8-связности.

Для числа $k \in \mathbb{N}$ и дискретной функции u определим следующую индикаторную функцию χ :

$$\chi_k(u_{ij}) = \begin{cases} 1, & u_{ij} \geq k; \\ 0, & u_{ij} < k. \end{cases} \quad (7)$$

Определение. Числом $V_k(u_{ij})$ компонент связности множества уровня k , $k \in \mathbb{N}$ дискретной функции u , называется число компонент связности бинарной дискретной функции $\chi_k(u_{ij})$.

Определение. Линейной вариацией $V(u_{ij})$ дискретной функции u называется следующая сумма:

$$V(u_{ij}) = \sum_0^{+\infty} V_k(u_{ij}). \quad (8)$$

Определим дискретный градиент функции u следующим образом:

$$\nabla u_{ij} = (u_{i+1j} - u_{ij}, u_{ij+1} - u_{ij}). \quad (9)$$

Замечание. В дальнейшем всегда будем считать, что если пара (i, j) выходит за пределы области определения функции u , то $u_{ij} = 0$.

3. Анализ метода градиентного спуска в частотной области

Пусть $v \in L_2(\Omega)$ — исходная функция и $u_0 = Av$ — функция, искаженная действием линейного оператора A . В качестве оператора A рассмотрим оператор центрированного горизонтального смаза:

$$Av(t) = \frac{1}{2\Delta} \int_{t-\Delta}^{t+\Delta} v(\tau) d\tau, \quad (10)$$

где t — произвольная точка из Ω , Δ — величина смаза.

Замечание. Оператор A является самосопряженным оператором, т. е. $A^* = A$.

Функция $rect(t)$ определяется следующим образом:

$$rect(t) = \begin{cases} 1, & -\frac{1}{2} \leq t \leq \frac{1}{2}; \\ 0, & t \notin \left[-\frac{1}{2}; \frac{1}{2}\right]. \end{cases} \quad (11)$$

Пусть функция $v(t)$ задается формулой

$$v(t) = \begin{cases} h_v, & -\frac{T_v}{2} \leq t \leq \frac{T_v}{2}; \\ 0, & t \notin \left[-\frac{1}{2}; \frac{1}{2}\right]. \end{cases} \quad (12)$$

Функции $v(t)$ и $rect(t)$ связаны соотношением

$$v(t) = h_v \cdot rect(t / T_v). \quad (13)$$

Рассмотрим также функцию $a(t)$:

$$a(t) = \begin{cases} \frac{1}{2\Delta}, & -\Delta \leq t \leq \Delta; \\ 0, & t \notin \left[-\frac{1}{2}; \frac{1}{2}\right]. \end{cases} \quad (14)$$

Функции $a(t)$ и $rect(t)$ связаны соотношением

$$a(t) = \frac{1}{2\Delta} \cdot rect\left(\frac{t}{2\Delta}\right). \quad (15)$$

Применение оператора A к функции v равносильно свертке $v(t)$ и $a(t)$:

$$u_0(t) = v(t) \cdot a(t) = \int_{-\infty}^{+\infty} v(\tau) \cdot a(t - \tau) d\tau = \frac{1}{2\Delta} \int_{t-\Delta}^{t+\Delta} v(\tau) \cdot 1 d\tau. \quad (16)$$

Следовательно,

$$u_0(t) = v(t) \cdot a(t) = h_v \frac{1}{2\Delta} \left(rect\left(\frac{t}{T_v}\right) \cdot rect\left(\frac{t}{2\Delta}\right) \right). \quad (17)$$

Рассмотрим преобразование Фурье $U_0(f) = \mathfrak{Z}(u_0(t))$ функции $u_0(t)$. По соответствующим свойствам преобразования Фурье:

$$\mathfrak{Z}(rect(t)) = sinc(f), \quad (18)$$

$$\mathfrak{Z}(u(t / T)) = TU(Tf), \quad (19)$$

и по теореме о свертке, мы получим

$$\begin{aligned} U_0(f) &= \mathfrak{Z}(u_0(t)) = \\ &= h_v \frac{1}{2\Delta} T_v 2\Delta (sinc(T_v f) \cdot sinc(2\Delta f)) = \\ &= h_v \frac{1}{2\Delta} T_v 2\Delta \left(\frac{\sin(T_v f)}{T_v f} \frac{\sin(2\Delta f)}{2\Delta f} \right) = \\ &= h_v \frac{1}{2\Delta} \left(\frac{\sin(T_v f) \sin(2\Delta f)}{f^2} \right). \end{aligned} \quad (20)$$

Из полученной формулы видно, что смаз действует как фильтр низких частот.

Для оператора A , определенного равенством (10), функционал $J(u_k)$ в равенстве (4) принимает следующую форму:

$$J(u_k) = 2A^*(Au_k - u_0) = 2A^2u_k - 2Au_0. \quad (21)$$

Из равенства (3) получаем

$$u_{k+1} = u_k - \alpha_{k+1} \cdot J'(u_k) = u_k - 2\alpha_{k+1} 2A^2u_k + 2\alpha_{k+1} Au_0. \quad (22)$$

Предположим, что параметры шага градиентного метода совпадают при любом значении k , т. е.

$$\alpha_n = \alpha, \quad n = 1, \dots, k+1. \quad (23)$$

Предложение 1. Функция u_{k+1} , полученная на $k+1$ итерации градиентного, метода может быть выражена через функцию u_0 с помощью формулы

$$\begin{aligned} u_{k+1} &= ((1 - 2\alpha A^2)^{k+1} + ((1 - 2\alpha A^2)^k + \dots + \\ &+ (1 - 2\alpha A^2)^1 + 1) 2\alpha A^2(u_0). \end{aligned} \quad (24)$$

Следствие.

$$\begin{aligned} u_{k+1} &= ((1 - 2\alpha A^2)^{k+1} A + ((1 - 2\alpha A^2)^k + \dots + \\ &+ (1 - 2\alpha A^2)^1 + 1) 2\alpha A^2(v). \end{aligned} \quad (25)$$

Предложение 2.

$$\mathfrak{Z}(u_{k+1}) = (1 - (1 - sinc(2\Delta f))(1 - 2\alpha sinc^2(2\Delta f))^{k+1}) \cdot \mathfrak{Z}(v). \quad (26)$$

Следствие. В точках $f = \frac{\pi n}{2\Delta}$ функция $\mathfrak{Z}(u_k) = 0$ для любого шага k градиентного метода. Таким образом, в этих точках Фурье-образ восстановленной функции имеет нулевые значения независимо от значений Фурье-образа исходной функции в этих точках.

5. Результаты компьютерных экспериментов

На рис. 1 показана исходная дискретная функция v , имеющая размер 200×40 пикселей.

На рис. 2 показана искаженная дискретная функция $u_0 = Av$, где A — оператор центрированного горизонтально смаза с параметром $\Delta = 12$.

На рис. 3 показана восстановленная с помощью формулы (26) дискретная функция u_k^1 , где A — оператор центрированного горизонтально смаза с параметром $\Delta = 12$, $k = 3400$.

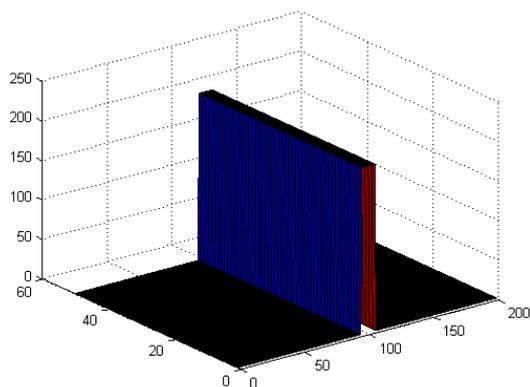


Рис. 1. Дискретная функция v

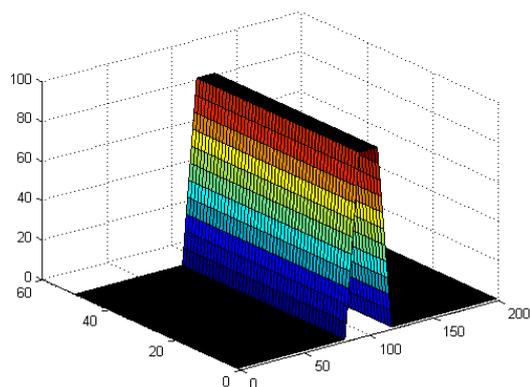


Рис. 2. Искаженная дискретная функция u_0

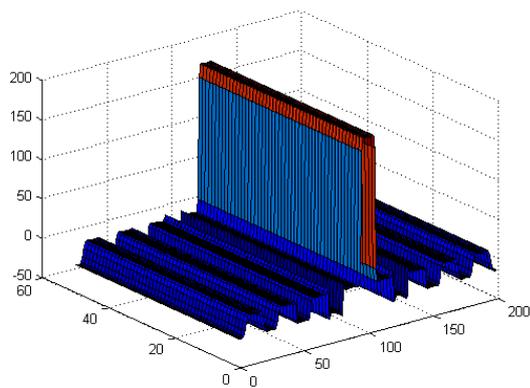


Рис. 3. Восстановленная дискретная функция u_k^1

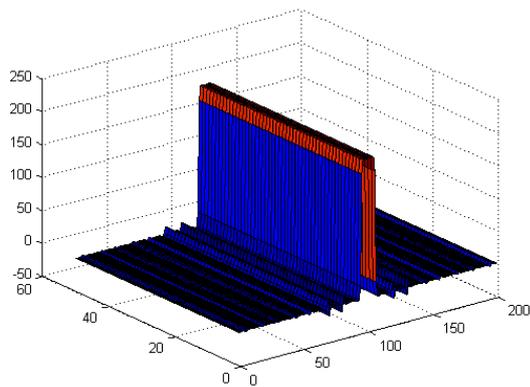


Рис. 4. Восстановленная дискретная функция u_k^2

На рис. 4 показана восстановленная с помощью формулы (26) дискретная функция u_k^2 , где функция u_k^2 получена следующим образом. В формуле (26) нули функции $\mathfrak{I}(u_{k+1})$ заменяются результатом интерполяции соседних ненулевых значений функции. Результатом интерполяции является среднее арифметическое двух соседних ненулевых значений.

Обозначим через $d(f, g)$ расстояние между функциями f и g в функциональном пространстве L_2 . Получены следующие результаты вычисления расстояний между рассмотренными функциями: $d(u_0, v) = 3468,4$; $d(v, u_k^1) = 1306,7$; $d(v, u_k^2) = 61,8$.

Результаты вычислений значений линейной вариации для рассмотренных функций: $V(v) = 211$; $V(u_0) = 93$; $V(u_k^1) = 290$; $V(u_k^2) = 255$;

Таким образом, отмечается наличие корреляции между точностью восстановления функции L_2 относительно метрики пространства и значениями линейных вариаций рассматриваемых функций.

6. Заключение

В этой работе мы рассмотрели метод восстановления сигналов и изображений, основанный на использовании топологических характеристик функций от двух переменных совместно с ранее известными методами восстановления. Полученные результаты дают основания считать, что применение топологического подхода может улучшать результаты восстановления.

Список литературы

1. Rudin, L. I. Total variation based image restoration with free local constraints / L. I. Rudin, S. Osher // ICIP-94. 1994. Vol. 1. P. 31–35.
2. Chambolle, A. Image recovery via total variational minimization and related problems / A. Chambolle, P. L. Lions // Numer. Math. 1997. Vol. 76. P. 167–188.
3. Osher, S. An iterative regularization method for total variation based image restoration / S. Osher, M. Burger, D. Goldfarb et al. // Multiscale Modelling and Simulation. 2005. Vol. 4. P. 460–489.
4. Chambolle, A. An Algorithm for Total Variation Minimization and Applications // J. of Math. Imaging and Vision. 2004. Vol. 20. P. 89–97.
5. Snyman, J. A. Practical Mathematical Optimization: An Introduction to Basic Optimization Theory and Classical and New Gradient-Based Algorithms. Germany : Springer Publishing, 2005.
6. Kronrod, A. On functions of two variables // Uspehi Math. Nauk. 1950. Vol. 1, № 35. P. 24–134.
7. Makovetskii, A. Image restoration based on topological properties of functions of two variables / A. Makovetskii, V. Kober // SPIE Applications of Digital Image Processing XXXV. 2012. Vol. 8499. P. 84990A.
8. Makovetskii, A. Modified gradient descent method for image restoration / A. Makovetskii, V. Kober // SPIE's 58 Annual Meeting: Applications of Digital Image Processing XXXVI. 2013. Vol. 8856. P. 885608-1.

УСТРАНЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ОТ ДИКТОРА И ОТ ВЛИЯНИЯ ПОМЕХ ПРИ РАСПОЗНАВАНИИ РЕЧЕВЫХ КОМАНД

Рассмотрена задача распознавания речевых команд. Для улучшения качества распознавания предложено преобразовать амплитудные спектры сигналов чужих дикторов к амплитудным спектрам сигналов своего диктора. Также предложено применить эвристический прием, заключающийся в увеличении значений отсчетов амплитудных спектров речевых сигналов на некоторую константу. Приведены результаты экспериментов.

Известно, что система распознавания речевых команд, обученная на эталонах речевых сигналов своего диктора, устойчиво распознает речевые команды, произнесенные этим диктором. Когда другой диктор тестирует такую систему, результат распознавания часто оказывается неприемлемым. Такой результат объясняется тем, что спектры сигналов чужого диктора сильно отличаются от спектров сигналов своего диктора, на которого настроена система.

В работе предлагается устранить различие спектров сигналов чужого и своего дикторов путем преобразования спектра речевого сигнала чужого диктора к спектру речевого сигнала своего диктора.

Кроме того, в данной статье рассматривается другая проблема, не затрагивающая задачи устранения различия спектров чужого и своего дикторов. На практике результат распознавания сигналов как своего, так и чужого дикторов дополнительно ухудшается шумом. Обучающие речевые сигналы обычно являются незашумленными, а тестирующие речевые сигналы оказываются зашумленными. Присутствие шума приводит к сильному отклонению спектров тестирующих речевых сигналов от спектров их эталонов в обучающей выборке. Поэтому качество результата распознавания на фоне шумов резко падает. Если спектр зашумленного сигнала сильно отличается от спектра незашумленного сигнала, то очевидно, что степень связи таких спектров может оказаться достаточно малой.

Для увеличения степени связи в данной работе предлагается увеличивать значения отсчетов амплитудных спектров обоих сигналов на некоторую константу.

Таким образом, предлагается решать задачу распознавания речевых команд выполнением процедуры обработки, шаги которой определены следующим образом.

Первый шаг. Идентификация. Пусть сигнал $Y = \{y_1, \dots, y_T\}$ означает произношение какой-то речевой команды, где T — целое, положительное. Отсчеты y_t , $t = 1, \dots, T$ принимают вещественные значения.

Дискретные отсчеты речевого сигнала обрабатываются фрагментами с определенным периодом L . Для разделения речевого сигнала на фрагменты используется окно Хэмминга, где значения отсчетов в окне определяются по формуле [1] $w_n = 0,54 - 0,46\cos(2\pi(n-1)/(N+1))$, $1 \leq n \leq N$. Таким образом, i -й фрагмент представлен следующим описанием: $Y_{t_i}^{t_i+N-1} = \{y_{t_i+n-1}w_n; 1 \leq t \leq N\}$, $1 \leq t_i \leq T-N+1$, $L = t_{i+1} - t_i$.

Для каждого фрагмента речевого сигнала строится его кратковременный амплитудный спектр. Отсчеты i -го амплитудного спектра определяются дискретным преобразованием Фурье i -го фрагмента речевого сигнала:

$$A_i^k = \left| \sum_{n=1}^N y_{t_i+n-1} w_n e^{-j2\pi(n-1)(k-1)/M} \right|,$$

$$k = 1, \dots, M/2, \quad M = 2^{\lceil \log_2 N \rceil}.$$

Таким образом, идентифицированная модель речевого сигнала оказывается представленной последовательностью $A = \{A_1, A_2, A_3, \dots\}$, где i -й кратковременный спектр представлен своими отсчетами $A_i = \{A_i^k, 1 \leq k \leq M/2\}$.

Второй шаг. Генерация. Для устранения различия спектров сигналов чужого и своего дикторов применяется функция преобразования $\phi(A, \alpha)$, где A — кратковременный амплитудный спектр, α — параметр преобразования [2].

Мы хотим, чтобы амплитудный спектр $A(\omega)$ расширялся, если $\alpha < 1$, и сжимался, если $\alpha > 1$. Для этого будем искажать ось частот ω следующим образом:

$$\tilde{\omega} = \begin{cases} \alpha\omega, & \omega \leq \beta \\ \alpha\beta + \frac{\pi - \alpha\beta}{\pi - \beta}(\omega - \beta), & \omega > \beta \end{cases} \begin{cases} 0 < \beta < \pi & \text{при } \alpha < 1 \\ 0 < \beta < \frac{\pi}{\alpha} & \text{при } \alpha > 1. \end{cases}$$

При таком искажении оси частот ω область сжатия или расширения спектра сигнала в нужной степени ограничивается значением дополнительного параметра β . Внутри этой области расстояния между формантами изменяются в зависимости от значения α , а вне ее искажаются так, чтобы просто обеспечить интервал $[0, \pi]$ искаженной частоты $\tilde{\omega}$.

После преобразования кратковременного амплитудного спектра с коэффициентом преобразования α получается новая последовательность амплитудных спектров $\tilde{A} = \{\tilde{A}_1, \tilde{A}_2, \tilde{A}_3, \dots\}$.

Для уменьшения влияния шума значения отсчетов кратковременных амплитудных спектров речевого сигнала увеличиваются на константу $c > 0$. Такую эвристическую модель речевого сигнала назовем *моделью с усилением*. Тогда при $c = 0$ назовем модель сигнала *моделью без усиления*. Если рассмотреть корреляционную связь значений отсчетов амплитудных спектров двух сигналов речевых команд, то можно показать, что при добавлении константы $c > 0$ степень такой связи в общем случае возрастает. Очевидно, что величину c не следует делать слишком

большой, т. к. при этом устраняется различие в степени связи между похожими и непохожими спектрами.

После «усиления» кратковременного амплитудного спектра на величину $c > 0$ получается новая последовательность амплитудных спектров $A = \{\tilde{A}_1, \tilde{A}_2, \tilde{A}_3, \dots\}$, где $\tilde{A}_i = \{A_i^k, 1 \leq k \leq M/2\}$, $A_i^k = A_i^k + c$. Результирующую модель сигнала назовем моделью с усилением.

Третий шаг. *Адекватное восприятие.* В роли воспринимающего и интерпретирующего устройства выступает система распознавания речевых команд. Будем считать, что восприятие речевого сигнала является адекватным, если он правильно распознается системой.

Если сгенерированная модель речевого сигнала правильно распознается системой, то процедура заканчивается. В противном случае она возвращается ко второму шагу с другим набором параметров модели.

Для выполнения этапа адекватного восприятия в данной работе была построена система распознавания речевых команд на основе скрытых марковских моделей [3].

Такая система распознавания может обучаться на речевых сигналах своего диктора. Речевые сигналы чужих дикторов преобразуются в сигналы своего диктора и классифицируются. Эксперименты по устранению влияния дикторов описаны ниже.

В другом случае для исследования влияния шума система распознавания речевых команд обучается с помощью моделей с усилением незашумленных речевых сигналов для того, чтобы эксплуатироваться на моделях с усилением зашумленных речевых сигналов. Заметим, что в этом случае не происходит преобразования спектров сигналов чужого диктора к спектрам сигналов своего диктора. Таким образом, изучается только влияние шума на качество распознавания сигнала диктора, независимо от того, свой это диктор или чужой. Эксперименты по уменьшению влияния шума также описаны ниже.

Эксперименты. Было проведено сто экспериментов по устранению влияния дикторов на речевых сигналах из базы данных TIDigits 1.0 [4]. Сначала был рассмотрен один женский голос как голос своего диктора, на речевых сигналах которого построена система распознавания речи с решающим правилом классификации 11 речевых команд. Потом один чужой диктор произносил 11 речевых команд по 2 раза. Полученные речевые сигналы этого чужого диктора были классифицированы, используя построенную систему распознавания речевых команд без преобразования их спектров ($\alpha = 1$). Далее эти сигналы были преобразованы в сигналы своего диктора и классифицированы.

Распознанные классы сигналов сравнивались с их истинными классами, и была определена частота правильного распознавания $v = (Z - Z_e)/Z$, где Z — общее число произнесенных речевых команд, Z_e — число ошибочно распознанных.

Такие эксперименты были проведены с разными чужими дикторами. Группа из 24 дикторов (12 мужчин, 12 женщин) играет роль чужого диктора.

Остальные 24 эксперимента были проведены как первые 24 эксперимента за исключением того, что роль своего диктора играл один мужской голос.

Результаты распознавания для схемы с преобразованием были получены при длине фрагментов речевого сигнала $N = 64$, где период обработки $L = N/2$ значениями параметра $\beta = 7\pi/8$, если $\alpha < 1$, и $\beta = 7\pi/(8\alpha)$, если $\alpha > 1$. Задача оптимизации параметра α была решена, используя метод золотого сечения [5].

По результатам 48 экспериментов оказалось, что преобразование спектров чужого диктора к спектрам сигналов своего диктора повышает частоту правильного распознавания на 17 %.

Также были проведены эксперименты по уменьшению влияния шума на 11 речевых командах из базы данных TIDigits 1.0 [4]. Были использованы 308 речевых сигналов (28 сигналов для каждой команды) в качестве обучающей выборки. На речевых сигналах обучающей выборки было построено правило классификации 11 речевых команд. Далее были использованы 528 речевых сигналов (48 сигналов для каждой команды) для составления тестовой выборки. К этим речевым сигналам был искусственно добавлен аддитивный белый гауссовский шум [6] с отношением сигнал/шум $R_{sn} = 3$ дБ.

В экспериментах распознанный класс каждого зашумленного речевого сигнала для каждой модели ($c \geq 0$) сравнивался с его истинным классом для определения частоты правильного распознавания.

Такие эксперименты были проведены с разными отношениями сигнал/шум $R_{sn} = 3, 6, 9, \dots, 60$ дБ. Результат распознавания для схемы с усилением был получен при длине фрагментов речевого сигнала $N = 760$, где период обработки $L = N/4$, и значении параметра увеличения амплитудного спектра $c = 2$.

Эксперименты показывают, что если тестирующие сигналы сильно зашумлены ($R_{sn} < 45$ дБ), то при добавлении константы ($c = 2$) качество распознавания резко улучшается (например, повышение частоты правильного распознавания на 65 % при $R_{sn} = 3$ дБ). Если тестирующие сигналы меньше зашумлены, то добавление константы все меньше и меньше влияет на качество распознавания, а при некотором уровне шума (в экспериментах $R_{sn} \geq 45$ дБ) качество распознавания ухудшается, хотя и незначительно (< 1 %).

Список литературы

1. Oppenheim, A. V. Discrete — Time Signal Processing / A. V. Oppenheim, R. W. Schaffer. New Jersey : Prentice Hall, 1999.
2. DAFX: Digital Audio Effects, Second Edition / Ed. by U. Zolzer. West Sussex : John Wiley & Sons, 2011.
3. Аграновский, А. В. Теоретические аспекты алгоритмов обработки и классификации речевых сигналов. М. : Радио и связь, 2004.
4. Leonard, G. TIDigits [Электронный ресурс] / G. Leonard, G. Doddington. URL: <http://www.isip.piconepress.com/projects/speech>.
5. Мэтьюз, Д. Г. Численные методы. Использование MATLAB. 3-е изд. М. : Вильямс, 2001.
6. Proakis, J. G. Digital Communications / J. G. Proakis, M. Salehi. New York : McGraw-Hill, 2008.

ПОИСК УСТОЙЧИВЫХ ПРИЗНАКОВ ИЗОБРАЖЕНИЙ. АЛГОРИТМ SPEED UP ROBUST FEATURE

Рассматривается проблема поиска особых точек на изображении, а также методы ее решения, в частности алгоритм SURF. Рассмотрены проблемы, возникающие при дескрипторном анализе изображений в целом и в выбранном алгоритме. Рассмотрены сильные стороны данного алгоритма и возможные пути его оптимизации. Алгоритм разделен на смысловые модули для дальнейшего применения в других работах.

Введение. Механизмы человеческого зрения без труда способны решить задачу распознавания объектов. Система компьютерного зрения по составным частям мало чем отличается от человека, однако данная задача для современных компьютеров уже не является такой же тривиальной, как для человеческого мозга. Этому препятствует ряд факторов.

1. Масштаб. Предметы, воспринимаемые нами как одинаковые, на изображениях могут занимать разную площадь.

2. Место. При различных углах зрения объекты могут располагаться в разных частях изображения.

3. Фон и помехи. С точки зрения компьютера объект и фон ничем не отличаются. К тому же могут появляться шумы и помехи различного рода. Также к помехам можно отнести угол обзора и поворот.

Итак, задача сводится к следующему: даны два изображения — образец и сцена. Необходимо определить факт наличия образца на сцене и локализовать этот объект. При этом необходимо учесть описанные ранее проблемы и то, что объект может отсутствовать на сцене.

Решения. Существует множество различных подходов к решению данной задачи [1]. Самый простой: взять образец в разных масштабах и всевозможных углах. Перебрать все места на сцене и попиксельно сравнивать. Очевидно, что данный подход трудоемок. К тому же он решает не все проблемы, в частности проблему шумов и лишь частичного присутствия объекта. Поэтому для данной задачи рассматриваются ключевые точки и небольшие участки вокруг них. Ключевой назовем точку, существенно отличающуюся от основной массы точек по некоторому признаку. Если допустить перманентное присутствие ключевых точек на образце, то можно искать только их. В общем случае метод выбора ключевых точек не имеет значения, требуется только отличие от основной массы. Помимо точек рассматриваются также и малые окрестности. Причина этого в том, что чем меньше участок, тем меньше влияние крупномасштабных искажений. Примером таких искажений может являться частичное перекрытие одного объекта другим. Одним из алгоритмов [2], использующих данный подход, является SURF: Speed Up Robust Feature.

SURF. Алгоритм решает сразу две задачи: обнаружение особых точек изображения и описание их с помощью дескрипторов, устойчивых к повороту и масштабированию. Данный метод использует матрицу Гессе, детерминант которой (гессиан) достигает

экстремума в точках максимального изменения градиента яркости [3]. Сам по себе гессиан не обладает инвариантностью относительно масштабов, но обладает робастностью к вращению. Поэтому для метода SURF используются разномасштабные фильтры для нахождения сверток с определителем матрицы Гессе. Данный метод вычисляет градиент яркости и масштаб, взятый из масштабного коэффициента матрицы Гессе [4]. Градиент в точке считается с помощью фильтров Хаара. Далее формируется дескриптор, представляющий собой набор из 64 либо 128 чисел для каждой ключевой точки [5]. Физическая интерпретация данных чисел заключается в флуктуации градиента, данный вопрос рассмотрим ниже. Поскольку ключевая точка представляет собой максимум гессиана, то это гарантирует, что в окрестности точки должны быть участки с разными градиентами. Этим обеспечивается дисперсия дескрипторов для разных ключевых точек. Флуктуации градиента окрестностей ключевой точки считаются относительно направления градиента вокруг точки в целом по всей окрестности ключевой точки, благодаря чему достигается инвариантность дескриптора относительно вращения. Масштаб матрицы Гессе определяет размер области, на которой считается дескриптор, это обеспечивает инвариантность относительно масштабирования. Флуктуации градиента также считаются с помощью фильтра Хаара.

Используемые преобразования. Как и во многих других задачах обработки изображений, для ускорения вычислений используется интегральное представление изображений [6]. Данное преобразование считается по формуле

$$I(x, y) = \sum_{i=0, j=0}^{i \leq x, j \leq y} I(i, j),$$

где $I(i, j)$ — яркость пикселей исходного изображения. Как можно заметить, размер интегрального представления совпадает с размером исходного изображения. В таком представлении достаточно быстро вычисляется сумма яркостей прямоугольной зоны. $\text{SumOfRect}(ABCD) = I(A) + I(C) - I(B) - I(D)$, где $ABCD$ — интересующий нас прямоугольник.

Как уже ранее упоминалось, алгоритм SURF использует матрицу Гессе. Сама матрица определяется следующим образом:

$$H(f(x, y)) = \begin{pmatrix} \partial^2 f / \partial x^2 & \partial^2 f / \partial x \partial y \\ \partial^2 f / \partial x \partial y & \partial^2 f / \partial y^2 \end{pmatrix}.$$

Теоретически, вычисление матрицы Гессе сводится к нахождению Лапласиана Гауссиан [1]. В дискретном случае вычисляется свертка пикселей изображения на фильтры, изображенные на рис. 1.

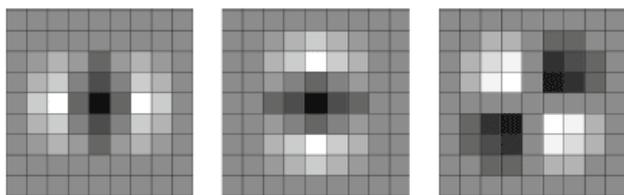


Рис. 1. Дискретизированные фильтры для нахождения четырех элементов матрицы Гессе

Однако SURF не использует лапласиан гауссиана в данном виде, т. к. дискретизированный фильтр имеет большой разброс значения детерминанта при вращении образца [4]. Также фильтр для лапласиана гауссиана имеет непрерывный характер, что осложняет применение интегрального представления изображения. Исходя из этого, применяется троичная аппроксимация, представленная на рис. 2, называемая Fast-SURF.

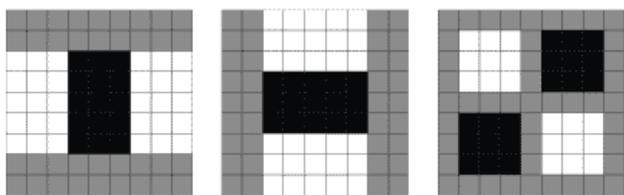


Рис. 2. Троичная аппроксимация фильтров (Fast-SURF)

В данном случае белые области соответствуют значению +1, черные –2 (на третьем фильтре –1) и серые соответствуют 0. Заметим, что, так как Гессиан является производной, то он обладает инвариантностью к сдвигу яркости изображения. Также благодаря этому гессиан достигает максимума как в светлых, так и в темных особенностях изображений.

Масштабирование. Как уже отмечалось, Гессиан не инвариантен к изменениям размеров. Решение этой проблемы только одно — перебирать различные масштабы фильтров и применять их к выбранному пикселу. Из соображений дискретизации и симметрии, размер Fast-Hessian не может принимать произвольные значения. Допустимы размеры: 9, 15, 21, 27 и так далее, с шагом 6. На практике для крупных масштабов шаг 6 оказывается слишком мелким, а количество фильтров — избыточными. В связи с этим, все пространство размеров фильтра разбивается на октавы. Каждая октава покрывает определенный интервал масштабов и имеет свой характерный размер фильтра. Очевидно, что использование только одного фильтра в октаве невозможно. Также для нахождения локального максимума Гессиана используется метод соседних точек $3 \times 3 \times 3$. Исследуемый пиксель считается локальным максимумом, если его гессиан больше, чем у любого его соседа в его масштабе, а также

соседей масштабом меньше и масштабом больше. Поэтому, исходя из минимизации вычислений и максимизации покрываемых масштабов, каждая октава имеет по 4 фильтра и перекрывает следующую.

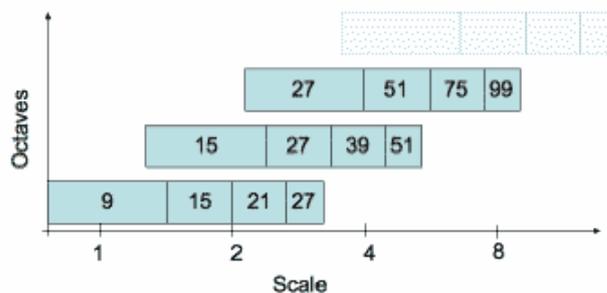


Рис. 3. Первые три октавы и их размеры фильтров

Перекрывание октавами масштабов друг друга используется с целью увеличения надежности нахождения локального максимума.

С целью оптимизации вычислений можно вычислять свертку с фильтром не для каждого пикселя, а для каждого i -го пикселя в i -й октаве. Для нахождения точки истинного максимума, используется интерполирование найденных гессианов куба $3 \times 3 \times 3$ квадратичной функцией. Далее, вычисляется производная (методом конечных разностей соседних точек). Если она близка к нулю — мы в точке истинного максимума. Если производная велика — сдвигаемся в сторону ее уменьшения и повторяем итерацию до тех пор, пока производная не станет меньше заданного порога. Если в процессе итераций мы отходим от начальной точки слишком далеко, то это считается ложным максимумом, и точка больше не считается особой.

Ориентация особой точки. Для инвариантности вычисления дескрипторов особой точки требуется определить преобладающую ориентацию перепадов яркости в особой точке. Это понятие близко к понятию градиента, но SURF использует другой алгоритм нахождения вектора ориентации. Сначала вычисляются точечные градиенты в пикселях соседних с особой точкой. Для рассмотрения берутся пиксели в окружности радиуса $6s$ вокруг особой точки, где s — масштаб особой точки. Для вычисления градиента, используется фильтр Хаара. Размер фильтра берется равным $4s$, где s — масштаб особой точки. Фильтры Хаара дают точечное значение перепада яркости по оси X и Y соответственно. Поскольку фильтры Хаара имеют прямоугольную форму, их значения легко считаются с помощью интегральной матрицы. Значения вейвлета Хаара dX и dY для каждой точки умножаются на вес и запоминаются в массиве. Вес определяется как значение гауссиана с центром в особой точке и сигмой равной $2s$. Взвешивание на гауссиане необходимо для отсеивания случайных помех на далеких от особой точки расстояниях. Исходя из этого, вычисляется преобладающее направление перепада яркости.

Вычисление дескриптора. Дескриптор представляют собой массив из 64 либо 128 чисел, позволяющих идентифицировать особую точку. Дескрипторы одной и той же особой точки на образце и на сцене должны примерно совпадать. Метод расчета дескриптора таков, что он не зависит от вращения и масштаба. Для вычисления дескриптора вокруг особой точки формируется прямоугольная область, имеющая размер $20s$, где s — масштаб, в котором была найдена особая точка. Для первой октавы область имеет размер 40×40 пикселей. Квадрат ориентируется вдоль приоритетного направления, вычисленного для особой точки. Дескриптор считается как описание градиента для 16 квадрантов вокруг особой точки. Далее, квадрат разбивается на 16 более мелких квадрантов. В каждом квадранте выбирается сетка 5×5 , и для точки сетки ищется градиент с помощью фильтра Хаара. Размер фильтра Хаара берется равный $2s$. Следует отметить, что при расчете фильтра Хаара изображение не поворачивается, фильтр считается в обычных координатах изображения. А вот полученные координаты градиента (dX , dY) поворачиваются на угол, соответствующий ориентации квадрата. Итого, для вычисления дескриптора особой точки нужно вычислить 25 фильтров Хаара в каждом из 16 квадрантов. Итого, 400 фильтров Хаара. Учитывая, что на фильтр нужно 6 операций, выходит, что дескриптор обойдется минимум в 2400 операций. После нахождения 25 точечных градиентов квадранта, вычисляются четыре величины, которые собственно и являются компонентами дескриптора: $\sum dX$, $\sum |dX|$, $\sum dY$, $\sum |dY|$. Две из них — суммарный градиент по квадранту, а две другие — сумма модулей точечных градиентов. На рис. 3 показано поведение этих величин для разных участков изображений. Четыре компонента на каждый квадрант и 16 квадрантов дают 64 компонента дескриптора для всей области особой точки. При занесении в массив значения дескрипторов взвешиваются на гауссиану с центром в особой точке и с сигмой $3,3s$. Это нужно для большей устойчивости дескрипто-

ра к шумам в удаленных от особой точки областях. В дополнение к дескриптору, для описания точки используется знак следа матрицы Гессе, т. е. величина $\text{sign}(D_{xx} + D_{yy})$. Для светлых точек на темном фоне след отрицателен, для темных точек на светлом фоне — положителен.

Список литературы

1. Вудс, Р. Цифровая обработка изображений. Смоленск : Техносфера, 2006.
2. Bay, H. Interactive museum guide: Fast and robust recognition of museum objects [Электронный ресурс] / H. Bay, B. Fasel, L. van Gool // Proceedings of the first international workshop on mobile vision. URL: https://www.vision.ee.ethz.ch/publications/papers/proceedings/eth_biwi_00394.pdf.
3. Lindeberg, T. Feature detection with automatic scale selection // International J. of Comp. Vision. 1998. Vol. 30, Issue 2. P. 79–116.
4. Bay, H. Speeded-Up Robust Features (SURF) /. Herbert Bay, Andreas Ess, Tinne Tuytelaars et al. // Comp. Vision and Image Understanding. 2008. Vol. 110, Issue 3. P. 346–359.
5. Schmid, K. An affine invariant interest point detector / K. Schmid. C. Mikolajczyk // ECCV '02 Proceedings of the 7th European Conference on Computer Vision. Part. I. London : Springer-Verlag, 2002. P. 128–142 .
6. Konstantinos, G. Derpanis. Integral image-based representations [Электронный ресурс]. URL: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.2.17.2698&rep=rep1&type=pdf>.
7. Christopher, Evans. Notes on the OpenSURF Library [Электронный ресурс]. URL: <http://opensurf1.googlecode.com/files/opensurf.pdf>.
8. Baumberg, A. Reliable feature matching across widely separated // Comp. Vision and Pattern Recognition, 2000. Vol. 1. P. 774–781.
9. Grabner, M. Fast Approximated SIFT / M. Grabner, H. Grabner, H. Bischof // Asian Conference on Computer Vision (ACCV). 2006. P. 918–927.

УПРАВЛЕНИЕ РЕСУРСАМИ В СЛОЖНЫХ СИСТЕМАХ НА ОСНОВЕ МНОГОАГЕНТНОГО ПОДХОДА

Рассматриваются вопросы применения многоагентных технологий при управлении ресурсами в сложных системах. Приведены примеры реализованных прототипов систем поддержки принятия решений в виде многоагентных систем для различных предметных областей. Применение многоагентных технологий позволяет повысить эффективность управления ресурсами сложных систем.

Управление ресурсами сложной системы необходимо для обеспечения ее эффективного функционирования. В условиях динамично изменяющихся внешних условий к модели сложной социально-экономической системы (СЭС), основные особенности которой представлены на рисунке, предъявляются следующие требования: необходимость быстрого реагирования на изменения, адаптивность модели.

Предлагается рассматривать ресурсы следующих видов – материальные, финансовые, трудовые, энергетические и время. На процесс распределения ресурсов оказывают существенное влияние следующие характеристики, присущие ресурсам: неоднородность, мобильность, взаимозаменяемость, комплексность, ограниченность и уникальность. Эффективность распределения ресурсов может оцениваться с помощью множества критериев, что также усложняет сам процесс управления. Кроме того внешняя среда — общество – подвержено не только изменениям, но и развивается, что ведет к тому, что появляются новые виды ресурсов, возникают новые потребности, формируются новые критерии для оценки деятельности [1; 2].

Анализ основных исследований в области управления распределением ресурсов в сложных системах

показал, что большинство разработанных методов работают только с числовыми данными и не учитывают слабоформализуемую информацию об особенностях предметной области и индивидуальные особенности, присущие ресурсам одного вида.

Для решения задач управления ресурсами в сложных системах в условиях изменяющейся внешней среды предлагается концепция, базирующаяся на использовании многоагентных технологий и технологий инженерии знаний: многоагентных систем, онтологических моделей и семантических методов.

Применение интеллектуальных технологий дает принципиальную возможность по-новому формулировать задачи и учитывать слабоформализуемую информацию, что позволяет строить модели, которые точнее отражают свойства и взаимосвязи объектов реального мира. Это способствует повышению качества принимаемых решений за счет оперативности реагирования на любые изменения внешней среды.

В качестве примеров задач, связанных с управлением распределением ресурсов в сложных СЭС и решаемых с применением многоагентных технологий, рассматриваются задачи календарного планирования производства, распределения ресурсов в условиях



Особенности управления ресурсами сложной СЭС

чрезвычайных ситуаций, распределение транспорта на перевозку грузов, распределение вычислительных задач в рамках распределенной системы, задачи сетевого планирования сложных проектов, распределение исполнителей на задачи, логистические задачи, распределение ресурсов при оказании медицинских услуг и другие, часть из которых подробно рассмотрены в [3–10].

Предлагаемая концепция учитывает индивидуальные особенности моделируемых объектов реального мира, а также семантические ограничения предметных областей и позволяет получать допустимые планы распределения ресурсов в условиях множества критериев для обеспечения лица, принимающего решения, необходимой, достоверной и обоснованной информацией.

Предлагается использовать для решения задач управления ресурсами многоагентные технологии. При этом в качестве базовой используется модель агентов, предложенная Вулдриджом и Дженнингсом [11]. Агентам многоагентной системы для решения задач распределения ресурсов соответствуют, во-первых, сущности, выступающие в реальном мире потребителями и/или поставщиками ресурсов, а во-вторых, сами ресурсы. Для решения задачи распределения ресурсов агенты вынуждены взаимодействовать и вступать в переговоры друг с другом, которые моделируются коммуникациями.

В большинстве случаев задача распределения ресурсов имеет глобальный критерий эффективности, который необходимо достичь путем соответствующего распределения ресурсов. Тогда поведение агентов можно считать кооперативным, поскольку только учет взаимных интересов позволяет решить задачу, и основано на разработанной математической модели. В то же время, каждый агент может иметь свои локальные критерии, определяющие эффективность полученного решения для конкретного агента. Например, одно решение может быть более предпочтительным по сравнению с другим на основе использования локальных критериев эффективности, несмотря на то, что они могут быть абсолютно одинаковы с точки зрения общего критерия эффективности.

Многоагентные технологии позволяют успешно решать задачи управления ресурсами с учетом как глобальных, так и локальных критериев. Сложноформализуемые семантические ограничения предметной области представляются в виде онтологической базы знаний, используемой агентами для решения задачи. Также база знаний агента используется для описания критериев, отражающих приемлемость распределения ресурсов, и учитывает индивидуальные особенности моделируемых объектов реального мира.

При ведении переговоров агенты определяют допустимость и приемлемость для них решения на основе индивидуальной базы знаний. Таким образом, если меняются критерии и предпочтения у какого-то

агента, достаточно внести изменения в его локальную базу знаний. При этом сама процедура ведения переговоров остается без изменений.

Предлагаемая концепция была апробирована путем разработки прототипов систем поддержки принятия решений (СППР) при управлении распределением ресурсов для ряда реальных задач – распределение ресурсов в чрезвычайных ситуациях [3; 7–10], календарное планирование производства [4], распределение агентов по узлам вычислительной сети [5], распределение ресурсов при оказании медицинских услуг [6; 12], формирование подразделений спасателей с учетом уровня профессиональной подготовки и психологической совместимости [13].

Прототипы СППР разработаны на базе агентной платформы JADE, основанной на спецификации стандарта по разработке систем интеллектуальных агентов (FIPA).

Проведенные экспериментальные исследования эффективности разработанных решений [4–6; 9] позволяют сделать вывод о том, что применение многоагентных технологий позволяет повысить эффективность распределения ресурсов.

Список литературы

1. Ризванов, Д. А. Применение многоагентных технологий для управления ресурсами в сложных системах в условиях изменяющейся внешней среды // Информационные и математические технологии в науке и управлении : материалы XVIII Байкальской Всерос. конф. с междунар. участием Ч. III. Иркутск : Ин-т систем энергетики СО РАН, 2013. С. 286–291.
2. Ризванов, Д. А. Алгоритмы управления ресурсами в сложных системах с применением многоагентных технологий // Вестн. Уфим. гос. авиац. техн. ун-та. 2013. Т. 17, № 5 (58). С. 117–123.
3. Gabdulhakova, A. Resource Allocation in Emergency Situations: Case Study / A. Gabdulhakova, B. Koenig-Ries, D. A. Rizvanov // In Proceedings of the 12th International Workshop on Computer Science and Information Technologies. Moscow — St. Petersburg. 2010. Vol. 3. P. 8–12.
4. Ризванов, Д. А. Многоагентный подход к календарному планированию производственных процессов / Д. А. Ризванов, Е. С. Чернышев // Информационные и математические технологии в науке и управлении : материалы XV Байкальской Всерос. конф. Ч. III. Иркутск : Ин-т систем энергетики СО РАН, 2010. С. 7–14.
5. Ризванов, Д. А. Распределение агентов многоагентной системы по узлам вычислительной сети // Информационные и математические технологии в науке и управлении : материалы XIV Байкальской Всерос. конф. Ч. 3. Иркутск : Ин-т систем энергетики СО РАН, 2009. С. 297–305.
6. Ризванов, Д. А. Применение технологий распределенного искусственного интеллекта для решения задач календарного планирования / Д. А. Ризванов,

Д. В. Попов, Д. Р. Богданова // Информационные и математические технологии в науке и управлении : материалы XIII Байкальской Всерос. конф. с междунар. участием. Т. 2. Иркутск : Ин-т систем энергетики СО РАН, 2008. С. 76–82.

7. Ризванов, Д. А. Разработка многоагентной системы для решения задачи распределения ресурсов в условиях чрезвычайных ситуаций // Сборник материалов научного семинара стипендиатов программ «Михаил Ломоносов» и «Иммануил Кант» (2010/2011 г.). М. : DAAD, 2011. С. 168–171.

8. Gabdulhakova, A. An Agent-Based Solution to the Resource Allocation Problem in Emergency Situations / Aygul Gabdulhakova, Birgitta König-Ries, Dmitry Rizvanov // ECOWS 2011. P. 151–157.

9. Gabdulhakova, A. Rational Resource Allocation in Mass Casualty Incidents – Adaptivity and Efficiency [Электронный ресурс] / Aygul Gabdulhakova, Birgitta König-Ries, Dmitry Rizvanov // Proceedings of the 9th International ISCRAM Conference – Vancouver, Canada, April 2012. URL: <http://www.iscramlive.org/ISCRAM2012/proceedings/183.pdf>.

10. Ризванов, Д. А. Многоагентный подход к задаче распределения ресурсов в условиях чрезвычайных ситуаций / Д. А. Ризванов, А. Р. Габдулхакова // Информационные и математические технологии в науке и управлении : материалы XVI Байкальской Всерос. конф. с междунар. участием. Т. 3. Иркутск : Ин-т систем энергетики СО РАН, 2011. С. 25–33.

11. Wooldridge, M. J. Intelligent Agents: Theory and Practice / M. J. Wooldridge, N. R. Jennings // The Knowledge Engineering Review. 1995. № 10 (2). P. 115–152.

12. Ризванов, Д. А. Многоагентная система составления расписания прохождения процедур отдыхающими в санаторно-курортном комплексе / Д. А. Ризванов, Г. В. Сенькина, Д. В. Попов и др. // Компьютерные науки и информационные технологии : материалы 8-й Междунар. конф. CSIT'2006. Карлсруэ, Германия, 2006. Т. 1. С. 118–124.

13. Enikeeva, K. R. Forming of rescue subdivisions based on the level of training and psychological compatibility with the use of multi-agent approach / K. R. Enikeeva, D. A. Rizvanov, A. I. Belyushin et al. // Вестн. Уфим. гос. авиац. техн. ун-та. 2013. Т. 17, № 6 (59). С. 61–64.

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ РОБОТОМ: СИНТЕЗ ИНСТРУМЕНТОВ ПРОГРАММИРОВАНИЯ — КОНЕЧНЫХ АВТОМАТОВ И НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Цель этого проекта — создание интеллектуальной системы для управления роботизированным объектом, которая объединяет традиционные и инновационные программные методы. Главный компонент программного обеспечения системы — конечный автомат. Нейронная сеть, как одна из частей конечного автомата, разработана для обнаружения различных изображений и моделирования поведения робота в зависимости от типа обнаруженного объекта. Система может применяться для решения задач и в других технологических областях.

В настоящее время робототехнические системы начали активно внедряться во все сферы деятельности человека. С одной стороны данная тенденция продиктована стремительным скачком в развитии компьютерной и микропроцессорной техники, с другой — стремлением всего мирового сообщества к рыночной модели экономических отношений, что в значительной степени позволило расширить область применения робототехнических систем, вплоть до детских игрушек.

Таким образом, можно с уверенностью сказать, что роботы входят в нашу повседневную жизнь как в качестве бытовых систем, так и в качестве комплексов, обеспечивающих работу сложных производственных систем.

Разработка новых интеллектуальных систем управления робототехническими системами является сегодня актуальной задачей. Одним из основных вопросов, возникающих при ее решении, является умение сочетать концепции, плодотворность которых прошла проверку временем, с новейшими методами программной и аппаратной реализации математических моделей.

В статье предлагается описание проекта по созданию интеллектуальной системы управления роботизированным объектом (робот-промоутер), которая обладает рядом преимуществ, при этом не имеет существенных ограничений по области применения. Прототип опытного образца системы управления — это система управления роботом-промоутером для раздачи листовок, получившего название С'АРДУ — Самоходный Автоматизированный Робот для Улиц (рис. 1).



Рис. 1. Прототип робота С'АРДУ

Несмотря на стремительное развитие информационных технологий, надежные традиционные методы и инструменты прикладного программирования не теряют свою актуальность. Одним из таких инструментов является основной программный компонент системы, разработанной в рамках данного проекта — конечный автомат (КА). Область применения КА включает в себя все сферы информационного пространства — от систем синтаксического анализа до больших интеллектуальных систем управления промышленным оборудованием и роботизированными объектами.

В данном проекте КА представляет собой поведение объекта в зависимости от той или иной ситуации (состояния) [1].

Схема конечного автомата (см. рис. 2) представляет собой совокупность возможных действий робота с описанием того или иного состояния.

Использование программной и аппаратной реализации математических моделей на сегодняшний день представляет собой одно из самых новых и популярных направлений развития искусственного интеллекта (ИИ). В свою очередь, одним из самых популярных и развитых направлений развития ИИ являются искусственные нейронные сети (ИНС).

Нейронные сети применяются для решения целого ряда задач, которые традиционными линейными методами трудно решаемы, или даже вообще не решаемы. На практике ИНС используются в двух видах — как программные продукты, выполняемые на обычных компьютерах, и как специализированные аппаратно-программные комплексы.

В первом случае не используется встроенный параллелизм нейросетевых алгоритмов.

Для многих задач, в т. ч. приложениях для анализа и обобщения данных, особенного быстродействия и не требуется: для них вполне хватает производительности современных универсальных процессоров. В этих приложениях используется исключительно способность нейросетей к обучению, к извлечению скрытых в больших массивах информации закономерностей.

Для второй группы приложений — обработки сигналов в реальном времени, параллелизм нейровычислений является критическим фактором.

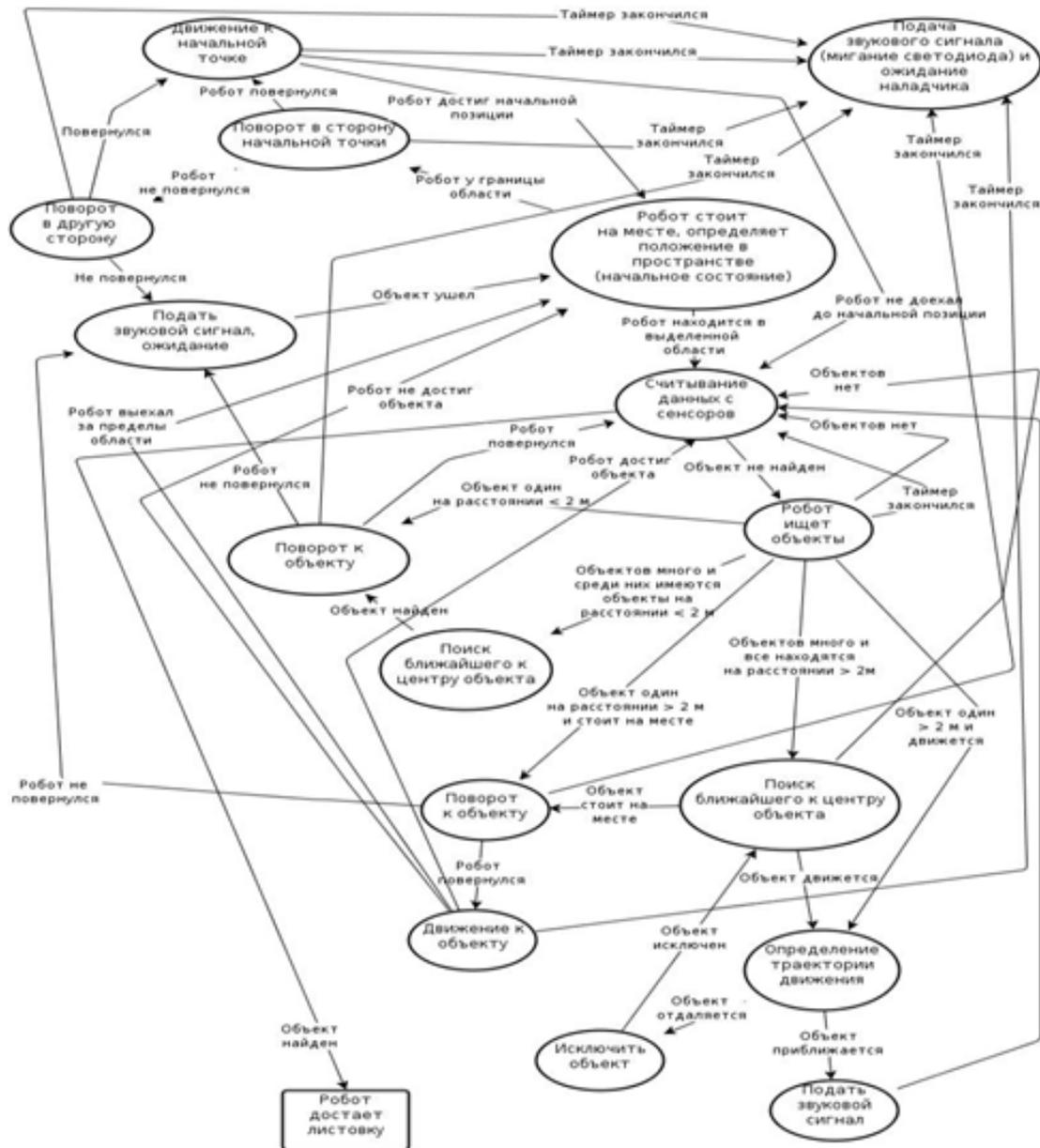


Рис. 2. Схема КА робота С'АРДУ

Интеллектуальные системы на основе искусственных нейронных сетей (ИНС) позволяют с успехом решать проблемы распознавания образов, выполнения прогнозов, оптимизации, ассоциативной памяти и управления.

Итак, система управления роботом С'АРДУ содержит в основе нейронную сеть, которая является одной из частей конечного автомата. ИНС предназначена для распознавания различных образов и модулирования поведения робота в зависимости от типа распознанного объекта.

Одним из многочисленных преимуществ нейронных сетей является возможность запоминать полученные данные, «учиться на своих ошибках». В частности, в результате внедрения в систему управления роботом нейронной сети решается проблема хаотичного поведения робота в толпе, у него появляется возможность запоминать образы, а также корректировать поведение без особых усилий со стороны разработчика.

Аппаратные потребности проекта полностью покрываются посредством использования одноплатного компьютера под управлением Windows CE с тактовой частотой 700 МГц и модулем оперативной памяти на 256МБ-512МБ, размещенными по технологии «package-on-package» непосредственно на процессоре [3].

Микроконтроллер ATmega328P, сочетающий в одном кристалле функции процессора и периферийных устройств, управляет всеми сенсорными устройствами робота [4]. Эти устройства представляют собой группу датчиков с возможностями сложной обработки сигналов, настройки и регулирования параметров и стандартным интерфейсом системы управления: UZ-дальномер, IC-дальномер, датчики касания, акселерометр, энкодеры.

На роли нейронной сети в упрощении процедуры принятия решений и ее связи с механическими особенностями передвижения робота следует остано-

виться более подробно. Каждое состояние конечного автомата в данном случае можно сравнить с «функцией», а органы чувств робота с биологическим интеллектом — водителем.

Существует множество входов: то, что видит «водитель» (камера). Эти данные обрабатываются, и реакция «водителя» является выходом из функции. Функция преобразует значение (одно измерение) в (одно измерение). В проекте применена нейронная сеть обратного распространения сигнала от датчика к контроллеру, поскольку такие нейронные сети способны аппроксимировать любую функцию с областями определения и значения, которые могут иметь несколько измерений. Только для сети, состоящей из нескольких нейронов, существует возможность вычислить вес, необходимый для получения приемлемого результата. Единственная проблема в данном случае — увеличение сложности вычислений по мере увеличения числа нейронов.

После обучения, нейронная сеть реагирует, выдает результат близкий к желаемому при подаче известного результата, и «угадывает» правильный ответ при любом входе, не соответствующем обучающему.

Благодаря разработанной системе робот получает возможность совершать ряд запрограммированных действий в зависимости от ситуации, в которую он попадает. Простейший алгоритм подразумевает ориентацию в пространстве (объезд препятствий, обнаружение других опасных объектов), поиск необходимого объекта (человека), совершение действий в зависимости от дополнительных факторов (расстояние, относительное расположение).

Для обработки и передачи входящих изображений система использует простейшую камеру 1.0 МПкс.

Робот запрограммирован с помощью интегрированной среды разработки Arduino. Данная среда разработки представляет собой кроссплатформенное приложение на Java, включающее в себя редактор кода, компилятор и модуль передачи прошивки в плату [4]. Язык программирования Arduino основан на C/C++.

Роботизированный объект, который является конечным продуктом данного проекта, выступает, тем не менее, как промежуточный образец для применения разработанной системы управления, а также дальнейшей работы по совершенствованию алгоритмов управления.

Таким образом, снабженный разработанной системой управления, в основе которой лежат КА и нейронная сеть, робот способен выполнять базовые операции, характерные для подобного уровня устройств. В плане развития разработки в настоящее время ведется анализ данных по проекту «Робот-поводырь».

Список литературы

1. Теория и реализация языков программирования / В. А. Серебряков, М. П. Галочкин, Д. Р. Гончар и др. М. : МЗ-Пресс, 2006.
2. Yegnanarayana, Вю Artificial Neural Networks. PHI Learning Pvt. Ltd., 2009.
3. Raspberry Pi |An ARM GNU/ Linux [Электронный ресурс]. URL: <http://www.raspberrypi.org>.
4. Соммер, У. Программирование микроконтроллерных плат Arduino/Freduino. СПб. : БХВ-Петербург, 2012

МНОГОЗНАЧНАЯ И НЕЧЕТКАЯ ЛОГИКИ В ОНТОЛОГИЧЕСКОМ АНАЛИЗЕ ДАННЫХ

Рассматривается проблема автоматического построения онтологий предметных областей с помощью онтологического анализа данных. Исследуется генезис, формализация и обработка нестрогих формальных контекстов при выводе онтологических спецификаций на основе анализа формальных понятий. Для работы с неполными и противоречивыми данными используется многозначная логика V^{TF} и нечеткая логика.

Онтологический анализ данных (ОАД) — метод обработки информации, который применяется для автоматизации формирования понятийной структуры, описывающей представленную данными предметную область (ПрО) согласно принципам аналитической философии и оснований математики. ОАД определяет информационную технологию извлечения знаний из эмпирических данных в виде неоднородных семантических сетей, которые соответствуют современным представлениям о формальных онтологиях ПрО [1].

ОАД устанавливает связь между классическим анализом данных (АД) [2] и анализом формальных понятий (АФП) [3]:

- используется общепринятая точка зрения, что исходный экспериментальный материал, представляющий ПрО, имеет форму таблицы «объекты-свойства» (ТОС), где строки соответствуют объектам, составляющим эмпирическую выборку G^* объектов исследуемой ПрО ($G^* \subseteq G$, $|G^*| = r > 0$, G — множество всех объектов ПрО), а столбцы — множеству свойств объектов M , $|M| = s > 0$, фиксируемых измерительными процедурами, которыми располагает исследователь;

- в отличие от АД предполагается нормальное (безошибочное) выполнение измерительных процедур, но учитывается, что всякое «измерение» объекта ПрО может дать два особых результата: «None» свидетельствует о «семантическом несоответствии» исследуемого объекта и измерительной процедуры, о нахождении значения измеряемого свойства за порогами чувствительности, вне динамического диапазона средства измерений и др.; «Failure» указывает на невыполнение задачи измерений (отказ, сбой измерительного средства, воздержание при голосовании и т. п.);

- ТОС преобразуется в матрицу инцидентности «объекты-свойства» $B = (\|b_{ij}\|)_{i=1, \dots, r; j=1, \dots, s}$, где $\|b_{ij}\| \in \{0, 1\}$ или, равно, $\|b_{ij}\| \in \{\text{Ложь}, \text{Истина}\}$ — эмпирические оценки истинности базовых семантических суждений (БСС) онтологического анализа: $b_{ij} = \langle \text{объекту } g_i \in G^* \text{ присуще свойство } m_j \in M \rangle$;

- формальная онтология выводится из тройки (G^*, M, B) — формального контекста (ФК) ПрО, в результате специального анализа соответствия Галуа, индуцируемого соответствием B между подмножествами множества G^* и подмножествами множества M .

Несмотря на эффективность ОАД, очевидно, что для указания истинности БСС естественнее употреблять истинностные значения, вводимые нечеткой логикой

или же многозначными логиками. В этом смысле сегодня, пожалуй, наибольшей мощностью моделирования обладают векторные логики [4]. В частности, в многозначной логике класса V^{TF} истинность БСС будет оцениваться вектором $\langle \text{Истина}, \text{Ложь} \rangle$:

$$\bar{b}_{ij} = \langle b_{ij}^+, b_{ij}^- \rangle; b_{ij}^+, b_{ij}^- \in [0, 1],$$

где компонент, или аспект истинности, b_{ij}^+ — Истина, формируется свидетельствами, подтверждающими БСС, а компонент (аспект) b_{ij}^- — Ложь, — отрицающими БСС. Ожидание большей адекватности нестрогаго ФК [5], в котором соответствие B задано матрицей векторов \bar{b}_{ij} , можно объяснить тем, что Истина и Ложь БСС на практике зачастую определяется независимым комплексом свидетельств так, что Ложь не выводима из отсутствия (дефицита) Истины, а Истина — из отсутствия (недостачи) Лжи.

Ясно, что для построения нестрогаго ФК нужна более содержательная основа, чем обычная ТОС, т. е. такие исходные данные, которые допускают (сохраняют) возможность многозначного заключения об истинности БСС ПрО. Конструктивный ответ о составе подобных данных дает морфологический анализ ТОС, вскрывая реалии накопления эмпирической информации [6]:

- учет сведений о многократных независимых измерениях свойства $m_j \in M$ у объекта $g_i \in G^*$ (т. е. многократная проверка каждого, вообще говоря, БСС);

- использование нескольких различных процедур для измерения свойства m_j (конгруэнтность части источников свидетельств об истинности БСС);

- дифференциация доверия к различным измерительным процедурам (разница в доверии к различным источникам сведений об истинности БСС).

Совокупность таких сведений — обобщенная ТОС₂ образует гиперматрицу $A = (\bar{a}_{ij})_{i=1, \dots, r; j=1, \dots, s}$, где $\bar{a}_{ij} = ({}^k a_{ij})_{k=1, \dots, k_j}$ — вектор результатов k_j повторных измерений j -го свойства у i -го объекта. Столбцы гиперматрицы A , во-первых, помечены некоторой оценкой доверия к соответствующей измерительной процедуре, а, во-вторых, разделены на непересекающиеся подмножества конгруэнтных измерительных процедур, направленных на измерение одного и того же свойства у объектов ПрО.

Методика обработки обобщенной ТОС в рамках парадигмы V^{TF} -логики, когда $\|b_{ij}\| = \bar{b}_{ij}$, описана в [5], где:

- дана интерпретация сведений об одно- и многократных измерениях свойства объекта при наличии среди результатов измерений значений None и Failure;

– из множества правил совмещения свидетельств, допустимых в векторных логиках, выбрано релевантное задаче оценки истинности отдельного БСС при многократных измерениях соответствующего свойства объекта («схема усиления-усреднения»);

– проанализирована возможность применения V^{TF} -логики для моделирования меры доверия к источникам информации и предложена простейшая модель учета степени доверия к измерительным процедурам в виде скалярных мер $(t_j)_{j=1,\dots,s} \in [0, 1]$;

– определен способ «свертки» информации из конгруэнтных столбцов обобщенной ТОС, в основу которого положена схема усиления-усреднения при совмещении свидетельств векторной логики.

В результате получаем нестрогий ФК (G_0, M_0, B) , где:

– $G_0 = G^* \cup G_U$, G_U — множество «неопознанных» объектов, $|G_U| \geq 0$;

– $M_0 = M^* \cup \{m_U\}$, M^* — множество различных измеряемых свойств объектов ПрО, $|M^*| = s + 1 - \sum_{m=1}^l |J_m|$, J_1, \dots, J_l — множества индексов конгруэнтных столбцов обобщенной ТОС, $J_n \cap J_m = \emptyset$ при $m \neq n$ ($m, n = 1, \dots, l$), $|J_m| \geq 1$, m_U — искусственно вводимое свойство «объект неопознан имеющимися измерительными процедурами», $M \cap \{m_U\} = \emptyset$;

– $B = (\bar{b}_{ij})_{i=1,\dots,r_0; j=1,\dots,s_0}$, $r_0 = |G_0|$, $s_0 = |M_0|$, и \bar{b}_{ij} можно рассматривать как векторный показатель принадлежности свойства m_j априори неизвестному множеству M_i свойств объекта g_i . Это означает, что M_i — нестрогое подмножество [4] универсума M_0 .

В [6] показано, что практически полезная онтологическая спецификация может быть выведены лишь из ФК с полностью определенным соответствием «объекты-свойства» (стандартный ФК). Поэтому нестрогое соответствие B в (G_0, M_0, B) требуется заменить обычным, служащим α -аппроксимацией B :

$$B^{(\bar{\alpha})} = (b^{(\bar{\alpha})}_{ij})_{i=1,\dots,r_0; j=1,\dots,s_0},$$

$$b^{(\bar{\alpha})}_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если } b_{ij}^+ \geq \alpha^+, b_{ij}^- \leq \alpha^-; \\ 0 & \text{в противоположном случае} \end{cases},$$

где $\bar{\alpha} = (\alpha^+, \alpha^-)$, α^+ — порог доверия свидетельствам, подтверждающим БСС, α^- — порог доверия свидетельствам, отрицающим БСС, $\alpha^+, \alpha^- \in [0, 1]$.

В ОАД неполнота информации о ПрО обусловлена, прежде всего, учетом при измерениях значения **Failure**. Ограниченность же выборки G^* проявляется особым образом при измерении валентностей — специальных свойств объектов, проявления которых формируют различные отношения между объектами ПрО [1]. Отражение такой «методической» неполноты данных вполне органично в рамках нечеткой логики: стандартный ФК заменяется нечетким, где используется нечеткая оценка истинности БСС [6]. Необходимый переход от нечеткого ФК к стандартному осуществляется на основе α -аппроксимации, а также теоремы об аппроксимации нечеткого отношения ближайшим четким [7].

Следуя методике, изложенной в [6], можно показать, что из данного нестрогого ФК при варьировании порога $\bar{\alpha}$ может быть получено конечное число различных

онтологий ПрО. При этом наблюдается и обнаруженный в [6] эффект обеднения онтологических спецификаций как с ужесточением требований к истинности БСС ПрО, так и при их значительном смягчении.

Таким образом, для моделирования истинности БСС онтологического анализа ПрО (т. е. суждений о наличии у объектов ПрО тех или иных априори указанных свойств) при работе с неполными и противоречивыми данными, характерными для эмпирического исследования предметной области, ОАД должен опираться на модели многозначной и нечеткой логики.

При обработке исходных данных о ПрО, представленных обобщенной таблицей «объекты-свойства», для интерпретации реального осуществления измерительных процедур (независимость друг от друга актов измерения, ограниченность динамических диапазонов, возможность отказа от измерения) эффективно применение векторной V^{TF} -логики с двумя аспектами (*Истина* и *Ложь*), включая разработанную в ней теорию объединения свидетельств и другие формализмы.

Промежуточный результат ОАД — нестрогий ФК, не влечет пересмотр способа применения АФП для построения онтологических спецификаций, и дополнительно требует лишь устанавливать величину порога доверия к исходным данным, задаваемого в рамках парадигмы многозначных векторных логик.

Список литературы

1. Смирнов, С. В. Онтологический анализ предметных областей моделирования // Изв. Самар. науч. центра РАН. 2001. Т. 3, № 1. С. 62–70.
2. Загоруйко, Н. Г. Прикладные методы анализа данных и знаний. Новосибирск : Ин-т математики СО РАН, 1999.
3. Ganter, B. Formal Concept Analysis. Mathematical foundations / B. Ganter, R. Wille. Berlin; Heidelberg: Springer-Verlag, 1999.
4. Аршинский, Л. В. Векторные логики: основания, концепции, модели. Иркутск : Иркут. гос. ун-т, 2007.
5. Офицеров, В. П. Использование V^{TF} -логики для определения формальных контекстов и построения онтологий предметных областей / В. П. Офицеров, С. В. Смирнов // Проблемы управления и моделирования в сложных системах : тр. XV междунар. конф. (25–28 июня 2013 г., Самара, Россия). Самара : Самар. науч. центр РАН, 2013. С. 291–297.
6. Смирнов, С. В. Нечеткие формальные контексты при построении онтологий на основе анализа формальных понятий: происхождение и использование // Знания — Онтологии — Теории : тр. Всерос. конф. с междунар. участием (14–16 сентября 2007 г., Новосибирск, Россия). Т. 2. Новосибирск : Ин-т математики СО РАН, 2007. С. 17–25.
7. Дробышев, Ю. П. Аппроксимация нечетких отношений / Ю. П. Дробышев, В. В. Пухов // Эмпирическое предсказание и распознавание образов. 1978. Вып. 76. С. 75–82.

МОДЕЛЬ ГЕНЕРАЦИИ УЧЕБНЫХ ВОПРОСОВ НА ОСНОВЕ ОНТОЛОГИЧЕСКОГО ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 12-07-00550-а)

Описывается модель автоматической генерации вопросов на основе форм всевозможных запросов к БД. В таблицах реляционной БД представляется модель прикладной онтологии предметной области «Информатика». Каждый контрольный вопрос описывается на трех уровнях: онтологический уровень, лексический уровень и уровень реализации (SQL-форма запроса).

Введение

Как показывает практика, тестирующая подпрограмма является важным компонентом современных автоматизированных обучающих систем, повышающей их эффективность. При этом наиболее наукоемкой и ресурсоемкой задачей является разработка качественного теста, позволяющего достоверно оценить уровень знаний обучаемого. Соответственно, одной из актуальных задач становится разработка программных средств, обеспечивающих автоматическое создание вопросов и моделей ответов, служащих разрешению проблемы трудоемкости и способствующих повышению качества контроля знаний обучаемых. Автоматическая генерация вопроса по учебному тексту является сложной задачей и в общем случае требует полнофункционального анализа текста, включающего морфологический, синтаксический, семантический анализ.

Далее рассмотрим ряд работ, в которых описываются методы, используемые в современных российских и зарубежных исследованиях для решения этой задачи. В работах [1; 5] рассматривается подход автоматической генерации вопросов с вариантами ответов, заключающийся в распознавании наиболее важных термов и именованных сущностей и определении семантических отношений между ними без конкретизации типов этих отношений или специфики их языковой реализации. Основная идея в работе [2] — порождение вопросов, основываясь на шаблонах, выделенных из множества медицинских статей. В рамках этого направления имеется возможность добавлять новые статьи на медицинскую тематику, формировать вопросы по этим статьям и оценивать уровень знаний. В статье [3] описан метод автоматической генерации шаблонов-вопросов, с дальнейшим использованием системы WordNet и специальной онтологии тегов для разметки объектов и связей и порождения иерархии входных фактов. Авторы работы [4] описывают подход к генерации вопросов с ответами множественного (выборочного) типа из существующих онтологий. В статье [6] представлен метод порождения вопросов с вариантами ответа, который использует вопросы с вариантами ответов, находящиеся в публичном доступе. В работе [7] в качестве метода описания алгоритмов генерации вопросов ис-

пользуется подход к генерации комбинаторных множеств на основе дерева И/ИЛИ. В статье [8] авторы рассматривают метод автоматической генерации вопросов с вариантами ответов для тестового контроля знаний, с использованием шаблонов на основе имеющегося табличного представления данных.

Модель генерации учебных вопросов

В статье предложена модель генерации учебных вопросов на основе онтологического представления предметной области «Информатика». Прикладная онтология данной предметной области представляется в таблицах реляционной базы данных (БД). Для представления онтологии определены 8 типов таблиц, в которых представляются объекты, бинарные предикаты (бинарные отношения), свойства объектов, бинарные простые функции (функции, определяемые на множестве объектов), бинарные сложные функции (функции, определяемые на множестве функций), n -местные сложные функции, синонимы объектов и классы объектов. Например, предложение «Программа и данные должны быть загружены в оперативную память», представляется в виде простой бинарной функции (табл. 1).

Таблица 1

Пример простых функций

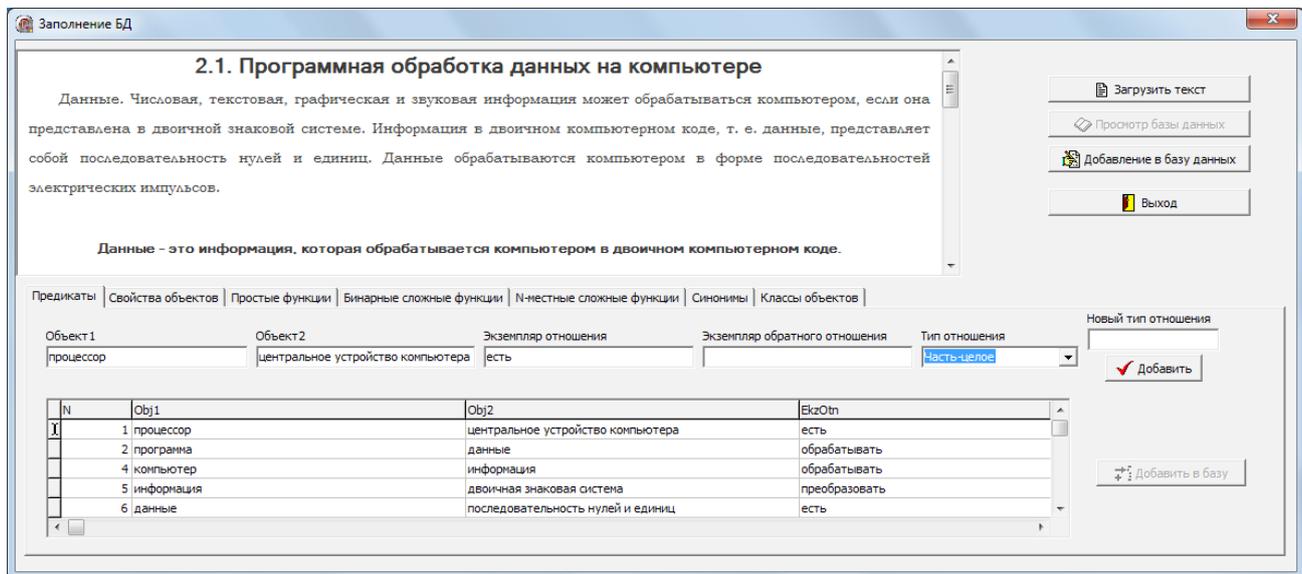
№ п/п	Имя функции	Аргумент 1	Аргумент 2
1	загрузка	программа	оперативная память
2	загрузка	данные	оперативная память

Предложение «Процессор последовательно считывает команды программы, а также необходимые данные из оперативной памяти (1-я функция), выполняет команды (2-я функция), а затем записывает полученные данные обратно в оперативную память (3-я функция)» можно представить в виде 3-местной сложной функции (табл. 2)

Таблица 2

Пример n -местной сложной функции

№ п/п	Имя функции	Тип функции	Аргумент 1	Аргумент 2	Аргумент 3
1	обработка данных	последовательность	функция «считывать»	функция «выполнять»	функция «записывать»



Главная форма программы формирования модели предметной области

Здесь функции «считывать», «выполнять» и «записывать» являются простыми бинарными функциями и описываются как в табл. 1.

Для представления знаний о предметной области в таблицах многоместных отношений разработана архитектура БД и реализован программный модуль для автоматизированного заполнения таблиц БД объектами, выделенными из текста. Главная форма приложения (рисунок) содержит две основные рабочие части: область для работы с текстом и область для работы с таблицами.

Текстовые объекты формируют конкретный экземпляр отношения в строке соответствующей таблицы отношений или конкретный экземпляр свойства в таблице свойств. При заполнении полей таблицы происходит автоматическая пословная лемматизация. Дальнейшее развитие функционала программы будет связано с введением новых схем отношений и их автоматическим распознаванием в тексте.

Вопросы по предметной области генерируются как всевозможные запросы к БД. Выделяются простые и сложные запросы. Простые запросы задаются относительно одной таблицы, при построении сложных запросов используются несколько таблиц. Каждый контрольный вопрос описывается на трех уровнях:

- онтологический уровень (представление запроса в структурах онтологии);
- лексический уровень (представление запроса в естественно-языковой (ЕЯ)-форме);
- уровень реализации (SQL-форма запроса).

Примером простого запроса является запрос типа: «Указать объект X_1 , который состоит в заданном отношении R_1 с заданным объектом Y_1 ».

Онтологический уровень: Объект1(= X_1)? + Имя отношения(= R_1) + Объект2(= Y_1).

Лексический уровень: Объект1(= X_1)? → «что?», Имя отношения (= R_1) → «являться», Объект2 (= Y_1) → «центральное устройство компьютера».

ЕЯ-форма: «Что является центральным устройством компьютера?».

Уровень реализации: SQL-запрос к соответствующей таблице БД.

К сложным запросам относятся, например, запросы типа:

1) указать общие значения $V_1 \dots V_M$ заданного свойства P для объектов $X_1 \dots X_N$ из заданного класса K ;

2) указать объекты $X_1 \dots X_N$ из заданного класса K , имеющие заданные значения $V_1 \dots V_M$ заданного свойства P .

В модели выделены 19 типов вопросов (простых — 14, сложных запросов — 5). Для всех типов вопросов полностью реализовано два уровня представления:

- онтологический уровень автоматически строится из структур таблиц БД;
- уровень реализации выполняется с помощью соответствующего SQL-запроса.

Сложность реализации лексического уровня связана с синтезом ЕЯ-формы вопроса. Для решения этой проблемы предлагается использовать подход на основе расширяемых шаблонов, который реализуется с помощью специальной программы «Конструктор вопроса», которая содержит наборы постоянных и переменных составляющих вопроса.

Заключение

В статье предложена модель генерации учебных вопросов, в которой знания о предметной области представляются в таблицах многоместных отношений, которые реализуются в виде БД. Вопросы по учебному курсу генерируются как всевозможные запросы к БД. Разработанная модель открыта для пополнения знаний.

Список литературы

1. Afzal, N. Automatic generation of multiple choice questions using dependency-based semantic relations / Naveed Afzal, Ruslan Mitkov // Soft Computing, A Fu-

sion of Foundations, Methodologies and Applications. Berlin : Springer-Verlag, 2013.

2. Wang, W. Automatic Question Generation for Learning Evaluation in Medicine / Weiming Wang, Tianyong Hao, Wenyin Liu // *Advances in Web Based Learning – ICWL 2007. Lecture Notes in Computer Science*. 2008. Vol. 4823. P. 242–251.

3. Hao, T. Automatic Generation of Semantic Patterns for User-Interactive Question Answering / Tianyong Hao, Wanpeng Song, Dawei Hu et al. // *Information Retrieval Technology. Lecture Notes in Computer Science*. 2008. Vol. 4993. P. 632–637.

4. Alsubait, T. Automatic generation of analogy questions for student assessment: an Ontology-based approach / Tahani Alsubait, Bijan Parsia, Uli Sattler // *Research in Learning Technology*. 2012. Vol. 20. P. 95–102.

5. Papasalouros, A. Automatic Generation Of Multiple Choice Questions From Domain Ontologies / A. Papasalouros, K. Kanaris, K. Kotis // *E-Learning Conference*. Amsterdam, The Netherlands. 2008. P. 427–434.

6. Bhatia, A. S. Automatic Generation of Multiple Choice Questions Using Wikipedia. *Pattern Recognition and Machine Intelligence* / Arjun Singh Bhatia, Manas Kirti, Sujan Kumar Saha // *Lecture Notes in Computer Science*. 2013. Vol. 8251. P. 733–738.

7. Кручинин, В. В. Использование деревьев И/ИЛИ для генерации вопросов и задач // *Вестн. Томск. гос. ун-та*. 2004. № 284. С. 182–186.

8. Кручинин, В. В. Модели генераторов вопросов для компьютерного контроля знаний / В. В. Кручинин, Ю. В. Морозова // *Открытое и дистанционное образование*. 2004. № 2. С. 52–62.

УПРАВЛЕНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВУЮЩИМИ ПРОЦЕССАМИ НА ОСНОВЕ ИНТЕГРИРОВАННОЙ МОДЕЛИ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ЗНАНИЙ

Работа выполнена в соответствии с грантом РФФИ 13-08-00321

Рассматривается процесс построения интегрированной модели представления и обработки знаний во взаимодействующих процессах с целью обеспечения однозначного понимания понятий, используемых при управлении взаимодействующими деловыми процессами.

1. Особенности управления взаимодействующими процессами

Управление взаимодействующими деловыми процессами определяется рядом факторов, связанных с особенностями организации, функционирования и состояния предприятий. Эффективность функционирования предприятия в значительной мере зависит от эффективности сложившейся системы управления на данном предприятии. Анализ управления взаимосвязанными и взаимодействующими процессами показывает, что принятие решений осуществляется коллективами управляющих деловыми процессами с использованием различных источников информации, критериев эффективности и методов принятия решений. В подобных условиях требуется всесторонняя, объективная оценка ситуации и перспектив ее развития, отчетливое понимание направлений и задач деятельности, знание возможностей и ресурсов, необходимых для управления ситуацией. Это значительно повышает ответственность тех, кто принимает решения, предъявляет высокие требования к их компетенции и личностным качествам. Для совместной работы управляющих разработаны специальные методы и средства поддержки коллективного взаимодействия: видео- и аудио-телеконференции, электронная почта, средства распространения текстовых файлов и презентаций в корпоративных сетях Intranet, системы электронного документооборота. При этом лицо, принимающее решение (ЛПР), как правило, пользуется различными источниками информации. Эта информация часто разнородна, неоднозначна и неполна. Поэтому знания об управлении взаимодействующими процессами необходимо эффективно представлять и обрабатывать.

2. Разработка интегрированной модели представления знаний

В соответствии с особенностями представления и обработки знаний об управлении взаимодействием сложных процессов предлагается построить интегрированную модель представления и обработки знаний. Данная модель строится по результатам объектно-когнитивного анализа и моделирования и лежит в основе управления взаимодействующими процессами. Когнитивный подход к поддержке принятия решений ориентирован на то, чтобы активизировать интеллектуальные процессы субъекта и помочь ему зафиксировать свое представление проблемной ситуации в виде фор-

мальной модели [1]. Модель является системным описанием знаний, используемых в процессе управления. Предлагаемые принципы и технологии моделирования позволяют с различных точек зрения описать сложные системы, которые содержат огромное число элементов и связей, для функционирования которых требуются большие объемы информации и знаний, сокращая при этом время, требуемое на их разработку, повышая качество формализации предметной области и точность предоставляемых решений. Разработка интегрированной модели включает следующие этапы:

- приобретение и идентификация знаний в области управления взаимодействующими процессами и разработка на их основе объектной модели управления знаниями на языке Unified Modeling Language (UML), содержащей диаграммы требований к организации поддержки принятия решений и включающей когнитивные элементы управления знаниями;

- преобразование объектной модели в онтологию поддержки принятия решений на основе дескрипционной логики, т.е. представление ее в виде семантической сети классов объектов, выраженных через однозначно понимаемые понятия, и отношений между ними на языке Web Ontology Language (OWL DL);

- формирование на основе разработанной онтологии правил поддержки принятия решений для отражения устойчивых причинно-следственных связей между классами объектов, отраженных в аксиомах, а также разработка базы прецедентов проблемных ситуаций на языке eXtensible Markup Language (XML).

Объектная модель управления знаниями в процессе поддержки принятия решений показывает классы сущностей деловых процессов и динамику взаимодействия между классами при выполнении потоков работ [2]. Приобретение знаний может осуществляться на основе информации, содержащейся в документах, регламентирующих деловые процессы; внутренних методиках, регламентах и инструкциях; информации, содержащейся в базах данных, включающих характеристики деловых процессов, используемых для принятия решений; слабо структурированной информации, представленной в виде эвристик экспертов в заданной области управления; интеллектуального анализа данных для выявления скрытых закономерностей, отношений между элементами предметных знаний. Эксперты в области деловых процессов должны иметь возможность определять и

поддерживать реализацию деловых процессов на понятном им языке (естественный язык делового общения, язык визуального моделирования). Для моделирования деловых процессов существуют методологии моделирования (SADT, OOA&D, ARIS) и соответствующие им технологии моделирования. Важно показать динамику взаимодействия управляющих при реализации деловых процессов. Наилучшие возможности для этого предоставляет методология объектного моделирования, так как включает динамические модели кооперации и взаимодействия классов объектов, участвующих во взаимодействии сложных процессов.

Разработанная объектно-ориентированная модель управления знаниями позволяет на начальных этапах проектирования сформировать некую формализованную базу знаний о процессах, протекающих в рамках рассматриваемой предметной области, и служит основой для разработки онтологии поддержки принятия решений, в соответствии с определенной взаимосвязью элементов объектной и онтологической моделей.

Онтологическая модель (онтология) представляет собой семантическую сеть понятий в области управления взаимодействующими деловыми процессами, а также в области моделей и методов поддержки принятия решений в проблемных ситуациях. Исходная объектная модель содержит требования к организации поддержки принятия решений и включает когнитивные элементы поддержки принятия решений. Рассматриваемая модель преобразуется на основе дескрипционной логики, в результате чего строится онтология поддержки принятия управленческих решений.

В процессе моделирования устанавливаются парадигматические отношения между когнитивными элементами процесса управления (причинно-следственные *RC*, отношения сходства *RS*), а также отношения обобщения, ассоциации, зависимости и реализации, необходимые для разработки комплекса объектно-ориентированных моделей процесса управления. Дескрипционные логики оперируют понятиями концепта и роли, соответствующим в онтологии понятиям класса и бинарного отношения. Концепты дескриптивной логики используются как инструмент для записи знаний об описываемой предметной области. Эти знания подразделяются на общие знания о понятиях и их взаимосвязях (интенциональные знания) и знания об индивидуальных объектах, их свойствах и связях с другими объектами (экстенциональные знания). Первые более стабильны и постоянны, вторые более подвержены модификациям. В соответствии с этим делением, записываемые с помощью дескриптивной логики знания подразделяются на набор терминологических аксиом (*T-Box*) и набор утверждений об индивидах (*A-Box*) [2]. Основные задачи дескрипционных логик сводятся к обобщению (проверке того, является ли одна категория подмножеством другой путем сравнения их определений) и классификации (определению принадлежности некоторого объекта к какой-то категории).

При разработке систем управления знаниями достаточно сложной является задача извлечения, формулирования, структурирования и представления информации,

т.е. данных и знаний. В рамках данного исследования была выбрана модель представления знаний на основе онтологии поддержки принятия решений. Онтологическая модель является основой разработки базы знаний системы поддержки принятия решений. Онтология обеспечивает общий словарь для решения задач управления, определяет семантику сообщений и отвечает за интерпретацию контекста сообщения. Таким образом, онтология создает основу для того, чтобы при управлении взаимодействующими процессами стороны, обменивающиеся информацией, могли правильно понимать друг друга. Онтология поддержки принятия решений обеспечивает организацию информационной поддержки пользователей на основе реализации запросов к онтологии [3]. Модель представления знаний в области управления взаимодействующими процессами включает правила принятия решений, а также прецеденты проблемных ситуаций в совокупности с принятыми решениями, обобщающие опыт экспертов в рассматриваемой предметной области. По результатам моделирования разрабатывается структура базы знаний, которая соответствует иерархии задач поддержки принятия управленческих решений в проблемных ситуациях, приведенной в онтологии поддержки принятия решений.

Таким образом, разработана интегрированная модель представления и обработки знаний, включающая объектную модель управления знаниями при управлении взаимодействующими процессами, онтологическую модель поддержки принятия решений и модель формирования правил и прецедентов непосредственно в онтологии поддержки принятия решений. Разработанная интегрированная модель содержит общие когнитивные элементы, характерные для поддержки принятия коллективных решений: понятия, входящие в словарь предметной области управления взаимодействующими процессами; понятия, необходимые для обработки знаний, представленные в правилах и прецедентах проблемных ситуаций; понятия, используемые в математических моделях и методах оптимизации решений.

Список литературы

1. Низамутдинова, Р. И. Поддержка принятия решений при управлении взаимодействующими строительными процессами / Р. И. Низамутдинова, Н. И. Федорова // Науч.-техн. вестн. С.-Петербург. гос. политехн. ун-та. Информатика. Телекоммуникации. Управление. 2011. № 5 (133). С. 43–48.
2. Черняховская, Л. Р. Формирование правил принятия решений в управлении проектами по результатам онтологического анализа / Л. Р. Черняховская, А. И. Малахова // Проблемы управления и моделирования в сложных системах : тр. XV Междунар. конф. Самара : Самар. науч. центр РАН, 2013. С. 343–350.
3. Гаврилова, Т. А. Онтологический инжиниринг и коллективное формирование онтологий / Т. А. Гаврилова, И. А. Лещева, Э. В. Страхович // Материалы 6-й Всерос. мультikonф. по проблемам управления. Т. 3. Ростов н/Д. : Изд-во Юж. федерал. ун-т, 2013. С. 86–90.

УПРАВЛЕНИЕ МНОЖЕСТВЕННЫМИ БАЗАМИ ДАННЫМИ ЕДИНЫМИ СРЕДСТВАМИ

Описываются подходы к мониторингу и управлению информационной системой в условиях трансформации и интеграции. Предложены метрики и подход к мониторингу информационной системы на основе расширения функционала системы Oracle Enterprise Manager.

Одной из современных тенденций в управлении информационными системами является подход с позиции жизненного цикла информационной системы (ИС). На протяжении всего времени существования ИС неоднократно модифицируется, развивается, образуя новые взаимосвязи с другими ИС. Одним из этапов этих трансформаций становится интеграция ИС.

В результате интеграции двух или более ИС возникает, по сути, новая ИС, которая для пользователя информационного ресурса представляется как новый единый источник [1. С. 1]. Полученная ИС повторно использует составные части программных средств за границами проектов предыдущих ИС. Эти процессы уникальны, поскольку, в соответствии с их природой, они используются вне границ какого-либо конкретного проекта [2. Пункт 5.2.2.2.3].

Классические же средства управления и мониторинга, как правило, нацелены в первую очередь на отслеживание работоспособности и функционирования отдельных подсистем ИС. Те же немногие комплексы, которые отслеживают работу ИС с позиции целого, в свою очередь ограничиваются небольшим набором метрик, отражающих доступность и в лучшем случае производительность ИС. С позиции же долговременного анализа и планирования развития ИС подобные метрики практически не пригодны к использованию. Для стратегического управления набором ИС организации требуется либо каждый раз проводить кропотливый ручной анализ, либо изменить подход к мониторингу ИС.

В работе предлагается ряд критериев мониторинга и пример модификации коммерческой системы управления ИС Oracle Enterprise Manager.

В настоящее время задача выбора критериев оценки в процессе осуществления интеграции нескольких ИС и оптимальной архитектуры интеграции является актуальной. Целью интеграции является объединение отдельных ИС по данным и реализация их совместного взаимодействия. При этом желательным условием является незначительное увеличение существующих требований к аппаратным ресурсам, и как следствие сохранение в прежнем объеме затрат на сопровождение ИС.

Логично вытекающими из этого критериями мониторинга будут размеры ИС по данным, нагрузка по аппаратным ресурсам, связность ИС, тенденции роста хранимых данных и качество результирующих данных в ИС, где под качеством данных понимает-

ся отсутствие дублирования, загрязнения и наличие метаинформации, описывающей структуры данных.

Дополнительно введем коэффициент прироста данных в ИС, являющийся отношением скорости прироста данных в ИС до интеграции к скорости прироста данных в ИС после интеграции, и коэффициент дублирования данных, являющийся отношением количества дублированных данных до и после интеграции.

Последние два коэффициента позволяют количественно оценить эффективность проведенной интеграции. В идеальном случае оба коэффициента должны быть меньше единицы. На практике же количество дублированных данных может временно увеличиться за счет необходимости поддерживать работу унаследованных приложений, а рост объема данных за счет использования кросс таблиц в полученной схеме данных.

Так как в имеющихся условиях большая часть ИС функционирует на основе систем управления базами данных (СУБД) Oracle, то в качестве инструмента сбора метрик было выбрано программное обеспечение управления и мониторинга Oracle Enterprise Manager.

Архитектурно Enterprise Manager состоит из агента, сервера управления и базы данных – хранилища конфигурации, интерфейс пользователя реализован на основе веб приложения [3].

Агент устанавливается на управляемый сервер, осуществляет сбор данных и ограниченные функции управления операционной системой, поддерживает полноценный мониторинг и управление базой данных, а также разнообразным набором сторонних систем, за счет дополнительных расширений.

Серверная часть совместно с базой данных хранилища осуществляет сбор и агрегацию данных от агентов, а так же поддерживает работу веб интерфейса пользователя.

На рис. 1 приведен пример интерфейса пользователя, по щелчку на вкладках доступен выбор списков состояния систем по типам (хосты, базы данных, сервера приложений и т. п.). Отсюда же можно перейти к мониторингу и управлению каждой системы в отдельности. Кроме непосредственного мониторинга текущей работы систем, поддерживаются средства формирования стандартных и пользовательских отчетов, средства формирования пользовательских метрик и настройки имеющихся.

Пользовательские метрики представлены двумя типами для базы данных и для хоста. Отличия в том, что для базы данных значение метрики возвращает

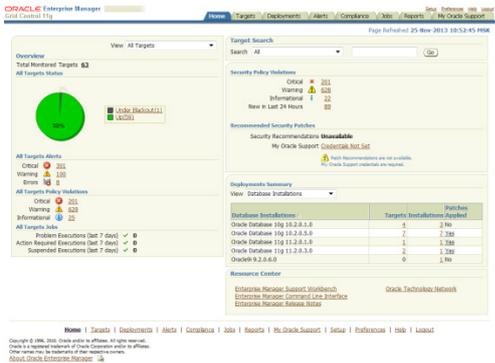
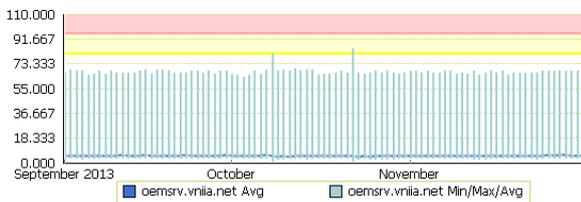


Рис. 1. Графический интерфейс Oracle Enterprise Manager

CPU Utilization (%)

Collected From Target 01-Sep-2013 06:00:00 MSK to 01-Dec-2013 12:00:00 MSK
View Data 01-Sep-2013 06:00:00 MSK - 01-Dec-2013 12:00:00 MSK

Metric Value



Tablespace Used Space (MB): Tablespace Name USERS

Collected From Target 01-Sep-2013 06:00:00 MSK to 01-Dec-2013 12:00:00 MSK
View Data 01-Sep-2013 06:00:00 MSK - 01-Dec-2013 12:00:00 MSK

Metric Value



Рис. 2. Примеры метрик хоста и базы данных

All Database Sizes

DB \	Allocated Space(GB)	Used Space(GB)	Free Space(GB)	Timestamp
ALFA	61.55	44.74	16.81	03.01.2014
ALFATEST	88.54	69.95	18.59	22.01.2014
BUHDB	26.17	12.12	14.05	22.01.2014
DB35	66.7	57.96	8.74	21.01.2014
ERPWORK	52.44	41.32	11.12	22.01.2014
OEMDB	17.27	12.38	4.89	21.01.2014
SEARCHDB	6.22	3.26	2.96	02.12.2013
TECHCARD2	31.33	19.13	12.2	22.01.2014
TECHTEST_TECHTEST	11.32	4.51	6.81	22.01.2014
VNIADB	27.49	11.67	15.82	22.01.2014
VNIQA_TEST	70.68	63.83	6.85	21.01.2014
VORKVNIQA	47.03	29.94	17.09	21.01.2014
WIND_WNCORADB	5.94	4.47	1.47	21.01.2014

Allocated Space(GB)	Used Space(GB)	Free Space(GB)
512.68	375.28	137.4

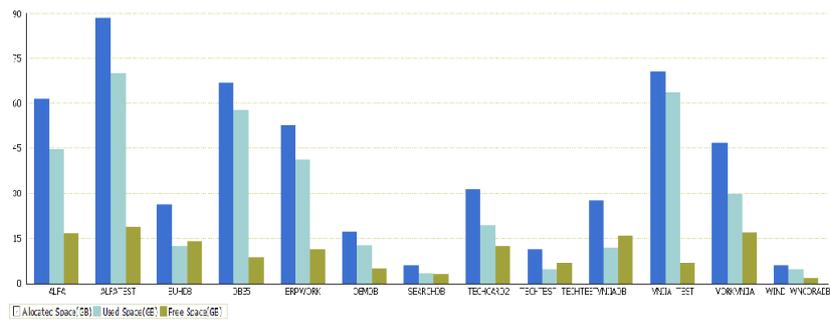
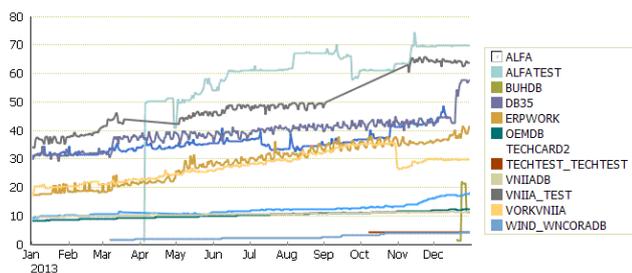


Рис. 3. Метрики размеров баз данных

History Used Space (GB)



History Allocated Space (GB)

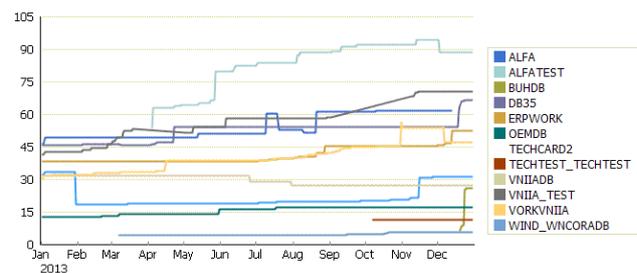


Рис. 4. Изменение размеров баз данных за период

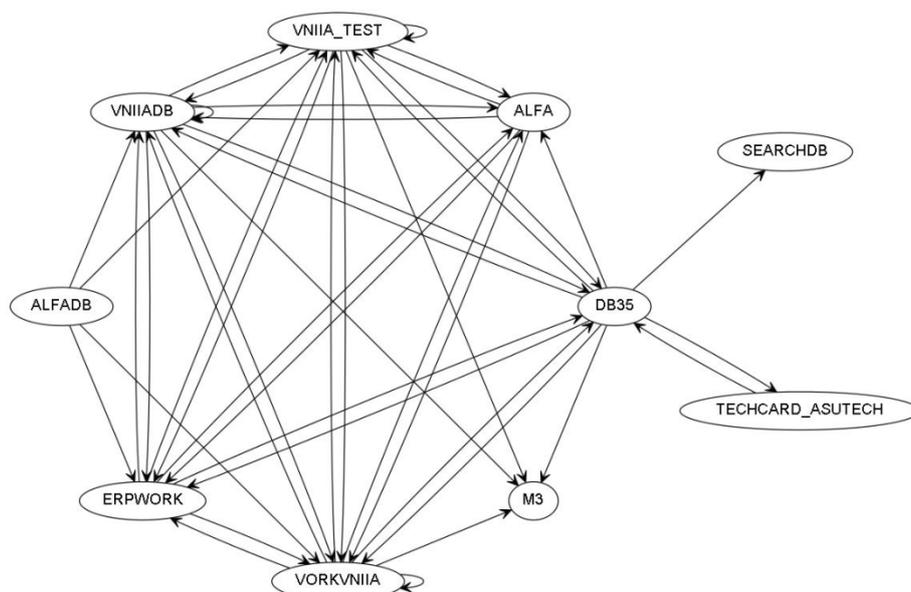


Рис. 5. Диаграмма связей между базами данных

SQLзапрос, а для хоста скрипт, реализованный на любом доступном языке разработки. Данные метрик за период могут быть представлены в виде простых графиков (рис. 2).

Более сложные метрики требуют уже разработки собственных средств сбора данных и соответствующих отчетов в Enterprise Manager.

Готовый отчет может включать в себя разнообразные элементы: диаграммы, списки, таблицы, текст, а так же элементы графики.

Ряд отчетов можно получить, непосредственно обращаясь к данным, собранным системами мониторинга. К примеру, основываясь на данных таблиц MGMT\$OS_HW_SUMMARY и MGMT\$METRIC_CURRENT, строится отчет о потребляемом и доступном месте на дисковых хранилищах в настоящее время (рис. 3), а данные за период на основе данных таблиц MGMT\$METRIC_DAILY, MGMT\$TARGET_TYPE (рис. 4).

Провести анализ связей ИС встроенными средствами не получится. Проведена доработка системы Enterprise Manager для решения поставленной задачи. Использовался тот факт, что все взаимодействия имеющихся ИС в рамках баз данных Oracle между собой организована основе технологии «DBLINK».

На первом этапе формируется таблица связей, путем автоматического опроса конфигурации «DBLINK» всех имеющихся баз данных. Далее при помощи запроса SQLформируется входящий файл для обработки последующей обработки при помощи утилиты «Graphviz» на выходе которой получаем граф связей между базами данных. Полученный рисунок подключается к отчету Enterprise Manager. Конечный вид диаграммы представлен на рис. 5.

Сформированный набор метрик и их изменения за период времени до и после проведения интеграции образуют инструментарий, позволяющий количественно проанализировать эффективность проводимых изменений в ИС.

Список литературы

1. Когаловский, М. Р. Методы интеграции данных в информационных системах. М. : Ин-т проблем рынка РАН, 2010.
2. ГОСТ Р ИСО/МЭК 12207-2010. Процессы жизненного цикла программных средств.
3. Руководство пользователя Oracle Enterprise manager administration 11G. Part number E16790-03. Oracle, 2010.

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТРЕБОВАНИЙ К ПРОГРАММНЫМ СИСТЕМАМ

Работа поддержана грантом РФФИ 13-08-00968.

Предлагается методология формирования требований к программным системам и проектам на основе различных подходов. Приведена структура методологии формирования требований.

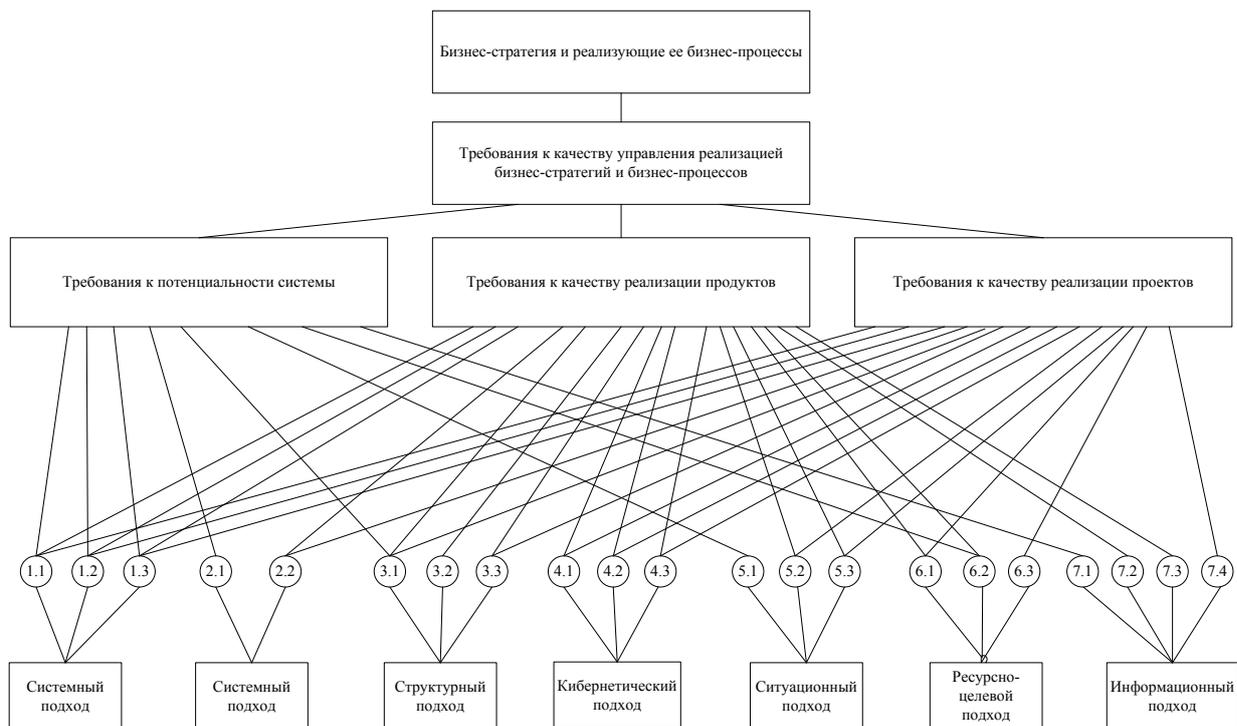
В литературе, посвященной вопросам управления качеством программных продуктов и проектов, подчеркивается важность построения эффективной системы управления требованиями к продукту. Анализ литературных источников позволяет утверждать, что ошибки, допущенные при формировании требований, влекут за собой тяжелые последствия, вплоть до провала проекта. Управление формированием требований необходимо рассматривать с позиций управления сложными системами. Функциональная архитектура системы управления требованиями имеет три составляющие: управление правообладателями; управление извлечением требований; управление представлением требований к конечному продукту. В области проектирования сложных систем существует большое количество методологий, различающихся целями, кругом охватываемых проблем, применяемыми методами исследований [1; 3; 4].

Авторами статьи предлагается методология формирования требований к программным системам и проектам на основе обсуждаемых ниже подходов, каждый из которых базируется на принципах создания и функционирования больших и сложных систем.

1. Системный подход как методология исследования предполагает изучение процессов формирования требований к создаваемой системе на основе общесистемных принципов. Реализация системного подхода применительно к формированию требований означает необходимость построения архитектуры, в состав которой входят три функциональные подсистемы: управления правообладателями, включая формирование состава правообладателей, выявление формальных и неформальных связей; изучения бизнес-стратегии системы; управления требованиями.

2. Динамический подход предусматривает рассмотрение изменения состава и содержания требований под действием внешних факторов, к которым относятся изменение потребностей, желаний и ожиданий внешних правообладателей, доступных ресурсов проекта, и в связи с уменьшением неопределенности проекта при переходе на последующие стадии. Нацеливает на изучение системы требований как динамического объекта, состояние которого изменяется под воздействием внешних и внутренних факторов.

3. Структурный подход требует изучения бизнес-архитектуры объекта с целью установления состава



Структура методологии формирования требований

и взаимозависимости между содержанием разных требований к основным, вспомогательным и обеспечивающим процессам и функциям. Структура требований является отображением текущей (*As Is*) и будущей (*To Be*) бизнес-стратегии. С другой стороны, на структуру требований оказывает влияние внутренняя среда проекта, зависящая от материальных и нематериальных активов проекта, что выражается посредством классификации требований по степени значимости/устойчивости.

4. Кибернетический подход как методология исследований и управления требует рассмотрения динамического объекта с точки зрения эффективного и целенаправленного управления на основе обратной

связи о внутреннем состоянии объекта и состоянии внешней среды.

5. Ситуационный подход предусматривает планирование и принятие решений в условиях неопределенности и противодействия окружающей среды. Формируется на основе обработки текущей информации и накопленных знаний и опыта путем переориентации требований на разных стадиях проекта в связи с изменением ресурсов проекта, состава правообладателей и т. д.

6. Ресурсно-целевой подход как методология исследования сложных систем предписывает целенаправленное распределение ресурсов по разным видам деятельности, связанным с исследованием

Представлены перечни основных задач, решаемых в рамках каждого из упомянутых подходов

Наименование подхода	Основные задачи
Системный подход	Отображение целей бизнес-стратегии и бизнес процессов в требования к качеству проекта. Формирование систем требований к проекту, согласованных с видением разных правообладателей. Формирование рациональной системы требований с учетом ограничений на ресурсы проекта
Динамический подход	Изменение состава и содержания требований к внешнему облику системы под действием факторов внешней среды (изменения бизнес-стратегии, структуры и параметров бизнес-процессов). Целенаправленное изменение состава и содержания требований при переходе на очередную стадию проекта
Структурный подход	Выявление и анализ взаимосвязей между требованиями основного, вспомогательного и обеспечивающего бизнес-процессов. Классификация требований по степени важности/устойчивости. Выявление и анализ взаимосвязей между требованиями к проекту как основа построения сбалансированной, реалистичной, непротиворечивой, однозначной, модернизируемой и трассируемой системы требований. Выявление характера взаимосвязей между группами правообладателей
Кибернетический подход	Рассмотрение проекта как целостного организма. Итерационное изменение требований по мере изменения бизнес-стратегии, структуры и параметров бизнес-процессов, ценностей правообладателей. Обеспечение согласованности между требованиями, соответствующими разным стадиям жизненного цикла. Обеспечение согласованности между требованиями
Ситуационный подход	Формирование структуры и параметров функциональных и нефункциональных требований. Целенаправленное изменение требований с учетом изменения представлений о ценностях правообладателей. Изменение стратегий управления реализацией требований, соответствующих разным стадиям жизненного цикла, с учетом изменения уровня неопределенности проекта
Ресурсно-целевой подход	Целенаправленное формирование системы требований к основным, вспомогательным и обеспечивающим продуктам и процессам, отражающим функциональные, организационные, технологические, информационные характеристики проекта с учетом ограничений на материальные и нематериальные ресурсы проекта. Формирование требований к ресурсному обеспечению проекта с учетом масштаба, сложности, назначения. Целенаправленное распределение ресурсов по разным процессам, входящим в состав проекта, с учетом рисков
Информационный подход	Представление результатов исследования бизнес-стратегии и бизнес-процессов в виде, позволяющем сформировать качественную систему требований к проекту. Формирование ограничений на характеристики качества с учетом характеристик качества наследуемых систем. Выбор стратегии реализации с учетом степени неопределенности целей создания и среды использования

бизнес-стратегии и бизнес-процессов, извлечением требований, формирования качественных требований и их документирования.

7. Информационный подход ориентирует на создание сложных информационных систем, реализующих комплексную обработку разноаспектной информации. В рамках этой методологии фокусом исследования являются: информационные потоки, связанные с изучением бизнес-стратегий и бизнес-процессов, изучение потребностей правообладателей, их ожиданий, анализ доступных ресурсов проекта, конструирование дорожной карты проекта.

В приведенной таблице представлены перечни основных задач, решаемых в рамках каждого из упомянутых подходов.

На рисунке приведена структура методологии формирования требований к основным, вспомогательным и обеспечивающим процессам. Ядром этой концепции является то, что требования к продуктам и процессам, с одной стороны, являются отображением бизнес-стратегии и связанных с нею бизнес-процессов; с другой, учитывают ограничения на материальные и нематериальные ресурсы проекта; с третьей, изменяющиеся в ходе реализации проекта ожидания и желания правообладателей.

Рост сложности и масштабов проектов, последствия стратегических ошибок, допускаемых на ранних стадиях проекта и обусловленных низким качеством требований, необходимость учета противоречивых инте-

ресов разных групп правообладателей, вовлеченных в проект, ограниченные ресурсы проектов, вынуждают разрабатывать эффективные системы управления. Это требует разработки методологических, методических, модельных, инструментальных, информационных основ управления формированием качественных требований к создаваемой программной системе. Одной из задач построения системы управления требованиями является разработка методологии формирования требований и построение на ее основе системных моделей, позволяющих с единых позиций описывать требования разных групп правообладателей.

Список литературы

1. Виттих, В. А. Организация сложных систем. Самара : Самар. науч. центр РАН, 2010.
2. Волкова, В. Н. Основы теории систем и системного анализа / В. Н. Волкова, А. А. Денисов. СПб : С.-Петербург. гос. техн. ун-т, 1999.
3. Гвоздев, В. Е. Пирамида программного проекта / В. Е. Гвоздев, Б. Г. Ильясов // Программная инженерия. 2011. № 1. С. 16–24.
4. Халл, Э. Разработка и управление требованиями / Э. Халл, К. Джексон, Д. Дик; пер. с англ. И. Корнипаева. Telelogic, 2005.
5. Yang, J. Exploring critical success factors for stakeholder management in construction projects / Jing Yang, Geoffrey Qiping Shen, Manfong Ho // J. of civil engineering and management. 2009. № 15 (4). P. 337–348.

ВОПРОСЫ СОЗДАНИЯ ЭЛЕКТРОННОЙ КОНСТРУКТОРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ ПРИ КОМПЛЕКСНОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ CREO PARAMETRIC И PDM-СИСТЕМЫ WINDCHILL

Представлены основные преимущества использования и рассмотрены вопросы создания электронной конструкторской документации в САПР Creo Parametric и PDM-системе Windchill в условиях ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт автоматики», являющегося разработчиком и изготовителем продукции.

В настоящее время на предприятиях отечественной промышленности имеется необходимость создания электронной конструкторской документации (ЭКД) полностью пригодной для дальнейшего использования в производстве. Это особенно важно для предприятий, являющихся одновременно разработчиками и изготовителями изделий в свете решения задачи повышения эффективности. Основными целями создания и использования ЭКД являются: ускорение процесса конструкторско-технологической подготовки производства, уменьшение количества ошибок при разработке и проведении изменений в конструкторской и технологической документации.

К сожалению, несмотря на значительную практику применения средств автоматизации проектирования, в свободном доступе практически отсутствует информация о конкретных технологиях создания и использования ЭКД в условиях значительного объема наработанной ранее документации. Понятие электронного документа вводится в ГОСТ 2.051-2006. Электронный документ получают в результате автоматизированного проектирования (разработки) или преобразования документов, выполненных в бумажной форме, в электронную форму [1. С. 3]. Вводятся новые виды конструкторских документов: электронная модель детали, электронная модель сборочной единицы, электронная структура изделия [2. С. 1–2]. Соответственно, в качестве ЭКД будем рассматривать перечисленные виды документов и двумерные чертежи деталей и сборочных единиц, выполненные в электронной форме.

Перечислим основные задачи, которые с помощью ЭКД решаются эффективнее, чем с использованием документации в бумажной форме: проработка конструкции изделия, проведение инженерных расчетов, создание управляющих программ для оборудования с числовым программным управлением, проектирование технологической оснастки, создание иллюстраций для текстовой документации. Давно уже стала анахронизмом идея автоматизированных рабочих мест, соединенных сетевым кабелем, а по сути, — информационно и организационно автономных [3. С. 48]. Разработка ЭКД должна проводиться в среде системы управления инженерными данными об изделии (PDM-система). Это позволит расширить

круг решаемых задач организацией совместной работы специалистов, созданием электронного документооборота и электронного архива, учетом версий документов при проведении изменений. Конечно, эти утверждения довольно банальны, однако, сколько же успешных полнофункциональных внедрений систем управления инженерными данными мы видим на практике, особенно на предприятиях оборонно-промышленного комплекса? К сожалению, недостаточное количество, чтобы говорить о решенной полностью задаче в масштабах страны.

В ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт автоматики» (ФГУП «ВНИИА») используется система автоматизированного проектирования (САПР) Creo Parametric (разработчик фирма PTC Inc, США), имевшая название до ребрендинга — Pro/ENGINEER. В качестве PDM-системы используется система Windchill, разработанная той же фирмой и имеющая наилучшую интеграцию с САПР Creo Parametric. Следует отметить, что опыт использования САПР составляет более 20 лет, а PDM-системы — около 2 лет.

Использование САПР в автономном режиме и при совместной работе с PDM-системой имеют отличия в методике построения моделей сборочных единиц, в реквизитной информации моделей, в справочниках стандартных изделий и материалов, в настройке САПР. Главными требованиями при совместном использовании САПР и PDM-системы являются разработка и обязательное выполнение правил работы в системах.

Основным ЭКД является электронная структура изделия (ЭСИ). ЭСИ является обобщающим документом, консолидирующим технические данные об изделии [4. С. 2]. В PDM-системе Windchill для создания ЭСИ имеются следующие элементы: объекты и иерархические связи между ними; атрибуты объектов, представляющие реквизитную информацию; модели и чертежи деталей и сборочных единиц; связи, определенных типов, между объектами и соответствующими моделями и чертежами. Методика использования перечисленных элементов и других функциональных возможностей PDM-системы Windchill и САПР Creo Parametric для создания ЭКД зависит от потребностей и возможностей предприятия, имею-

щихся в эксплуатации информационных систем, особенностями конструкций изделий. Далее представлена методика, принятая в ФГУП «ВНИИА».

Основными объектами PDM-системы Windchill, формирующими состав изделия, являются «части». «Части», как правило, представляют конкретные детали, сборочные единицы или сборочные материалы и имеют соответствующие реквизиты. Чтобы состав изделия преобразовать в ЭСИ, с «частями» связывают CAD-документы — модели и чертежи деталей, созданные в САПР Creo Parametric. На рис. 1 представлен пример схемы ЭСИ.



Рис. 1. Пример схемы ЭСИ

«Части», иерархические связи между ними и связи с CAD-документами создаются в автоматизированном режиме на основе модели сборочной единицы, с возможностью выбора необходимости создания «части» для каждого CAD-документа и типа связи между «частью» и CAD-документом. К «частям» ссылками привязываются соответствующие им дополнительные документы, разработанные в другом программном обеспечении, например текстовые документы. Для «частей» создают набор атрибутов, который зависит от того какому разделу спецификации изделия соответствует «часть». Значения атрибутов передаются в «части» из соответствующих параметров моделей.

При создании в САПР Creo Parametric моделей и чертежей, удовлетворяющим требованиям к ЭКД, необходимо учитывать, что на основе модели сборочной единицы будет создаваться ЭСИ, и все модели будут использоваться для проведения технологической подготовки производства. Таким образом, происходит все большее слияние и взаимопроникновение собственно конструкторского и технологического этапов проектирования [5. С. 357]. Также необходимо провести настройку конфигурационных файлов САПР Creo Parametric, создать шаблоны для всех типов CAD-документов: моделей деталей и сборочных единиц, габаритных моделей, моделей стандартных и прочих изделий, моделей сборочного материала, чертежей всех форматов. При совместном использовании рассматриваемых систем, уникальность каждого CAD-документа обеспечивается использованием параметра «Обозначение_документа» и соответствующим его значению именем файла.

Параметр «Обозначение_документа» состоит из параметров «Обозначение» и «Постфикс_модели». Значением параметра «Обозначение» является десятичное обозначение детали (сборочной единицы). Параметр «Постфикс_модели» является аналогом общепринятого понятия «Код документа», но имеет более широкий смысл, так как присваивается всем моделям, которые могут и не иметь соответствующего документа. Например, для модели детали, параметр имеет значение «МД», для габаритной модели, описывающей внешнее представление изделия — «ГМ», для модели, являющейся сборочным представлением — «СП», для модели развертки листовой детали — «РВ» и так далее.

Использование модели — сборочное представление, вызвано особенностью изделий ФГУП «ВНИИА», в которых встречаются детали, которые при сборке меняют свою форму. То есть деталь после изготовления имеет одно геометрическое представление, а после проведения сборочных операций в сборочной единице имеет другое геометрическое представление. В данном случае с «частью» должны быть связаны две модели: модель детали и модель детали в сборочном представлении. Это обеспечивается созданием связи с типом «Владелец» между «частью» и основной моделью детали и созданием связи с типом «Изображение» между «частью» и моделью детали в сборочном представлении. На рис. 2 представлен пример «части», связанной с двумя моделями. Таким образом, в ЭСИ будет существовать одна «часть», описываемая двумя моделями.

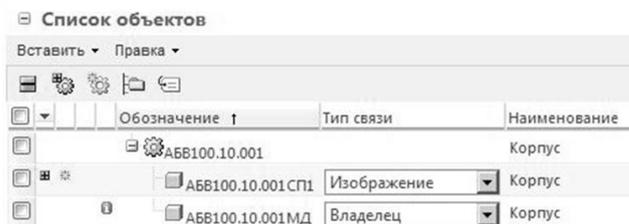


Рис. 2. Пример «части», связанной с двумя моделями

Другой особенностью изделий является наличие в конструкции точных изделий, тонкослойных сборочных единиц и сложных заделок проводов в разъемах. Такие элементы конструкции создавать в виде моделей сборочных единиц нецелесообразно. Поэтому они заменяются габаритными моделями, а в качестве основного документа используется чертеж. Таким образом, «часть», сопоставленная точному изделию, имеет связь «Владелец» с чертежом и связь «Изображение» с габаритной моделью.

Создание моделей сборочных единиц и ЭСИ возможно только с использованием справочников моделей стандартных изделий и материалов, которые создаются по специальным шаблонам на основе действующих общесистемных справочников ФГУП «ВНИИА».

Спецификация является основным конструкторским документом при использовании документации

в бумажной форме. При использовании ЭКД и PDM-системы спецификация уже не является необходимым документом, а всего лишь отражает ЭСИ и получается в виде отчета из ЭСИ. Для этого разработан дополнительный модуль к PDM-системе.

После создания ЭСИ проводится процесс утверждения ЭКД в соответствии с разработанным в PDM-системе маршрутом, который позволяет привлекать необходимых специалистов. Специалисты используют визуализатор с функцией «красного карандаша», позволяющий не использовать лицензии САПР. В PDM-системе Windchill, как и в других PDM-системах, отсутствует полноценный модуль управления электронным архивом технической документации. Поэтому для регистрации и обработки ЭКД была разработана собственная система. Утвержденная и зарегистрированная ЭСИ является источником информации для других информационных систем предприятия, в которые она попадает через разработанный модуль передачи информации.

Создание ЭКД имеет технические, методические, информационные и организационные вопросы. Внедрение ЭКД на предприятии возможно постепенными

шагами с поэтапным решением вопросов. При этом, использование ЭКД должно вписываться в имеющуюся информационную инфраструктуру и во время переходного периода должна использоваться совместно с документацией в бумажной форме. Важнейшим организационно-техническим вопросом является выработка методических рекомендаций и утверждение методики создания ЭКД с учетом этого обстоятельства.

Список литературы

1. ГОСТ 2.051-2006. Единая система конструкторской документации. Электронные документы. Общие положения.
2. ГОСТ 2.102-68. Единая система конструкторской документации. Виды и комплектность конструкторских документов.
3. Бирбраер, Р. А. Основы инженерного консалтинга: Технология, экономика, организация / Р. А. Бирбраер, И. Г. Альтшулер. 2-е изд., перераб. и доп. М. : Дело, 2007.
4. ГОСТ 2.053-2006. Единая система конструкторской документации. Электронная структура изделия. Общие положения.

ФОРМАЛЬНАЯ ВЕРИФИКАЦИЯ АЛГОРИТМОВ С ПОМОЩЬЮ ТЕХНИКИ ПРОВЕРКИ МОДЕЛЕЙ И МАТЕМАТИЧЕСКОГО АППАРАТА ЛОГИЧЕСКОГО ВЫВОДА

Предлагается метод формальной верификации параллельных алгоритмов на основе техники проверки моделей и теории логического вывода. Метод позволяет сократить общее время верификации за счет высокой степени параллелизма используемого аппарата.

Введение

Одним из важнейших этапов жизненного цикла любого программного продукта является верификация. Подробная классификация методик верификации представлена в работе [1]. Особое положение среди описанных в этой работе подходов занимают формальные методы, связанные с исследованием модели алгоритма (реализация) и требований к нему (спецификация).

Главной особенностью формальной верификации, позволившей ей стать одним из ведущих способов проверки корректности, является, в противоположность тестированию, возможность одновременного рассмотрения всех допустимых траекторий выполнения вычислений. Вследствие этого, данный подход хорошо зарекомендовал себя как инструмент для поиска тонких ошибок в параллельных алгоритмах и программах [1; 2].

Верификация на основе метода проверки моделей

На сегодняшний день принято выделять три направления формальной верификации: техника дедуктивного анализа (automated theorem proving), техника проверки эквивалентности (formal equivalence checking) и техника проверки моделей (model checking) [2]. Наиболее трудоемким является последнее из них. Однако в связи с постоянно возрастающей вычислительной мощностью современных высокопроизводительных систем методы верификации на основе model checking являются наиболее перспективными, т. к. могут быть полностью автоматизированы.

Техника проверки моделей может быть охарактеризована как строгая методология, включающая три ком-

понента: исполняемую модель объекта верификации, требования, выраженные в виде логико-алгебраической модели, и способ установления соответствия модели предъявляемым требованиям. Принимая во внимание особенности современных параллельных программ и алгоритмов, наиболее подходящей формой представления модели является структура Крипке, а требований — формулы темпоральной логики линейного времени (LTL) [2].

Широкое распространение для сопоставления реализации и спецификации получил математический аппарат теории автоматов (в основном используется автомат Бюхи) [2]. Однако данный подход не лишен недостатков: задача характеризуется высокой трудоемкостью, а параллелизм этого способа невысок.

Выполнение процесса верификации может быть ускорено путем применения, на этапе сопоставления модели и требований, методов логического вывода, обладающих высокой степенью параллелизма.

Таким образом, предлагаемый метод формальной верификации заключается в выполнении следующих этапов.

1. Сформировать модель (структуру Крипке), эквивалентную верифицируемому алгоритму.
2. Сформировать спецификацию (выражение LTL), отражающую требования к алгоритму.
3. Посредством методов логического вывода выполнить сопоставление модели и спецификации. В случае успешного завершения вывода считать алгоритм корректным, в противном случае — некорректным.

На рис. 1 изображена структура комплекса для верификации параллельных алгоритмов на основе техники проверки моделей и аппарата логического вывода.

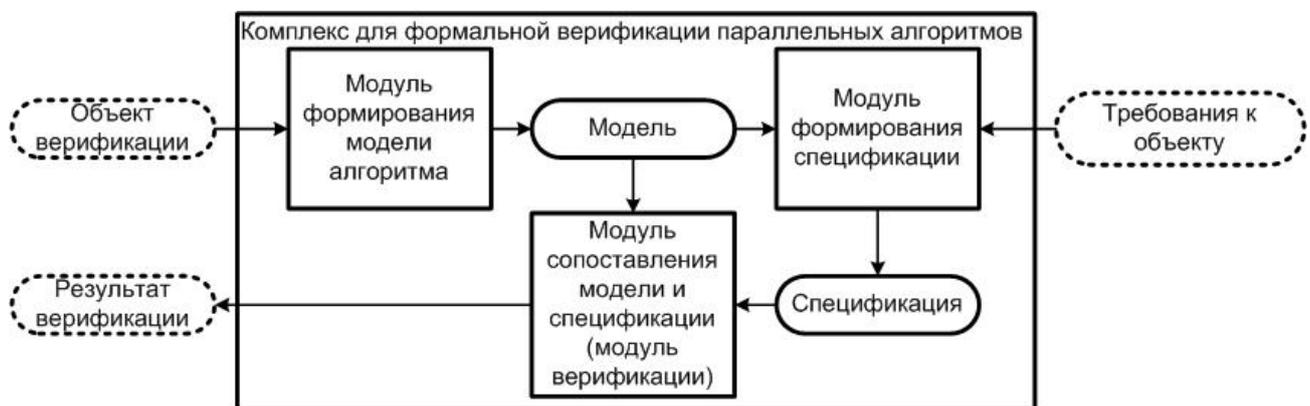


Рис. 1. Структура комплекса для формальной верификации параллельных алгоритмов

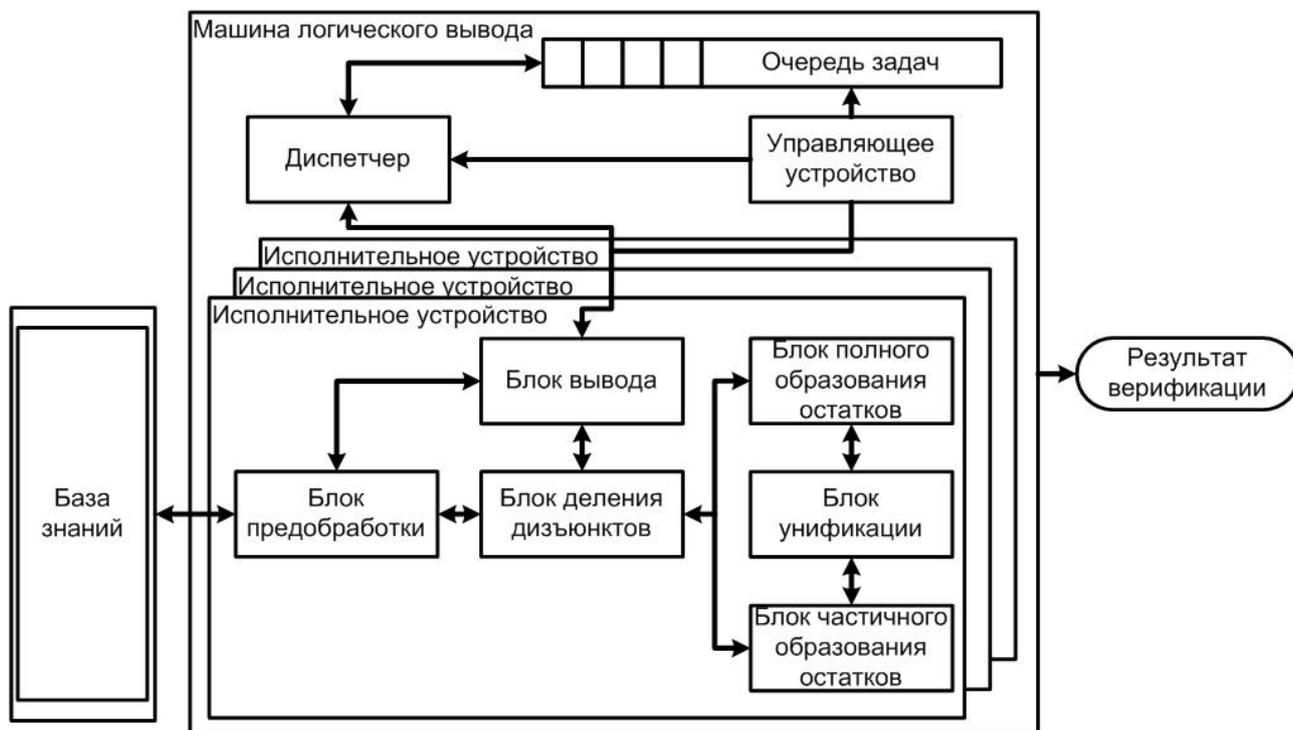


Рис. 2. Структурная схема МЛВ

Применение логического вывода для сопоставления реализации и спецификации

Для осуществления проверки логическими методами соответствия модели алгоритма предъявляемым требованиям необходимо сформировать базу знаний, отражающую взаимосвязь между состояниями объекта исследования и его существенными свойствами. Данное действие может быть выполнено путем применения представленного в работе [3] способа. Важной характеристикой получаемой базы знаний является полнота, позволяющая решить проблему логического отрицания.

Для сопоставления модели и требований предлагается использовать специально разработанный метод логического вывода делением дизъюнктов на основе определяющего элемента (МДДОЭ), который базируется на обобщенном методе деления дизъюнктов в логике предикатов первого порядка [4]. Наиболее важными преимуществами МДДОЭ являются следующие положения:

- отдельные шаги вывода при получении множества новых выводимых дизъюнктов могут выполняться абсолютно независимо;
- связь по данным между шагами вывода минимальна;
- в ходе вывода не требуется модификация базы знаний (не происходит порождения новых фактов).

Таким образом, при реализации МДДОЭ на системах с общей памятью возможно получение ускорения, близкого к числу задействованных процессоров. Кроме того, аналитические оценки показывают, что метод позволит получить значительное ускорение и на системах с разделяемой памятью.

Одним из наиболее важных элементов описываемого подхода к верификации является машина логического вывода (МЛВ), функционирующая на основе

МДДОЭ и осуществляющая процесс поиска решения. Структурная схема МЛВ изображена на рис. 2.

Представленная на рисунке структура МЛВ определяется шагами предлагаемого метода вывода. Отдельно стоит отметить блоки диспетчеризации и предобработки. Диспетчер позволяет изменять стратегию размещения вновь получаемых задач в очереди. Данное решение делает возможным использование различных эвристик, которые в некоторых случаях способны привести к скорейшему получению результата. Блок предобработки выполняет частичную фильтрацию данных, отбрасывая факты, которые не могут повлиять на текущий шаг вывода. С помощью данного механизма удастся сократить время, необходимое для решения одной задачи, на несколько порядков.

Остается добавить, что в случае необходимости вместо МДДОЭ может быть использован любой известный метод вывода, подробный обзор которых представлен в работе [5].

Заключение

На настоящий момент полностью разработан теоретический базис, позволяющий выполнять верификацию параллельных вычислений на основе техники проверки моделей с применением теории логического вывода.

Кроме того, ведутся работы по созданию специализированного аппаратного ускорителя на базе ПЛИС для выполнения операции унификации.

Предлагаемый в работе метод формальной верификации с помощью математического аппарата теории логического вывода позволяет в несколько раз сократить время, необходимое для сопоставления модели алгоритма, заданной явным образом в виде структуры Крипке, и LTL-спецификации.

Данный подход будет использован в программном комплексе верификации программного обеспечения для многопроцессорных и распределенных суперкомпьютеров.

Список литературы

1. Кулямин, В. В. Методы верификации программного обеспечения. М. : Ин-т системного программирования РАН, 2008.

2. Карпов, Ю. Г. Model Checking. Верификация параллельных и распределенных программных систем. СПб. : БХВ-Петербург, 2009.

3. Мельцов, В. Ю. Формирование базы знаний на основе структуры Крипке и формул темпоральной логики / В. Ю. Мельцов, Г. А. Чистяков // Фундамент. исслед. 2013. № 8-4. С. 847–852.

4. Страбыкин, Д. А. Логический вывод в системах обработки знаний. СПб. : Изд. С.-Петерб. гос. электротехн. ун-та, 1998.

5. Вагин, В. Н. Достоверный и правдоподобный вывод в интеллектуальных системах / В. Н. Вагин, Е. Ю. Головина, М. В. Загорянская и др. М. : ФизМатЛит, 2008.

ОБЗОР ТЕХНОЛОГИИ BIG DATA

Приводятся понятие Big data. Рассматриваются характеристики Big Data, а так же основные подходы, технологии и методы, позволяющие обрабатывать большие данные.

Big Data (большие данные) — представляет собой очень большое количество информации. Такой объем информации становится крайне сложно обработать обычными программными и аппаратными средствами. При этом большая часть обрабатываемых данных регулярно обновляется и представлена в формате, плохо соответствующему традиционному структурированному формату БД. Соответственно, возникает необходимость применения новых технологий и методов быстрой обработки таких данных. Таким образом, термин Big data, включает следующие аспекты: большие объемы регулярно обновляемой информации, ее разнообразие, необходимость быстрой обработки, а так же сами подходы, технологии и методы, призванные решать данные задачи [1; 2].

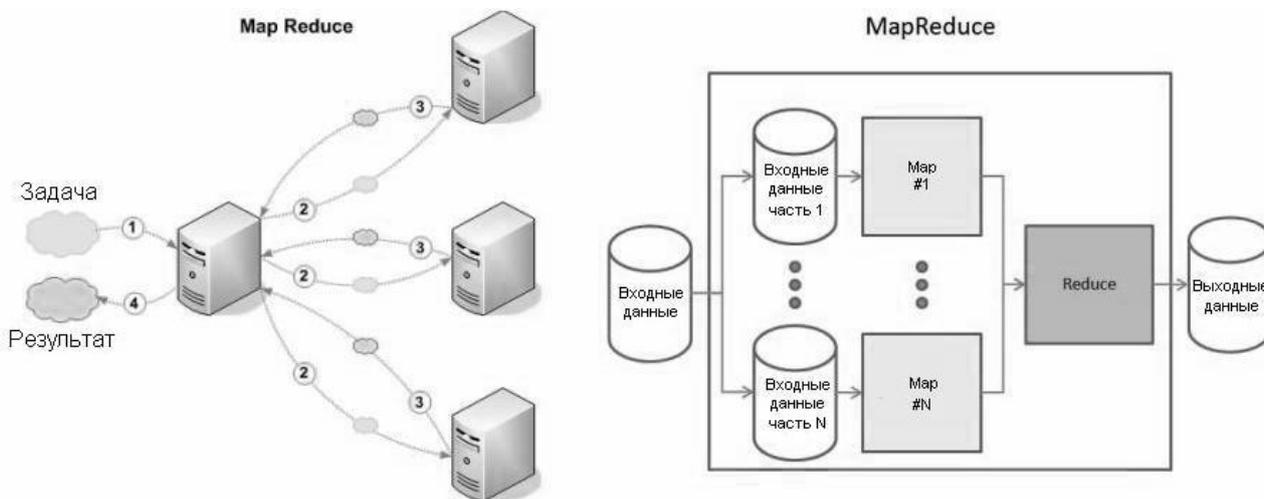
Одним из таких подходов является система распределенных вычислений, которая, в свою очередь, может реализовываться различными способами, например, популярной моделью MapReduce, разработанной компанией Google. MapReduce представляет собой обработку данных, которые разделяются на большое количество элементарных заданий, выполняемых на различных узлах кластера и, в конечном итоге, сводимых в единый результат. Эта модель позволяет обработать несколько петабайт данных. На рисунке показан принцип работы MapReduce [3].

В числе существующих реализаций этой модели можно выделить проект Hadoop, который включает в себя набор утилит и библиотек, а так же каркас для разработки и выполнения распределенных программ, работающих на кластерах из сотен узлов. Hadoop используется такими компаниями как Amazon, Google, Facebook, и стремительно набирает популярность в России.

Основным преимуществом распределенных систем является способность неограниченного увеличения производительности путем линейного масштабирования. Поскольку кластер состоит из большого количества узлов, и система автоматически перераспределяет хранящиеся на них данные, при выводе из строя отдельно взятой или нескольких машин, риски потерять какую-либо информацию сведены к минимуму, тем самым обеспечивая надежность системы. К тому же высокопроизводительный кластер может быть реализован на low-end машинах, а значит, его стоимость будет существенно ниже, чем стоимость аналогичного по мощности сервера [4].

Необходимо отметить и такой подход работы с Big Data как NoSQL базы данных, которые стали активно развиваться в виду того, что обработка больших объемов данных с использованием традиционно популярных реляционных БД становится все более сложной и ресурсоемкой задачей. Термин NoSQL (not only SQL) стал общим и не обозначает конкретную технологию или продукт. В методологической основе NoSQL БД лежит принцип теоремы CAP, гласящий, что в распределенной системе невозможно одновременно обеспечить согласованность данных, доступность и устойчивость к расщеплению на изолированные части. В результате, NoSQL-системы жертвуют согласованностью данных ради достижения высокой доступности и устойчивости к разделению данных [5; 6]. Зачастую первоочередной задачей NoSQL БД является быстрый поиск небольшого объема информации [7].

Существуют различные технологии анализа, применимые к большим данным, среди которых можно выделить Data mining, Text mining, Web mining.



Принцип работы модели MapReduce

Natural language processing (NLP), Machine learning. Более подробно остановимся на таких технологиях как Data mining и Text mining.

Data mining (интеллектуальный анализ данных) изучает процесс нахождения новых, нетривиальных, потенциально полезных знаний в БД. Данная технология лежит на пересечении нескольких наук, главные из которых — это системы БД, статистика и искусственный интеллект. Методы интеллектуального анализа помогают решить многие задачи, с которыми сталкивается аналитик. Основные методы data mining включают классификацию, регрессию, поиск ассоциативных правил, кластеризацию. Еще один из методов Data Mining на который стоит обратить внимание — это анализ связей между данными (link analysis). Link analysis — это группа алгоритмов, предназначенных для обнаружения, анализа и визуализации различных закономерностей в данных, что на сегодняшний день является актуальной и перспективной задачей [8; 9].

Помимо анализа структурированных данных активно развивается направление анализа неструктурированного текста, имеющее название Text mining. Под неструктурированными текстовыми данными понимается набор документов, представляющих собой логически объединенный текст без каких-либо ограничений на его структуру. В общем случае такие документы могут быть сложными, большими и включать в себя не только текст, но и графическую информацию. Появление Text mining связано с тем, что не все виды данных можно структурировать без потери полезной информации, к тому же структурирование данных требует предварительной обработки, на что необходимо затратить дополнительные ресурсы. Методы анализа в неструктурированных данных лежат на стыке нескольких областей: Data Mining, обработка естественных языков (NLP), поиск информации, извлечение информации и управление знаниями. В основные задачи Text mining входят классификация, автоматическое аннотирование, извлечение ключевых понятий, навигация по тексту и др. Существует достаточно большое количество разновидностей перечисленных задач, а также методов их решения [9].

Одной из актуальных задач, решение которой возможно с помощью Text mining, является определение отношений между физическими и юридическими лицами (персонами и организациями) в открытых источниках. Так же, в рамках Text mining, становится возможным решение и такой задачи как мониторинг научно-технической информации. Ее актуальность заключается в том, что на стадиях формирования идеи, обсуждения и апробации, значительная часть такой

информации является открытой, т. е. находится в свободном доступе. В результате решения такой задачи, операции поиска информации по заданным темам, ее обработки и извлечения из нее интересующих данных будут выполняться в автоматическом режиме.

Рассмотренные приемы работы с Big Data представляют собой мощный инструмент, который может применяться в медицине, политике, спорте, экономике и в других областях, где возникает необходимость обработки и анализа большого количества данных. В связи с этим открываются новые ориентиры, цели и задачи. Так, из широкого круга актуальных проблем были выделены и поставлены следующие задачи:

- определение отношений между физическими и юридическими лицами (персонами и организациями) в открытых источниках;
- мониторинг научно-технической информации.

Арсенал современных технологий и методов обработки и анализа данных формирует ту необходимую основу, благодаря которой возможно решение поставленных задач.

Опираясь на вышеописанные способы обработки и анализа Big data, перспективу их развития, можно предполагать, что проблемы больших затрат времени на построение хранилищ данных, обработку плохо структурированной информации и большие расходы на аппаратное обеспечение уйдут в прошлое, позволив в полной мере использовать все необходимые накопленные данные.

Список литературы

1. Большие данные [Электронный ресурс]. URL: http://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Большие_Данные_Big_Data.
2. Большие данные [Электронный ресурс]. URL: http://ru.wikipedia.org/wiki/Большие_данные.
3. Большие данные [Электронный ресурс]. URL: <http://aws.typepad.com/aws/2009/04/announcing-amazon-elastic-mapreduce.html>.
4. Hadoop [Электронный ресурс]. URL: <http://ru.wikipedia.org/wiki/Hadoop>.
5. Теорема CAP [Электронный ресурс]. URL: http://ru.wikipedia.org/wiki/Теорема_CAP.
6. Большие данные [Электронный документ]. URL: <http://habrahabr.ru/post/160219>.
7. NoSQL [Электронный ресурс]. URL: <http://ru.wikipedia.org/wiki/NoSQL>.
8. Анализ связей [Электронный ресурс]. URL: http://en.wikipedia.org/wiki/Link_analysis.
9. Барсегян, А. А. Анализ данных и процессов: учеб. пособие / А. А. Барсегян, М. С. Куприянов, И. И. Холод и др. СПб. : БХВ-Петербург, 2009.

ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА РЕШЕНИЙ ПРИ УПРАВЛЕНИИ УРОВНЕМ ФИЗИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ СТУДЕНТА

Результаты исследований частично поддержаны грантами РФФИ 12-07-00377-а и 13-07-00273-а

Введение

В процессе обучения студент должен освоить ряд компетенций, в частности в области физического развития — «владение средствами самостоятельно, методически правильного использования методов физического развития и укрепления здоровья, готовность к достижению должного уровня физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности». Профессиональная прикладная физическая подготовка (ППФП) способствует развитию и поддержанию на оптимальном уровне тех психических и физических качеств человека, к которым предъявляет повышенные требования конкретная профессиональная деятельность, выработке функциональной устойчивости организма к условиям этой деятельности и формирование прикладных двигательных умений и навыков.

Поступая в вуз, абитуриент уже имеет определенный уровень личной физической культуры, характеризующийся общим физическим состоянием личности, физической подготовленностью, физическим совершенством, знаниями из области физической культуры [1]. Однако, контингент абитуриентов неоднороден по возрасту, социальному статусу, опыту физкультурно-спортивной деятельности, что также нужно учитывать в процессе физического воспитания студентов.

Вопросам ППФП посвящены работы С. С. Корovina, И. А. Беляева, П. И. Костенка, В. П. Ворошни-на, Р. Т. Раевского, С. А. Полиевского, М. Я. Виленского, В. И. Ильинича, Г. М. Соловьева и др. Вопросы организации и управления процессом улучшения здоровья отражены в работах российских ученых Н. М. Амосова, Л. П. Матвеева, В. Н. Платонова, И. П. Ратова, М. П. Шестакова. Учет множества динамично меняющихся факторов при управлении уровнем физического развития студентов требует разработки информационной поддержки решений. Вопросы организации информационной поддержки принятия решений в данной области с использованием комплексного подхода, обеспечивающего учет ППФП, индивидуальных особенностей студентов, в том числе, ограничений, накладываемых заболеваниями, недостаточно рассмотрены. Как правило, при этом используется опыт экспертов в областях ППФП, медицины, физического воспитания.

В статье рассматриваются факторы, оказывающие влияние на уровень развития физической подготовки, особенности ППФП специалиста в области IT в вузе и подход к обеспечению информационной под-

держки при управлении уровнем физической подготовки. Авторы имеют значительный опыт в разработке информационной поддержки принятия решений [2–6].

Особенности физической подготовки информатиков

Диапазон решаемых задач IT-специалиста очень широк: от сопряжения устройств и узлов вычислительного оборудования, монтажа, наладки, испытания и сдачи в эксплуатацию вычислительных сетей до разработки и оформления проектной и рабочей технической документации.

Таким образом, специфические условия профессиональной деятельности информатика определяются следующими факторами: работой за компьютером в условиях ограниченного двигательного режима (малоподвижный образ жизни); высокой степенью нервно-психической напряженности при длительной статической нагрузке мышц спины и шеи; длительным негативным воздействием компьютера на организм человека и пр. В профессиональной деятельности, с одной стороны, таким работникам нужно обладать целым рядом физических качеств: умение дозировать небольшие по величине силовые напряжения (при работе с персональным компьютером и пр.); иметь способность выполнять быстрые, точные и экономные движения, обладать ловкостью и координацией движений рук, пальцев и пр. С другой стороны, работа представителей умственного труда часто характеризуется гиподинамией, длительным пребыванием в вынужденной позе (сидя, стоя) во время проектных работ, операторской деятельности. Все это говорит о необходимости развития статической выносливости мышц туловища, спины, испытывающих наибольшие напряжения во время малоподвижной работы [1].

Для специалистов в области IT важную роль играют и психические качества. При напряженной умственной деятельности особенно необходимо внимание: способность одновременно воспринимать несколько объектов (объем внимания); выполнять несколько действий (распределение внимания); быстро переносить внимание с объекта на объект (концентрация внимания). Кроме того, требуются: оперативное мышление, оперативная и долговременная память, нервно-эмоциональная устойчивость, выдержка, самообладание.

Таким образом, к ведущим физическим качествам и функциям организма студента и специалиста в области IT, необходимых для успешного освоения

профессии относятся: общая выносливость, координация движений, реакция на движущийся объект, концентрация, устойчивость и переключение внимания, скорость переработки информации, способность решения логических задач, способность принимать правильные решения, готовность к экстренному действию при дефиците времени и пр.

Лицами, принимающими решения о способах повышения уровня физического развития студента должны выступать преподаватели физического воспитания в вузе. Каждый из преподавателей ведет несколько секций (групп по физической подготовке). В разные группы входят студенты, обучающиеся на ряде направлений. Поэтому требования будущей профессиональной деятельности к физическим или психическим качествам студента могут отличаться.

Подход к обеспечению информационной поддержки решений при управлении уровнем развития физической подготовки

Для обеспечения поддержки решений по повышению уровня физического развития студента необходимы сведения:

- направление подготовки (профиль) студента (P), его потенциальное трудоустройство (профессия, сфера деятельности) (T);
- начальный уровень физической подготовленности (на основе результатов тестирования (скоростно-силовая подготовленность (SSP), силовая подготовленность (SP) и общая выносливость (V)) и результаты анкетирования (базовое образование (OB), место получения образования (город, село) (M), дополнительные занятия спортом (DS), наличие/отсутствие хронических заболеваний (Z), пожелания студента заниматься тем или иным видом спорта (PS));
- результаты медицинского осмотра (RM) и рекомендации медицинского персонала (знания экспертов);
- результаты текущего тестирования (SSP^* , SP^* , V^*) и пр. (рис. 1, рис. 2).

Информация о требованиях к физической подготовленности специалиста той или иной профессии содержится в литературе. Для получения соответствующих знаний из литературы и разработки базы знаний необходимо использовать технологии искусственного интеллекта. При этом в схему системы управления уровнем физического развития студента необходимо включить инженера по знаниям и эксперта. Классификация студентов, формирование групп (секций) с учетом возможных ограничений по состоянию здоровья также базируются на знании экспертов. Информация о заболеваниях (сердечно-сосудистой, дыхательной и центральной нервной системы; органов пищеварения, печени, почек, эндокринной системы, ослабленное зрение; нарушение опорно-двигательного аппарата) и возможностях занятий физической культурой с учетом заболеваний также содержится в литературе, что требует специальной обработки с помощью инженера по знаниям и эксперта. Знания представлены продукционными правилами.

Разрабатываемые программные средства должны обеспечивать преподавателю вход в систему (авторизация по своим идентификационным данным), просмотр сведений о студентах, занесение сведений о студенте (например, наличие заболевания на основании справки), внесение и редактирование результатов тестирования, получение рекомендаций при планировании занятий и пр.

Поддержку решений $DSS = \{Rule, M, E\}$ обеспечивают $Rule$ — множество правил принятия решений; M — множество методов поиска решений; E — множество критериев оценки эффективности вариантов решений. Так, например, при планировании занятий преподавателю необходимо определить группы студентов в секции, для которых будет характерна определенная нагрузка.

Разрабатываемое программное обеспечение может быть использовано студентом с целью получения

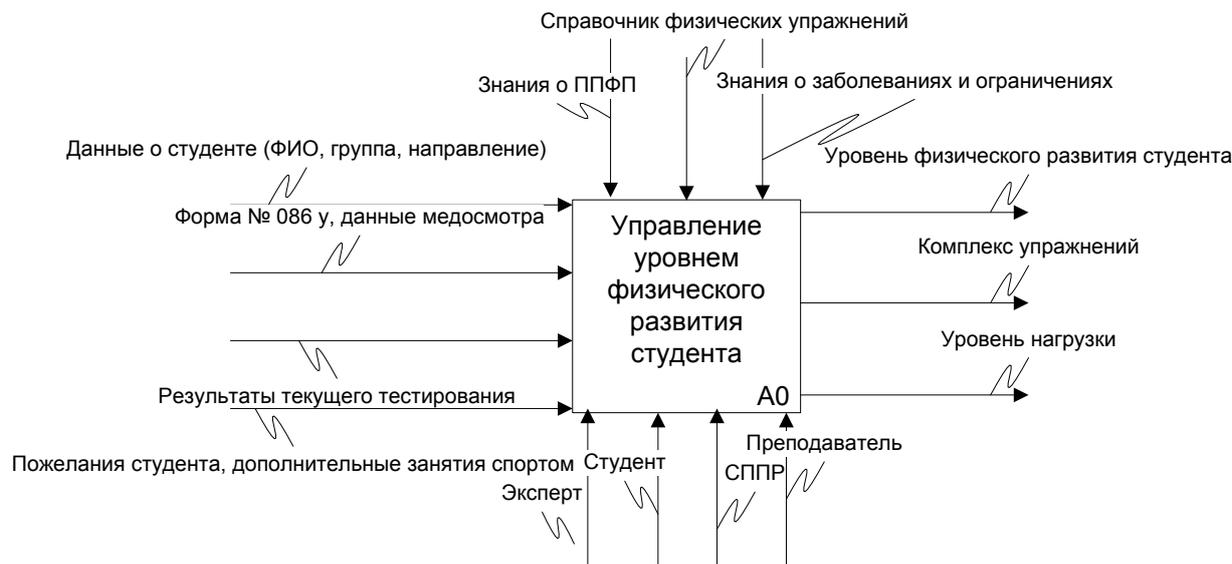


Рис. 1. Функциональная модель

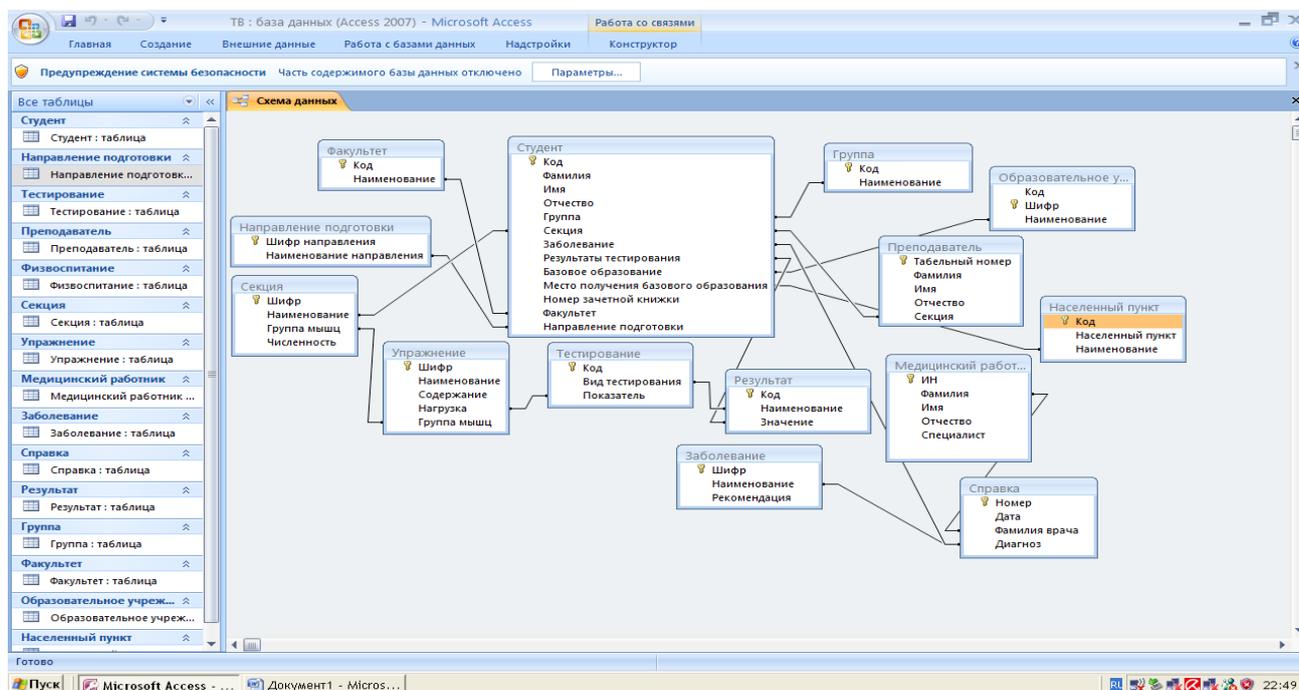


Рис. 2. Фрагмент схемы базы данных

рекомендаций для самостоятельных занятий в виде комплекса упражнений с учетом нагрузки.

Студенту должны быть доступны просмотр учетной записи, полученных рекомендаций, комплекс упражнений для самостоятельных занятий.

Список литературы

1. Физическая культура : учеб. пособие / под ред. А. Б. Муллера. Красноярск : Юрайт, 2013.
2. Наумова, Т. В. Подход к обеспечению поддержки решений при управлении уровнем физического развития студента / Т. В. Наумова, О. Н. Сметанина // Информационные технологии интеллектуальной поддержки решений : тр. Междунар. конф. Т. 3. Уфа : Изд-во Уфим. гос. авиац. техн. ун-та, 2013. С. 1–4.

3. Гаянова, М. М. Интеллектуальная многоконтурная система управления образовательным маршрутом / М. М. Гаянова, А. В. Климова, О. Н. Сметанина // Вестн. Уфим. гос. авиац. техн. ун-та. 2013. Т. 16, № 5 (58). С. 101–109.

4. Юсупова, Н. И. Интеллектуальная информационная поддержка процесса анализа риска опасных производственных объектов нефтяной отрасли / Н. И. Юсупова, Г. Р. Шахмаметова, К. Р. Еникеева // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. 2011. № 1. С. 173–179.

5. Гузаиров, М. Б. Информационное и математическое обеспечение в системе поддержки принятия решений при управлении процессом разработки образовательной программы / М. Б. Гузаиров, Н. И. Юсупова, О. Н. Сметанина. М. : Машиностроение, 2011.

ИСТОРИЯ И ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ СУПЕРКОМПЬЮТЕРНОГО СИСТЕМНОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Представлены тенденции в разработке суперкомпьютерного программного обеспечения.

1. Введение

Эволюция компьютерных систем обуславливается взаимным влиянием аппаратного и программного обеспечения. Успешность подобного технического диалога, например, иллюстрирует развитие гаджетов. На этом поле наблюдается бурная конкуренция операционных систем от Apple, Microsoft и Google, идет непрерывное расширение возможностей навигационных, коммуникационных и игровых программ, клавиатурный ввод сдает позиции сенсорному и голосовому вводу информации, медийный контент выдвигает требования к видеочипам и т. д.

Парадоксально, но в развитии суперкомпьютерных технологий мягкий «soft» оказался гораздо инертнее и неподатливее своего твердого «hardware». В первую очередь, необходимо отметить важнейшую проблему неэффективности научного прикладного ПО при проведении расчетов на вычислительных системах экстремальной производительности. Как известно, здесь ситуация обусловлена неспособностью прикладных задач адекватно отреагировать на существенную многопроцессорность суперкомпьютеров и обеспечить параллельную реализацию алгоритмов своих программ.

Однако слабая динамика в развитии новых возможностей характерна также для системного программного обеспечения (СПО), которое используется для управления вычислительными кластерами. Если сравнивать архитектуру первых отечественных суперкомпьютеров с современными российскими кластерами, то очевидным будет рост количественных показателей оборудования с небольшой долей увеличения функциональности операционных систем. В качестве примера в табл. 1 будем рассматривать общие характеристики МВК («многомашинного» вычислительного комплекса), созданного 35 лет назад в одном из советских научных центров на базе легендарной БЭСМ-6. Для условного сравнения возьмем типовой вариант университетского многопроцессорного вычислительного кластера, установленного в Южно-Уральском государственном университете г. Челябинска и занимающего 127 место по производительности в мировом рейтинге Top 500.

Несмотря на некоторую искусственность подобного сравнения, можно говорить о схожести возможностей ОС двух МВК (кроме, конечно, обеспечения параллельности вычислений). Более того, по содержанию 2-го столбца таблицы нетрудно заметить, что профессиональная деятельность компьютерных специалистов прошлого века была более креативной и совершенно не связанной с инсталляциями зарубежных продуктов. Класс сисадминов-непрограммистов

еще не появился. Автор данной статьи участвовал в 2-х проектах создания ЦВК: разработке ОС для периферийного процессора и созданию сетевого протокола обмена с удаленной ЭВМ.

Особенностью текущего периода (в контексте суперкомпьютерного СПО) снова является явное оживление программных разработок.

2. Три «И» современного периода

В настоящее время в теории и практике суперкомпьютерных технологий наблюдается резкий всплеск интереса к разработкам интегрированных решений (первое «И»), объединяющих все основные функции обеспечения суперкомпьютинга. В табл. 2 приведен список некоторых программных систем [1–8], решающих задачи автоматизации процесса высокопроизводительных вычислений.

Анализируя состояние перечисленных разработок, можно увидеть некоторые тенденции:

1. Принципиальным трендом развития зарубежных систем управления МВК, входящим в стек суперкомпьютерного СПО, является его «интеллектуализация» (второе «И»), т. е. включение в свой состав блоков анализа и экспертного принятия решений, которые умеют формировать готовые команды администраторам систем или выполнять их без вмешательства персонала.

2. Крупные разработчики суперкомпьютеров пытаются создать программное обеспечение для своих изделий, охватывающее максимально возможное количество функций и работающее в единой унифицированной идеологии (так называемый HPC stack). Тем самым решается проблема случайного (исходя из «вкусов» разработчиков) формирования состава библиотек и основных сервисов управления МВК от различных производителей по принципу «лоскутного одеяла» или «паззла».

3. Расширяются возможности пользовательских интерфейсов — GUI. Интерфейсы развиваются в сторону увеличения доли интерактивности, мультимедийности и, при этом, в сторону минимизации объема выводимой информации. GUI, как правило, реализуются на базе веб-технологий, обеспечивая посредством единого веб-портала адаптивную среду для пользователей по запуску, управлению прохождением расчетов и интерактивной визуализации результатов расчетов. Таким образом «интерфейсизация» является третьим «И» развития СПО.

4. Ставится важная задача упрощения процессов инсталляции и сопровождения СПО МВК для увеличения массовости внедрения суперкомпьютерных технологий в новые, не связанные с наукой или высокими технологиями отрасли (так называемые «повсеместные» вычисления).

Сравнительные характеристики первых и современных национальных супер-ЭВМ

Суперкомпьютер	МВК БЭСМ-6 (ЦВК) (1981 г.)	Типовой МВК (2013 г.)
Область применения	Физико-математическое моделирование	Моделирование, научные исследования
Кол-во узлов	6 БЭСМ-6	480
Производительность	6 Мфлопс	475 Тфлопс
Оперативная память	768 Кб	17 Тб
Внешняя память	Магнитные барабаны, магнитные ленты, диски — 1 Гб (общая для ЦВК дисковая память на съемных 100 Мб-дисках, подключенная через «файловые» серверы (периферийные процессоры))	Диски 150 Тб
Сеть доступа	До 48 терминалов (общая для ЦВК терминальная сеть алфавитно-цифровых дисплеев «Видеотон-340», подключенных через мультиплексор АС — аппаратуру сопряжения собственной разработки)	ЛВС на базе ПК
Удаленный доступ	Модемное подключение через АС по выделенной телефонной линии удаленной мини-ЭВМ (оригинальный байт-ориентированный протокол обмена, модем собственной разработки, скорость 1200 бод, расстояние 10 км)	Через Интернет (ssh-протокол, web-доступ)
Вывод данных	АЦПУ (принтеры барабанного типа), цветные графопостроители	Вывод на устройства ЛВС
ОС	ОС ДИАПАК (собственной разработки)	Linux
Класс ОС	Многозадачная, многопользовательская	Многозадачная, многопользовательская
Режимы обслуживания	Пакетный и интерактивный	Пакетный и интерактивный
Основной интерфейс пользователя	Командная строка (в терминальном режиме), перфокарты	Командная строка интерпретатора Linux, веб-интерфейс (значительно реже)
Системы разработки	Мониторная система «Дубна» с поддержкой языков программирования ФОРТРАН, АЛГОЛ, автокодов (ассемблеров) БЕМШ и Мадлен. Символьный отладчик собственной разработки	GNU и Intel (C/C++, Fortran и др.), профилировщики, отладчики, библиотеки
Файловые системы	УПД ДИАПАК — многоуровневая система управления данными с поддержкой миграции данных (собственной разработки)	Параллельная файловая система (ПФС) Panasas (наиболее распространена другая ПФС – Lustre)
Распараллеливание выполнения задачи	На уровне ОС — нет. На уровне задач возможна синхронизация через общую дисковую память	Есть (MPI и пр.)
Организация счета и техподдержка	Единая диспетчерская служба, операторы, курьеры, системные программисты, план счета задач	Сисадмины (операторы) и т. д.
Прикладное ПО	Собственной разработки (полностью)	Проприетарные и открытые пакеты зарубежных разработчиков

Суперкомпьютерное СПО с интеграцией функций управления

Продукт	Разработчик	Область использования
1. Rocks+HPC	StackIQ	Конфигурирование, развертывание и управление оборудованием и программным обеспечением МВК
2. Warewulf	LBNL	Конфигурирование, развертывание ... (открытое СПО)
3. Platform HPC	IBM	Полнофункциональное СПО управления МВК с унифицированным стеком HPC
4. ACE Engine	Cray	Полнофункциональное СПО управления МВК с унифицированным стеком HPC
5. Fujitsu HPC Suite	Fujitsu	Полнофункциональное СПО управления МВК с унифицированным стеком HPC
6. OVIS	SNL	Мониторинг оборудования и состояния загрузки с анализом и обратным управлением МВК
7. Ganglia	UC, Berkely	Распределенный мониторинг с возможностью масштабирования ресурсов (открытое СПО)
8. Bright Cluster Manager	Bright Computing	Управление и мониторинг с развитым интерфейсом
9. MOAB	Adaptive Comp.	Интеллектуальное управление загрузкой и заданиями
10. Slurm	LLNL	Управление ресурсами и заданиями (открытое СПО)
11. ClustrX Watch	T-Платформы	Мониторинг и управление
12. SMCS	НАН Украины	Веб-портал управления МВК
13. ЕСУЗ	РФЯЦ-ВНИИЭФ	Управление производственным счетом задач

Однако наиболее функционально развитые системы из приведенного выше списка, являются проприетарными и их стоимость рассчитывается как функция от количества процессоров в обслуживаемом вычислительном кластере, что приводит к неприемлемым ценам на продукт для больших МВК. Кроме того, применение зарубежного СПО с закрытым кодом для управления обработкой информации в суперкомпьютерных системах критических отраслей РФ является нецелесообразным. Архитектура СПО пока не отвечает современным требованиям по надежности и обеспечению информационной безопасности МВК.

3. Некоторые задачи для национального проекта

Разработка компонент отечественных стеков СПО для МВК, отвечающих современным требованиям, является актуальной задачей. Типовая функциональная «уровневая» структура стека СПО, расположенного между ОС и пользовательскими приложениями, приведена ниже:

- приложения пользователей;
- библиотеки, ПО разработки и распараллеливания;
- параллельная файловая система;
- управление ресурсами и заданиями;
- управление пользователями;
- мониторинг и управление состоянием;
- конфигурирование оборудования, параметров и развертывание СПО;
- операционная система (Linux).

Одной из важных задач, стоящей перед разработчиками такого проекта, является решение проблемы объ-

единения нижних уровней стека в интегрированный продукт со свойствами адаптивности к аппаратным архитектурам, прогнозированием изменений состояния оборудования и вычислительной среды и восстанавливаемости после сбоев. Часть этих компонент возможно формировать на базе использования открытого ПО, другую часть — за счет собственной разработки. Рассмотрим, в частности, требования к первому нижнему слою стека — системе развертывания МВК.

Задача. Большое количество вычислительных узлов суперкомпьютерного кластера, а также наличие неоднородности в оборудовании, делает процесс по подготовке и инсталляции системного программного обеспечения (СПО) для узлов (в частности, образов операционных систем) чрезвычайно сложной и затратной по времени процедурой. Очевидным и необходимым решением здесь является глобальная автоматизация данного процесса.

Требования. Необходимо разработать программное обеспечение, которое должно иметь следующую функциональность:

- создание образов операционных систем вычислительных узлов;
- удаленная установка (или клонирование) образов на узлы;
- хранение в БД необходимых дистрибутивов ОС, дополнительных драйверов, библиотек, СПО и приложений, использующихся в МВК;
- хранение/редактирование в базе данных конфигураций оборудования МВК и сервисов СПО;
- настройка файловых систем;

Руководство пользователя MBK
Для новых пользователей
Вход на кластеры
Slurm >
Запуск задания

Что такое Slurm?



Slurm — это суперкомпьютерное программное обеспечение, относящееся к группе так называемых «менеджеров загрузки», который обеспечивает системную среду для формирования очередей вычислительных работ по проведению расчетов, для распределения вычислительных ресурсов (узлов, процессоров и др.), а также для запуска, выполнения и завершения заданий супер-ЭВМ.

Скриншот страницы веб-портала техподдержки пользователей

- настройка системных служб и сервисов;
- настройка авторизации пользователей MBK;
- настройка системной среды/окружения для приложений пользователей.

Интерфейс системы развертывания должен обеспечивать реализацию двух типов взаимодействия со службой системных администраторов: 1) путем запуска скриптов через консоль, 2) через графический интерфейс специального веб-портала.

В ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт автоматики» ведутся работы по созданию интегрированной среды и собственных компонент системного стека для институтских вычислительных кластеров, включая систему управления заданиями, систему мониторинга, а также средства поддержки технологии обработки информации и пользователей [9–11].

Потребность в изменении свойств операционных систем демонстрируют не только разработки современных программных продуктов, но и начинающиеся перспективные исследования в этой области. Здесь следует отметить некоторые проекты программы DARPA UNPC («повсеместные» высокопроизводительные вычисления), а также программы министерства энергетики США (DoE): X-stack и OS/R. В рамках последней выполняются интересные проекты Hobbes [12] (головной разработчик — SNL, Сандийские национальные лаборатории) и Argo [13] (координатор — ANL, Аргонская национальная лаборатория).

Трехлетний проект Hobbes стартовал в 2013 г. В работах задействована кооперация из 4 национальных ядерных лабораторий министерства энергетики США и 8 университетов. Целью этого проекта является разработка новой операционной системы для будущих масштабируемых параллельных вычислительных платформ экстремальной производительности. Основные задачи проектируемой программной архитектуры связаны с поддержкой решения важнейших проблем суперкомпьютерных систем:

- 1) обеспечение энергоэффективности;
- 2) обеспечение надежности и восстанавливаемости после сбоев;
- 3) управление массовым параллелизмом;
- 4) организация многоуровневой иерархии памяти.

В настоящее время СПО суперкомпьютеров включает в себя унифицированную единую ОС со средой выполнения, которая поддерживает несколько моделей параллельного программирования. Идея проекта Hobbes состоит в применении механизма виртуализации для создания гибких и эффективных сред, ориентированных на выполняемые приложения. В рамках выполнения работ планируется решить, в частности, следующие задачи:

- создать прототип OS/R (ОС + runtime-среду) для научно-исследовательских приложений;
- при разработке опираться на структуру прикладного ПО:
- разработать для OS/R интерфейсы и системные службы, необходимые для поддержки механизмов разделения и объединения программ приложений и их модулей;
- обеспечить поддержку моделирования и анализа рабочих процессов.

Таким образом, можно констатировать, что среда операционных систем суперкомпьютеров находится на пороге серьезных архитектурных изменений, которые смогут решить две основные проблемы суперкомпьютинга: создание платформ экзафлопсного класса и расширение областей применения суперкомпьютеров от научно-исследовательских приложений в сторону массового пользователя.

Список литературы

1. StackIQ Cluster Manager [Электронный ресурс]. URL: <http://www.stackiq.com>.
2. Wawulf Cluster Management Suite v3 [Электронный ресурс]. URL: <http://wawulf.lbl.gov>.
3. IBM Platform HPC. IBM Technical White Paper. DCW03027-USEN-00. 2012.

4. Kraus, S. HPC Software Requirements to Support an HPC Cluster Supercomputer / S. Kraus, M. McLaughlin. Cray Inc. WP-CSS-Software01-0417.
5. Fujitsu Software HPC Cluster Suite, Data Sheet [Электронный ресурс]. URL: <http://www.fujitsu.com>.
6. OVIS 3.2 User's Guide / J. Brandt, A. Gentile, C. Houf at el. SAND 2010-7109, October 2010.
7. Bright Cluster Manager 6.0, Administrator Manual, Revision: 3977 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.brightcomputing.com>.
8. Moab HPC Suite [Электронный ресурс]. URL: <http://www.adaptivecomputing.com>.
9. Новиков, А. Б. Влияние специализированных алгоритмов планирования заданий на эффективность использования вычислительных ресурсов в частных случаях / А. Б. Новиков, С. А. Петунин // Супервычисления и математическое моделирование : тр. XIII междунар. семинара. Саров : РФЯЦ-ВНИИЭФ, 2011.
10. Петунин, С. А. Проблемы и решения автоматизации суперкомпьютинга / С. А. Петунин, А. Б. Новиков, К. В. Иванов // Информационные технологии и системы [Электронный ресурс] : тр. Второй междунар. науч. конф., Банное, Россия, 27 февр.— 3 марта 2013 г. (ИТиС – 2013) : науч. электр. изд. Челябинск : Изд-во Челяб. гос. ун-та, 2013. С. 19–21.
11. Petunin, S. A. Management of HPC Clusters: Development and Maintenance / S. A. Petunin, K. V. Ivanov, A. B. Novikov // 15-th International Workshop on Computer Science and Information Technologies CSIT'2013, Vienna — Budapest — Bratislava. 2013. P. 43–46.
12. Hobbes — An Operating System for Extreme-Scale Systems [Электронный ресурс]. URL: <http://xstack.sandia.gov/hobbes>.
13. Argo: An exascale operating system [Электронный ресурс]. URL: <http://www.msc.anl.gov/project/argo-exascale-operating-system>.

ПРИНЦИПЫ ИНТЕГРАЦИИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ УПРАВЛЕНИИ СЛОЖНЫМИ ОБЪЕКТАМИ НА ОСНОВЕ АНТИКРИЗИСНОГО ПОДХОДА

Исследования поддержаны грантами РФФИ № 13-07-00273 и РГНФ № 12-02-00190

Предлагаются основные принципы интеграции интеллектуальных технологий для решения задач поддержки принятия решений при управлении на основе антикризисного подхода сложными объектами, в качестве которых рассматриваются организационно-технические системы, экономические объекты и сложные технические объекты.

Введение

Данные, требуемые для поддержки принятия решений (ППР) при управлении сложными объектами на основе антикризисного подхода (АКП), являются как структурированными (но характеризуются при этом большим объемом и отражают разнородную по содержанию информацию, которая содержит скрытые закономерности), так и слабоструктурированными, что создает проблему обработки информации. Методы и технологии, основанные только на традиционных математических моделях, не обеспечивают необходимый уровень принимаемых решений в подобных ситуациях. Решение этой проблемы возможно с помощью интеллектуальных технологий, которые имеют возможности обработки экспертных знаний, текстовой информации, выявления скрытых закономерностей, ассоциативных правил, последовательностей и др. Вместе с тем, комплексное решение задач информационной поддержки управления, как правило, не укладывается в рамки одной технологии, требуя совместного применения разных информационных технологий [1]. Интеграция интеллектуальных технологий позволяет как взаимно дополнять друг друга, так и компенсировать ограничения и недостатки, присущие каждой из технологий [5]. При этом она возможна как между различными интеллектуальными технологиями, так и в рамках одной технологии между различными моделями. Сегодня интеграция интеллектуальных технологий — сложный и трудоемкий процесс, требующий знаний о предметной области, задачах, методах их решения, возможностях интеллектуальных технологий по обработке данных и знаний, их достоинствах и недостатках.

В статье предлагаются основные принципы интеграции интеллектуальных технологий для решения задач поддержки принятия решений при управлении на основе антикризисного подхода сложными объектами, в качестве которых рассматриваются организационно-технические системы, экономические объекты и сложные технические объекты.

1. Анализ подходов к интеграции интеллектуальных технологий

Интеграция интеллектуальных технологий представляет значительный интерес как в научном плане, так и в

практическом, поскольку открывает новые возможности обработки данных, знаний, предлагает новые методы решения задач, расширяет сферы практического применения информационных технологий в целом за счет решения слабоструктурированных задач. Рядом ученых [1–5] проводятся исследования в этой области и разрабатываются методы интеграции (гибридизации) интеллектуальных технологий. Необходимость сочетания технологий (моделей) при разработке интеллектуального управления, перехода к комплексу взаимодополняющих моделей для поиска методов решения практических задач за рамками преимуществ и недостатков отдельных интеллектуальных технологий (моделей) с помощью интегрированных систем рассматривается в работах В. В. Борисова и др. Основам теории, методологии и технологии интегрированных интеллектуальных систем посвящены работы Н. П. Бусленко, А. Н. Аверкина, В. В. Емельянова, Н. Г. Ярушкиной, Л. Ф. Ноженковой, Г. В. Рыбиной, L. Medsker, M. Hillario и др. Несмотря на явные успехи в этой области, тем не менее, существует еще множество нерешенных проблем — отсутствие общей теории, единого подхода к систематизации интегрированных моделей в задачах поддержки принятия решений, технологии автоматизированного проектирования интеграции интеллектуальных технологий [2; 5].

Таким образом, можно сделать вывод, что работы в области систематизации подходов к интеграции интеллектуальных технологий активно ведутся, единый метод пока не выработан, но на основе анализа рассмотренных подходов можно выделить основные способы (уровни) интеграции интеллектуальных технологий: 1) параллельный, при котором технологии применяются вместе в одной СППР, но независимо друг от друга; 2) пересекающийся, при котором выходная информация одной технологии является входной для другой; 3) с поглощением, при котором одна технология «поглощает» другую, т.е. усиливает свои возможности за счет комбинирования с другой технологией.

2. Принципы интеграции интеллектуальных технологий для решения задач ППР при управлении на основе АКП

Основными задачами управления на основе АКП сложными объектами, в качестве которых рассма-

триваются организационно-технические системы, экономические объекты, сложные технические системы, являются: своевременное распознавание признаков наступающего кризиса для его предотвращения, т. е. мониторинг кризисных ситуаций; учет возможных прогнозов — прогнозирование кризисов и выработка решений для их предотвращения; разработка эффективных антикризисных сценариев; выработка управленческих решений. Более подробно эти вопросы рассмотрены в [6]. К основным классам решаемых при этом интеллектуальных аналитических задач поддержки принятия решений относятся: классификация; выявление тенденций, прогнозирование (в том числе прогнозирование временных рядов); ситуационный анализ; поиск субоптимальных решений; моделирование; выявление закономерностей в данных, ассоциаций и последовательностей между событиями, кластеризация.

На рисунке показаны основные направления интеграции интеллектуальных технологий с учетом их особенностей, а также с учетом особенностей обработки информации, необходимой для поддержки принятия решений при управлении на основе АКП. Например, для решения задачи «мониторинг кризисных ситуаций» необходимо решение аналитических задач классификации и прогнозирования. Для классификации можно применить интеллектуальные технологии экспертных систем, нейронных сетей и нечеткой логики, выбор которых, в свою очередь, зависит от особенностей обработки информации. Для экспертных систем это сложность математического моделирования, наличие слабоструктурированных данных и необходимость решения задачи в реальном режиме времени.

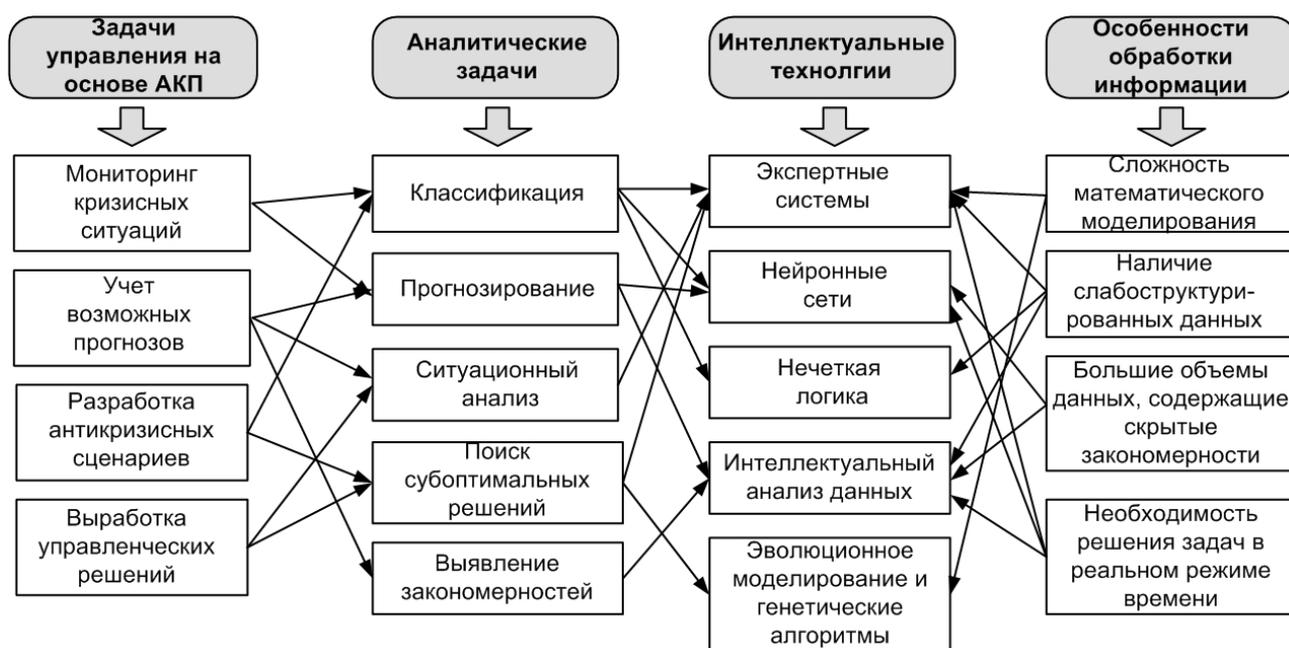
Задача интеграции интеллектуальных технологий для решения задач ППР при управлении сложным объектом на основе АКП является сложной, много-

критериальной, ориентированной на экспертные знания, но основные принципы интеграции интеллектуальных технологий с учетом особенностей обработки информации, требуемой для поддержки принятия решений, разработаны и сформулированы в виде правил (таблица).

Фрагмент базы знаний для интеграции ИТ

№ правила	Правило
Rule 1	Если задача управления – <i>Мониторинг кризисных ситуаций</i> И решаемая аналитическая задача — <i>Классификация</i> И особенности обработки информации — <i>Наличие слабоструктурированных данных</i> ТО <i>Экспертные системы и ИАД</i>
Rule 2	Если задача управления — <i>Мониторинг кризисных ситуаций</i> И решаемая аналитическая задача — <i>Прогнозирование</i> И особенности обработки информации – <i>Большие объемы данных, содержащие скрытые закономерности</i> , ТО <i>ИАД и нейронные сети</i>
...	...

При этом интеграция технологий возможна по всем трем уровням, выявленным в п. 1: параллельная, пересекающаяся, с поглощением. Наиболее предпочтительными вариантами являются интеграция с пересечением, когда возникает возможность отбора лучших качеств интеллектуальных технологий для решения поставленной задачи. Например, классификация осуществляется с помощью технологии экспертных систем, прогнозирование — с помощью технологии интеллектуального анализа данных, при этом на каждом последующем этапе необходимы результаты предыдущего, и с поглощением, когда недостатки основной интеллектуальной технологии



Принципы интеграции интеллектуальных технологий для ППР при управлении на основе АКП

компенсируются применением другой технологии, например, повышается скорость и качество работы генетического алгоритма за счет применения технологии экспертных систем.

Заключение

Задача интеграции интеллектуальных технологий для решения задач ППР при управлении сложным объектом на основе АКП является достаточно сложной, многокритериальной, ориентированной на экспертные знания и на сегодняшний день нет единой теории методов интеграции интеллектуальных технологий. На основе анализа рассмотренных подходов выделены основные уровни интеграции интеллектуальных технологий: параллельный — технологии применяются вместе в одной СППР, но независимо друг от друга; пересекающийся — выходная информация одной технологии является входной для другой; с поглощением — одна технология «поглощает» другую, т. е. усиливает свои возможности за счет комбинирования с другой технологией. На основе анализа задач управления на основе АКП, особенностей обработки информации, для него требуемой, с учетом достоинств и недостатков интеллектуальных технологий и решаемых ими аналитических задач, сформулированы основные прин-

ципы интеграции интеллектуальных технологий для решения задач ППР при управлении сложными объектами на основе антикризисного подхода.

Список литературы

1. Колесников, А. В. Технология разработки гибридных интеллектуальных систем : дис. ... д-ра техн. наук. 2002.
2. Ноженкова, Л. Ф. Гибридные информационные технологии: направления развития и применения // Вестник Краснояр. гос. ун-та. Сер. Физико-математические науки. 2004. № 3. С. 99–107.
3. Иванова, Е. И. Управление экономическими системами: инновации с использованием интеллектуальных систем / Е. И. Иванова, Н. И. Юсупова, О. Н. Сметанина // Экономика и управление. 2007. № 4. С. 51–55.
4. Рыбина, Г. В. Основы построения интеллектуальных систем. М. : Финансы и статистика, 2010.
5. Борисов, В. В. Гибридизация интеллектуальных технологий для аналитических задач поддержки принятия решений // Нейрокомпьютеры. 2011. № 8. С. 4–9.
6. Юсупова, Н. И. Информационная поддержка антикризисного управления на различных этапах жизненного цикла объекта управления / Н. И. Юсупова, Г. Р. Шахмаметова. Уфа: Изд-во Уфим. науч. центра РАН, 2012.

КОНЦЕПЦИЯ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ СТРАТЕГИЧЕСКОМ ПЛАНИРОВАНИИ И УПРАВЛЕНИИ СИЛАМИ И СРЕДСТВАМИ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫМ СИТУАЦИЯМ

Исследования поддержаны грантами РГНФ №12-02-00190, РФФИ № 13-06-00465-а

Рассматривается проблема стратегического управления силами и средствами противодействия чрезвычайным ситуациям. Излагается концепция интеллектуальной информационной поддержки принятия управленческих решений, основанная на применении системного подхода и интеграции современных информационных технологий.

Согласно Концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 г. [1] планируется поддержание высокого уровня национальной безопасности и обороноспособности страны, включая безопасность населения и территорий от чрезвычайных ситуаций (ЧС) природного и техногенного характера. Такой подход требует реализации комплекса взаимосвязанных по ресурсам, срокам и этапам преобразований, касающихся, в том числе, и сферы управления силами и средствами противодействия ЧС (ССПЧС). К ним в первую очередь относятся профессиональные аварийно-спасательные формирования (АСФ) [2]; средства их доставки (различные виды специального транспорта) к месту проведения аварийно-спасательных и других неотложных работ; необходимые оборудование, снаряжение и расходные материалы; а также дополнительные силы и средства, привлекаемые согласно планам взаимодействия (подразделения других министерств и ведомств, спецтехника, нештатные аварийно-спасательные формирования).

С целью повышения эффективности функционирования ССПЧС в условиях чрезвычайных ситуаций

необходимо не только грамотное оперативное управление, но и планомерная и грамотная подготовка их в процессе стратегического планирования и управления. Сложность решения данной проблемы заключается в ее многогранности, так как требует рассмотрения в комплексе различных аспектов: социально-экономических, организационных, технических, управленческих, информационных, кадровых, психологических и т. д. Попытка совместного рассмотрения этих проблем требует в свою очередь системного подхода, разработки новых концепций с использованием современных достижений научной мысли и возможностей информационных технологий.

В результате проведенного системного анализа проблемы были разработаны модели системы поддержки принятия решений (СППР) при стратегическом планировании и управлении ССПЧС [3]. Фрагмент функциональной модели представлен на рис. 1. Стратегическое управление ССПЧС подразумевает постоянное планомерное развитие материально-технической базы, повышение уровня профессиональной подготовки спасателей (с учетом специфики

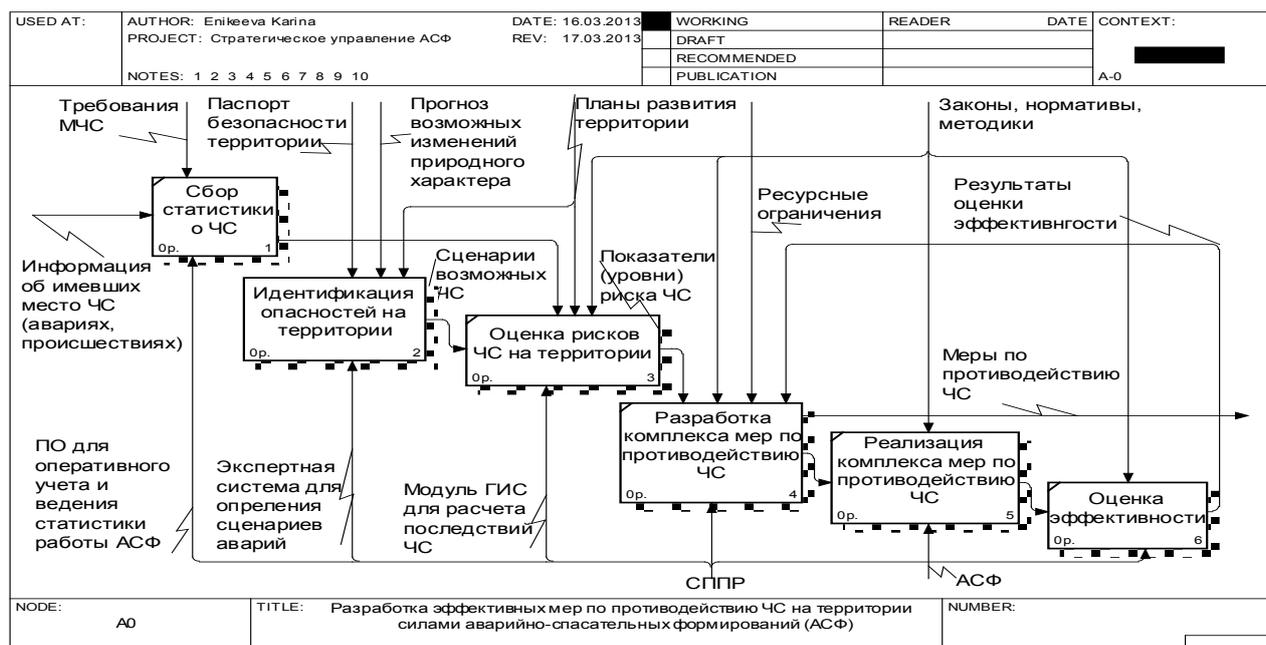


Рис. 1. Организация процесса стратегического управления ССПЧС

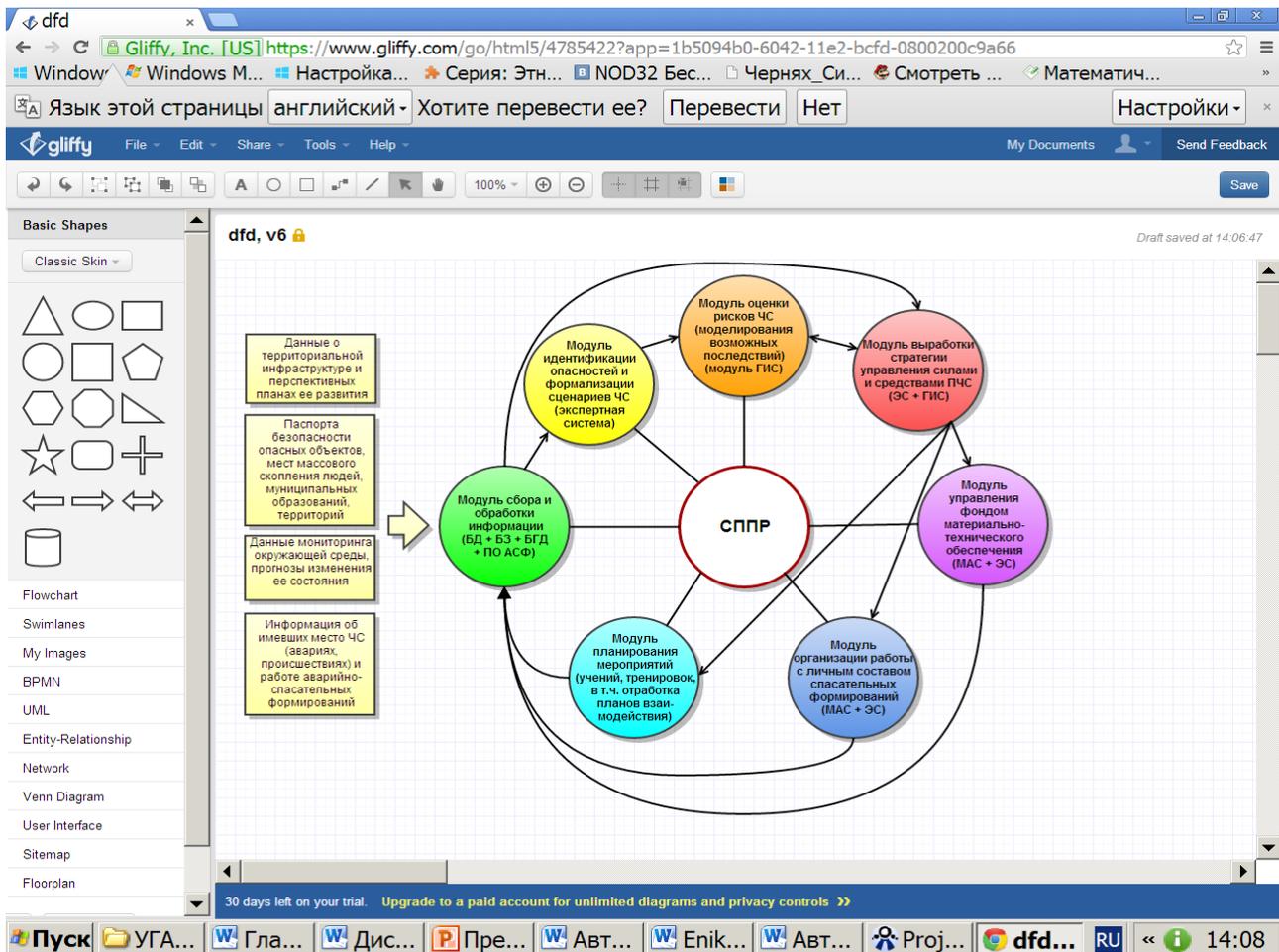


Рис. 2. Схема информационного взаимодействия модулей системы поддержки принятия решений

работы конкретного АСФ), проведение учений по действиям в ЧС и другие меры, направленные на повышение эффективности функционирования спасательных формирований. Все эти мероприятия должны быть согласованы между собой и основываться на многофакторном анализе существующих условий функционирования формирований и параметров окружающей среды. Необходимо осуществлять взаимосвязку планов стратегического развития территорий с планами развития обслуживающих их АСФ, в зоне ответственности которых они располагаются, проводить анализ и оценку имеющихся (и возможных) рисков. Только такой комплексный системный подход позволит сделать работу аварийно-спасательных формирований и других ССПЧС адекватной и наиболее эффективной с точки зрения противодействия ЧС.

На основе системных моделей разработана методология поддержки принятия решений на основе сценарного подхода и интеграции интеллектуальных информационных технологий с учетом возможных рисков ЧС, инфраструктуры, динамики их изменений и ресурсных ограничений территориальной единицы и схема информационного взаимодействия модулей системы поддержки принятия решений (рис. 2). Проведена программная реализация отдельных модулей СППР, а также анализ их эффективности [4–5]. Были

разработаны прототип экспертной системы с продукционными правилами вывода в процессе идентификации опасностей и специализированная программа для расчета последствий реализации опасностей на территории в геоинформационной среде. На основании анализа деятельности АСФ, его целей и задач, имеющегося документооборота, потребностей в разного рода данных для анализа и планирования работ были разработаны функциональные и информационные модели программного обеспечения для оперативного сбора данных о ЧС и анализа статистики работы городского аварийно-спасательного отряда. Реализовано соответствующее программное обеспечение в рамках общей схемы СППР (модуль сбора и обработки информации) [5].

Результаты исследований внедрены в учебном процессе Уфимского государственного авиационно-технического университета. Разработанные программные продукты можно применять как в производственных условиях (в различных структурных подразделениях МЧС, на опасных объектах), так и в научных исследованиях. Они прошли апробацию и эксплуатируются в ряде проектных и промышленных предприятий [4–5]. На основе данных, полученных по результатам эксплуатации программных средств в реальных условиях, сделан вывод об эффективности предложенного подхода.

Список литературы

1. Концепция долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 г. (утв. распор. Правительства РФ от 17.11.2008 № 1662-р).

2. Федеральный закон «Об аварийно-спасательных службах и статусе спасателей» от 22.08.1995 № 151-ФЗ.

3. Юсупова, Н. И. Системный анализ и модели поддержки принятия решений при стратегическом управлении аварийно-спасательным формированием / Н. И. Юсупова, К. Р. Еникеева // Вестн. Уфим. гос. авиац. техн. ун-та. Сер. Управление, вычислительная техника и информатика. 2013. Т. 17, № 5 (58). С. 3–11.

4. Юсупова, Н. И. Поддержка принятия решений при анализе рисков производственных аварий и ЧС / Н. И. Юсупова, К. Р. Еникеева. Уфа : Уфим. науч. центр РАН, 2013.

5. Enikeeva, K. R. Development of system models and software for the rapid inclusion of information on emergencies and analyze the statistics of the emergency services / K. R. Enikeeva, V. R. Khamidullin, A. I. Belyushin // Proceedings of the 14th International Workshop on computer science and information technologies CSIT'2012. Ufa — Hamburg — Norwegian. Fjords, 2012. Vol. 2. P. 52–57.

СИСТЕМЫ ОЦЕНИВАНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ОБРАЗОВАНИИ И ЭКОНОМИКЕ

Рассматривается программная реализация оценки деятельности персонала по технологии «360 градусов» для проведения оценки деятельности преподавателей образовательных учреждений студентами. Описана информационная модель и структура информационной системы.

Введение

В настоящее время активно ведется работа по освоению управленческих мероприятий, направленных на улучшение системы управления деятельностью персонала организации. Обусловлено это происходящими в экономике страны преобразованиями, требующими от специалиста хорошей профессиональной подготовки, способного творчески решать многообразные задачи, выдвигаемые временем, в том числе повышать не только экономический эффект деятельности организации, но и общее, профессиональное, в том числе и культурное саморазвитие персонала.

Одним из основных направлений системы управления персоналом является оценка. Оценка качества работы персонала оказывает положительное воздействие на мотивацию сотрудников, позволяет планировать систему профессионального обучения и профессионального развития сотрудников, принимать решения о вознаграждении, продвижении и т. д.

Оценки деятельности персонала базируются на качественных и количественных показателях, для обработки которых используются формализованные и неформализованные методы. Количественные показатели обычно включают обусловленные нормативами факторы деятельности персонала.

Среди методов оценки персонала, базирующихся на качественных показателях можно выделить технологию «360 градусов», в которой сотрудник оценивается своим руководителем, своими коллегами и подчиненными. Конкретные механизмы оценки персонала могут быть различными, но суть сводится к получению всесторонней оценки сотрудника со стороны работников организации. Такой подход наиболее актуален в образовательных организациях для оценки деятельности преподавателей, так как они являются основным активом таких организаций. Элементом этой системы является оценка преподавателей студентами, распространенная во многих странах. Положительный опыт в этом плане имеется и в ряде учебных заведений России, например, Калининградском государственном техническом университете, Шадринском государственном педагогическом институте, Астраханском государственном техническом университете, Российском государственном педагогическом университете им. А. И. Герцена, Калмыцкий и др.

Необходимость такой оценки диктуется и рядом нормативных документов в области образования. Об обязанностях педагогических работников в законе

«Об образовании» [1. С. 48] говорится, что они обязаны осуществлять свою деятельность на высоком профессиональном уровне, следовать требованиям профессиональной этики, уважать честь и достоинство обучающихся, развивать у обучающихся инициативу, творческие способности, применять педагогически обоснованные и обеспечивающие высокое качество образования формы, методы обучения и воспитания. Оценивая деятельность преподавателя нельзя не учитывать мнение обучающихся. Это ставит отношения «преподаватель — студент» в ранг партнерских, что необходимо для достижения синергетического эффекта, при получении которого открывается возможность способствовать формированию и развитию не односторонне (имеется в виду в одном направлении с преподавателем), а уникально мыслящей личности [2]. Учет мнения студентов при оценивании содержания, организации и качества учебного процесса в целом, а также работы отдельных преподавателей, отмечается в пункте 8.5 федеральных государственных образовательных стандартах третьего поколения. В связи с вышеизложенным в статье рассматривается информационная система поддержки проведения оценки деятельности преподавателей образовательных организаций студентами.

Структура работы системы

Для исследования мнения студентов разработана система оценки качества образования (ОКО) по технологии «Преподаватель глазами студента». На рис. 1 представлена укрупненная блок-схема работы системы, которая имеет два уровня доступа: администратор осуществляет настройку системы, студенты оценивают работу преподавателя по показателям, построенным с учетом опыта других вузов (КГТУ, ШГПИ, АГТУ, РГПУ им. А.И. Герцена, и др) и требований к обязанностям преподавателей.

Перечень показателей включает:

- 1) *педагогическое мастерство* (ясное изложение материала, логика изложения, умение поддержать дискуссию и интерес к предмету и др.);
- 2) *уровень изложения изучаемого предмета* (использование современных достижений науки, уровень информативности лекций, использование аудиторного времени по назначению и др.);
- 3) *отношение к студентам* (доброжелательность и тактичность, заинтересованность в успехах студентов);
- 4) *доступность преподавателя для консультаций в процессе самостоятельной работы студента*;

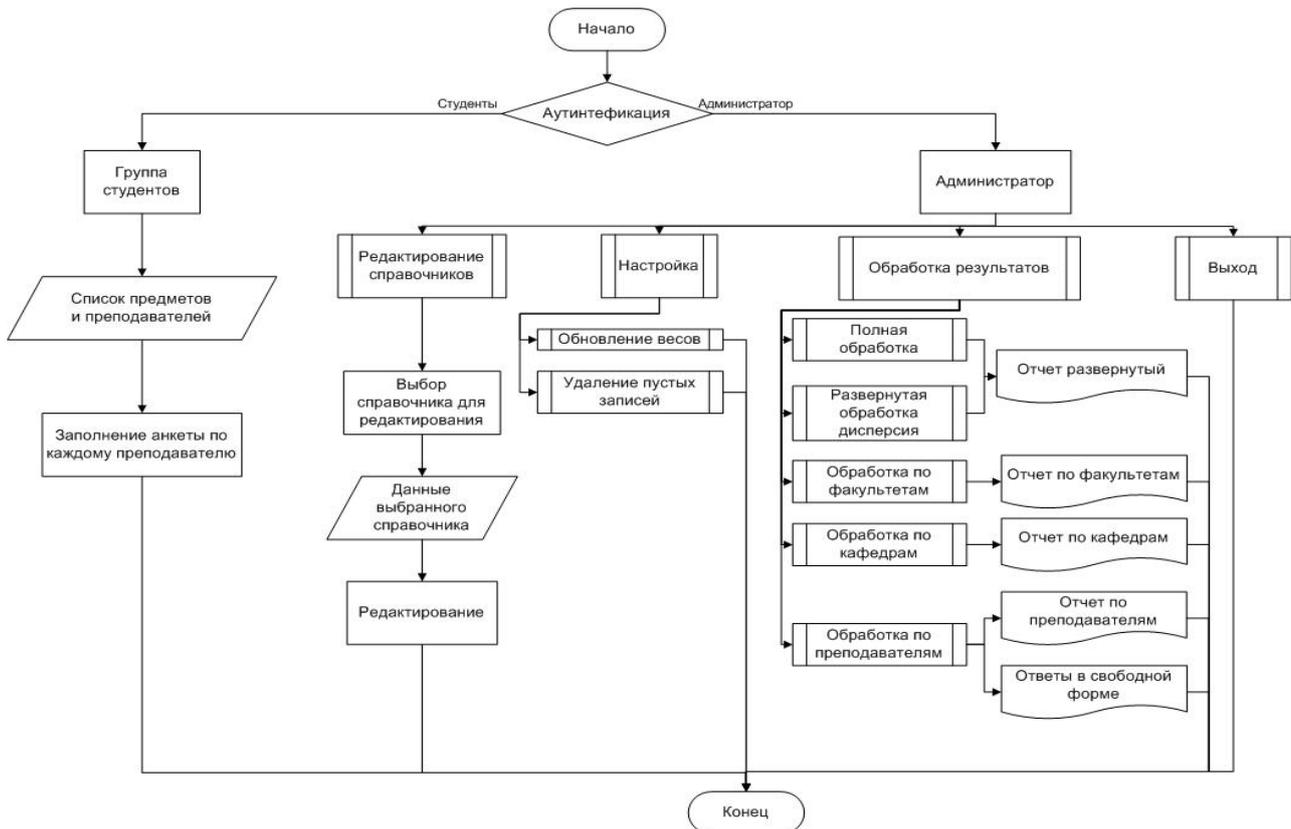


Рис. 1 Укрупненная блок-схема работы системы

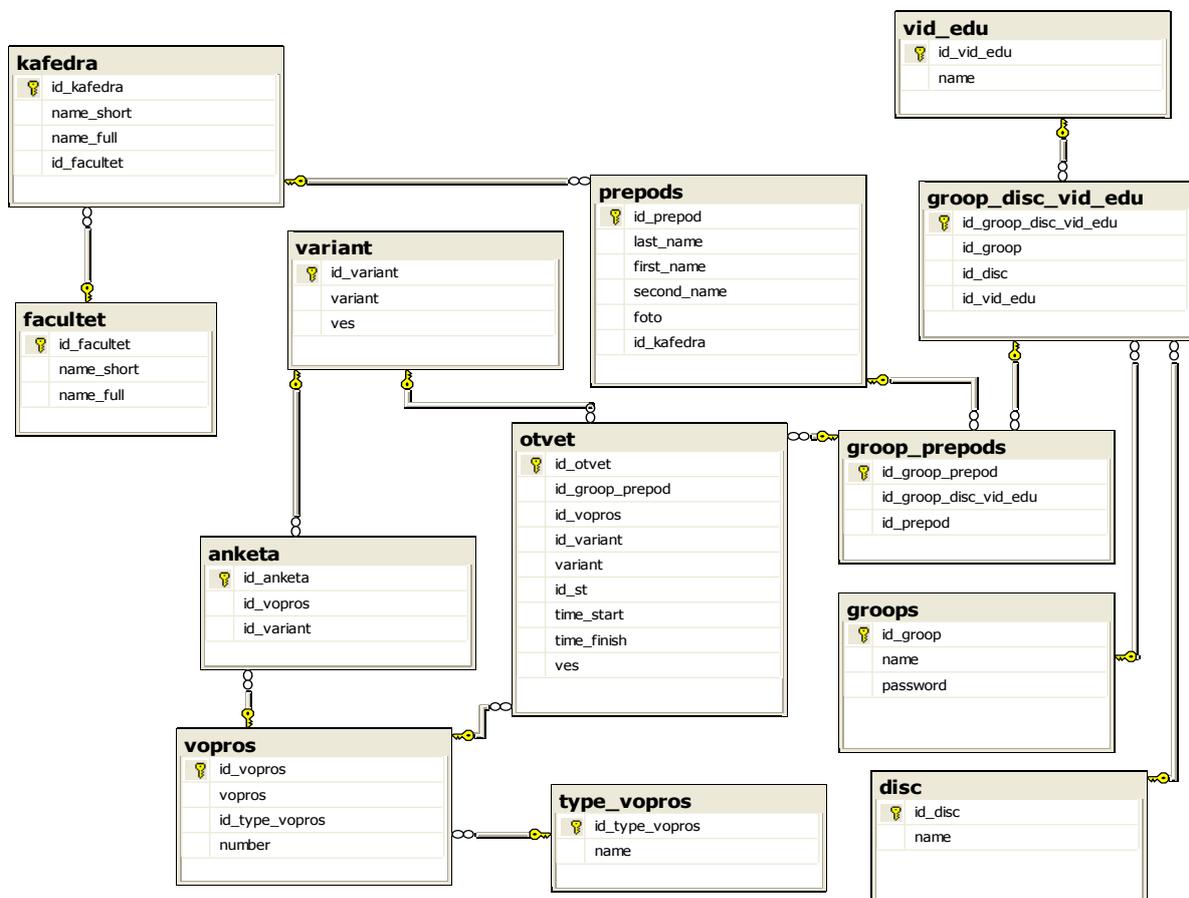


Рис. 2. Информационная модель системы

5) *личные качества преподавателя* (уровень научной эрудиции, культура речи, терпение и выдержка, интеллигентность, культура поведения).

Для оценки этих качеств сформирована следующая шкала: 5 баллов — качества проявляются практически всегда; 4 балла — качества проявляются часто; 3 балла — качества проявляются на уровне 50 %; 2 балла — качества проявляются редко; 1 балл — качества практически отсутствуют.

Кроме того, студентам предлагается оценить свои знания по изученной дисциплине и указать, какую часть занятий преподавателя они посещали (в %).

Система имеет клиент-серверную архитектуру. В качестве СУБД выбран MS SQL Server 2005. На рис. 2 представлена информационная модель системы.

В системе хранится ряд справочников:

– список факультетов, кафедр, дисциплин, преподавателей, посеместровый перечень дисциплин для каждой специальности, список групп, позволяющие быстро осуществлять заполнение анкет;

– количество студентов в каждой группе, что необходимо для оценки достоверности полученных результатов.

Анкетирование осуществляется анонимно. При входе в систему студент отмечает группу, в которой он обучается для автоматического подсчета количества студентов, прошедших опрос. При обработке учитываются только те результаты анкетирования, в котором приняло участие не менее 70 % студентов обучающихся у данного преподавателя. Индивидуальное мнение студента корректируется с учетом весового коэффициента, полученного на основе посещаемости занятий.

Так как для получения обобщенной оценки требуется обрабатывать большие объемы данных, для ускорения процесса обработки применяется распараллеливание вычислений.

На основе информации, полученной в ходе анкетирования, рассчитывается рейтинговая оценка каждого преподавателя в целом по вузу, кафедре и факультету. На основе рейтинга преподавателей составляется рейтинг качества образовательной деятельности кафедр и факультетов. Результаты рейтинговой оценки используются для различного рода поощрений.

Заключение

Система показателей, характеризующих сегодня процесс высшего образования, и, в частности, результаты обучения, не стимулирует повышение качества педагогической деятельности, так как базируется, в основном, на обеспеченности образовательного процесса факторами производства. Оценивание преподавателей студентами можно рассматривать как инструмент, который в дополнение к существующим средствам, измеряет деятельность преподавателя с позиции образовательного процесса. Анкетирование по технологии «Преподаватель глазами студентов» можно рассматривать как форму участия обучающихся в управлении образовательным учреждением, что способствует повышению их профессиональных знаний и формированию активной гражданской позиции, а также позволяет оценить себя, как участника образовательного процесса.

Список литературы

1. Федеральный закон Российской Федерации № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» от 29 декабря 2012 г.
2. Криони, О. В. Системы обратной связи в управлении качеством образовательных услуг / О. В. Криони, Л. Ф. Розанова, М. А. Якимова и др. // Проблемы качества образования : материалы XX Всерос. науч.-метод. конф., Уфа, 2010. С. 313–316.

LOGISTICS EDUCATION

1. Summary

Vorarlberg University of Applied Sciences and its degree programmes are accredited by the Austrian FH Council. Accreditation confirms that the University meets recognized quality standards for university-level education. These are periodically reviewed in a process of re-accreditation, which primarily ensures, for example, the quality of the degree programmes.

The Bachelor Program “Engineering and Management” at Vorarlberg University of Applied Sciences is a part-time programme (classes are on Friday and Saturday).

Target of Logistics Education at Bachelor Program “Engineering and Management”: Students learn basic principles and they know how and when to apply their knowledge.

Didactics is based on the fact that students have about 5 to 10 years work experience in industry. As Vorarlberg University is a University of applied sciences the application of knowledge is important for us, for students and for industry.

Evaluation gives information about outcome and results.

2. Vorarlberg University of Applied Sciences

Vorarlberg University is a public post-secondary university maintained by the State of Vorarlberg. The employees create and convey knowledge and skills through degree programmes, research and continuing education. The University has a total of 16 degree programmes in the areas of business, engineering and technology, design and the social sciences. Nine of these degree programmes are at the bachelor’s level and seven at the master’s level; of these, seven are offered as professional degree programmes. Class sizes are small, and instruction is efficient and practice-oriented. The high level of didactic skills of instructors guarantees a universal quality of instruction throughout the campus. These quality standards are supported by state-of-the-art laboratories, in which students and staff work on current research topics. The immediate connection between research and studies means that students come into contact with current research questions early on.

At Vorarlberg University of Applied Sciences, scientists and students conduct research in the areas of Process and Product Engineering, Micro technology, User-Centred Technologies, Society and Socio-Economics and Mechatronics. The international focus of degree programmes and research provides students and staff with valuable experience abroad [1].

3. Bachelor of Engineering and Management

The degree programme for a Bachelor of Engineering and Management at the FHV is an interdisciplinary simultaneous degree programme with approx. 60 % business and approx. 40 % technical content. The focus is on employed applicants with initial technical training and relevant profes-

sional experience who want to obtain qualifications at the interface of business and technology on an academic level.

After 3 years (6 semesters), students will graduate with an academic degree, which gives you the greatest possible flexibility for later decisions: You can have a career in your field, but you are also entitled to pursue a postgraduate master’s degree. And you can do this not only at our university, but at any university or FH that has implemented a degree system in accordance with the “Bologna” system (bachelor and master).

The successful graduates of the programme in Engineering and Management can be found in almost all areas of the corporate sphere, but it is possible to identify preferred areas.

Graduates from Engineers and Management are frequently used in logistics, marketing, controlling and consulting. A large number of engineers with business administration also receive positions in corporate management, where both technological knowledge and business thinking are required. For this reason, there are many possible fields of work in various professions after graduating with a bachelor’s degree [2].

The degree programme for a Bachelor of Engineering and Management is divided in 5 divisions (see fig. 1).

Division 1: Economics

Division 2: Social Skills

Division 3: IT

Division 4: Engineering

Division 5: English

The divisions cover all 3 years. In the 3rd year the integration of the content of all divisions is the main focus. Students have to work on case studies, projects and topics which need perspectives from all divisions.

4. Logistics Education

Logistics is part of Division 1 and being taught in the 2nd and 3rd year. For the 3rd year students have to decide either for Marketing or for Logistics/Supply Chain Management. About 60 % of students select Logistics/Supply Chain management.

Logistics1, 3rd semester: Topics are Procurement, Operations Management and Warehousing. Didactics: Problem Based Learning, Simulations.

Logistics2, 4th semester: Topics are Lean Manufacturing and KAIZEN. Didactics: Simulation and Gaming, Problem Based Learning.

Supply Chain Management, 5th semester: Topics are Supply Chain management and Warehousing. Didactics: Case studies and lectures.

Supply Chain Management, 6th semester: Topics are Global distributions; Transfer and integration of concepts. Didactics: Simulations, lectures, case studies.

Some of the lessons in Logistics and other subjects are being taught in English language by guest lectures from other countries (e. g. Finland, Netherlands).

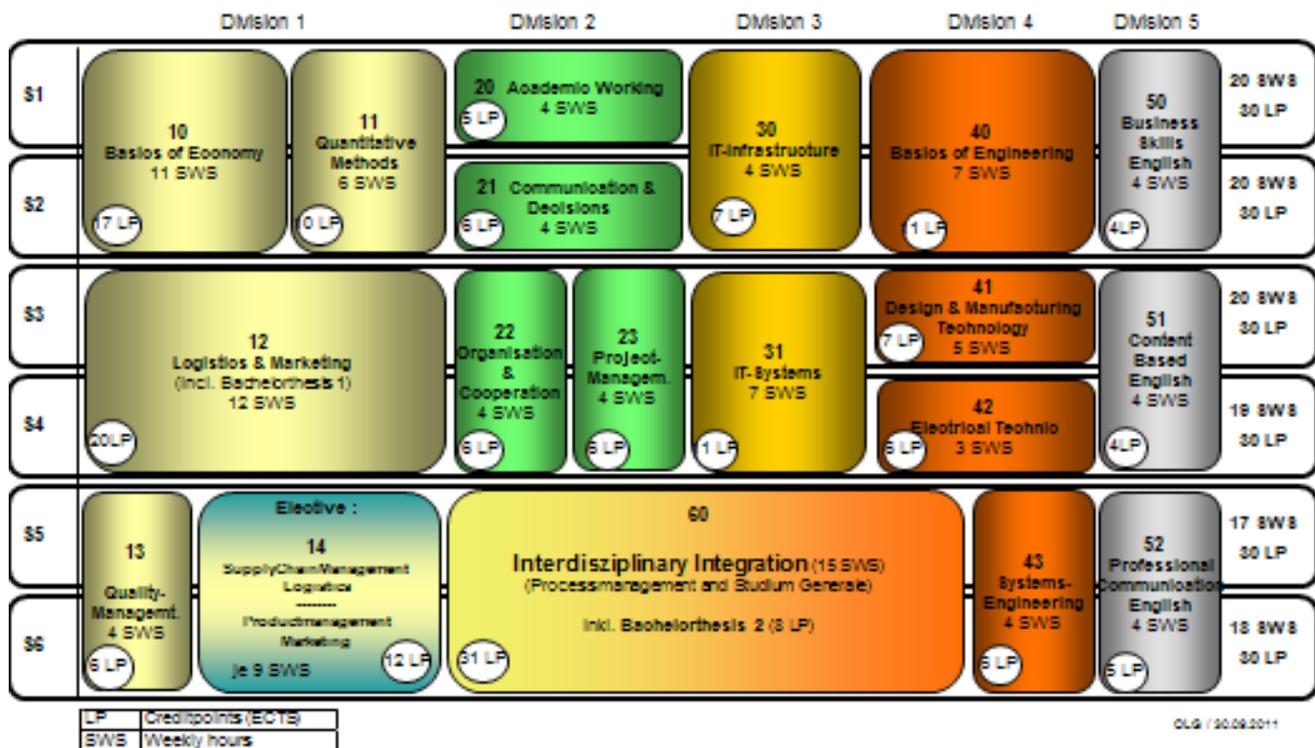


Fig. 1. Structure Bachelor of Engineering and Management

5. Didactics

We are proud to have a great bunch of different didactics in teaching logistics. Front lecturing has a percentage of not more than 20 %. Main focus is on group work and on self-studying. Students have to learn how to learn outside the classroom in small groups.

1. Simulation & Gaming.

Games and simulations are powerful tools. They are based on learning from experiences [3].

We are using about 6 different types of simulations to teach various aspects of Logistics and Operations Management. In average there is one simulation about logistics per semester.

All simulations were improved, modified and adopted to our needs over the last 15 year. Usually we start with the board game version. IT-modules normally have to be designed and/or implemented by students.

Example: SCM Simulator

SCM-Simulator starts as a simple board game with very simple products (see: FIGURE 2). Lego bricks have to be completed to little towers.

Complexity can be easily increased by the instructor. After participants have analysed processes they can improve or re-design information systems and processes. First paper based. Transfer to IT is possible. As the game is dealing with physical goods (towers) material flow has to fit to information flow.

There is also a radio-frequency identification (RFID) module which can be included to the procurement

process. Supplier and Customer get reading units. IT based product information can be stored and used by both the customer and the supplier. Like in real life the challenge is the implementation of the new processes and the new system while the business is going on (in the simulation).

Complexity can be increased easily. Even professionals reach their limits. The SCM-Simulator normally takes 4 full days for about 12 participants.

2. Problem Based Learning.

Problem-based learning (PBL) is a method of learning in which the learners first encounter a problem, followed by systematic, student-centred enquiry process [4].

The enquiry process is divided into the “7-steps of PBL”:

Step 1: Explain unknown wording, statements and concepts

Step 2: Define the problem(s)

Step 3: Brainstorm - analyse/try to explain the problem(s)

Step 4: Make a systematic inventory of explanations

Step 5: Formulate self-study assignments

Step 6: Perform self-study assignments

Step 7: Report and evaluate on self-study. After each group meeting, the group formulates the next stage of the self-study assignments.

For logistics we have been using PBL for more than 10 years. In 2007 we organized the first PBL conference in German language about PBL which was repeated in 2012 in Vienna.

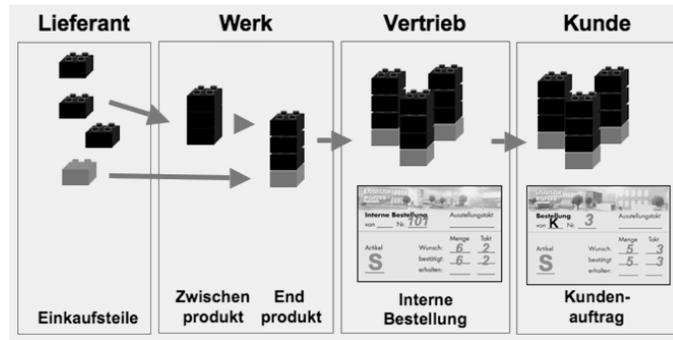


Fig. 2. SCM Simulation — Products

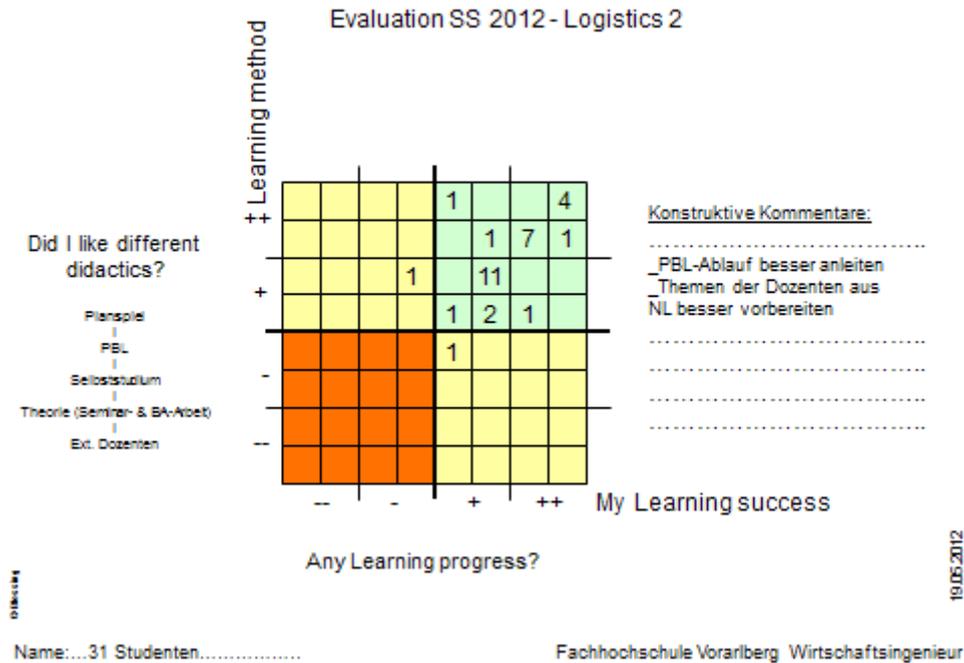


Fig. 3. Evaluation — one example

6. Feedback

On regular base students give us feedback about their learning progress and about the different types of didactics we use.

Of course not all students like all different types of didactics. This influences the learning progress of the individual student.

At the end of each semester students give a short written feedback. It influences structure and content of next year's term.

On fig. 3 you can see the feedback results from June 2012.

The results are positive like in the previous years. But there are a few critical comments about the PBL-sessions. They missed support in terms of structure.

Further a few students wrote that there should be a better briefing for guest lecturers from other Universities. Obviously there was some repetition.

7. Future developments

Continuous improvement process in logistics education will be continued.

International aspects will become more emphasis. Summer school with focus on logistics was organized together with Chelyabinsk State University in 2011 and 2012. More than 40 students came from Austrian to South Ural to learn about logistics — and about Russia.

References

1. <http://www.fhv.at/fhv-organisation/organisation-fh-vorarlberg>.
2. <http://www.fhv.at/fhv-studies/technology/engineering-business-administration/worth-knowing/mechatronics-at-vorarlberg-university-of-applied-sciences>.
3. Jones, Ken. Games and Simulations Made Easy. Kogan Page, 1997.
4. Problem-Based Learning: An Approach to Medical Education / Howard S. Barrows, Robyn M. Tamblyn. Springer Publishing Company, 1980.

ИНТЕРАКТИВНЫЙ МОНИТОР РОБОТА-ПРОЕКТАНТА

Приведена концепция интерактивного монитора интеллектуального помощника проектанта — системы поддержки принятия конструкторских решений в предметной области «самолетостроение». Предложен новый подход к взаимодействию между САД системой и пользователем на примере разрабатываемого помощника проектанта. Показана принципиальная схема взаимодействия между расчетной методикой, модулем метамодели и интерактивным монитором помощника проектанта.

Возрастающие требования к эффективности конструкторской деятельности диктуют необходимость выработки новых подходов к проектированию с использованием САД систем. Одним из наиболее перспективных методов повышения продуктивности является повторное использование информации [1]. В случае с проектной деятельностью это означает формализацию расчетных методик и конструкторских эвристик при проектировании типовых изделий. Разрабатываемый робот-проектант или интеллектуальный помощник проектанта — это автоматизированный аппаратно-программный комплекс, чьей задачей является автоматическое формирование модели самолета на этапе предварительного проектирования. Робот-проектант объединяет параметризованную САД метамодель, базу знаний, содержащую статистическую и справочную информацию, а так же интерактивный монитор — пользовательский интерфейс интеллектуального помощника. Функция интерактивного монитора — обеспечение взаимодействия пользователя с интеллектуальным помощником, что позволяет пользователю в реальном времени вносить коррективы в работу системы.

В настоящее время в самолетостроении прослеживается два основных тренда — повышение технической сложности самолетов и рост потребности в модификациях под конкретных пользователей [2]. Усложнение задач, стоящих перед конструкторами, требует выработки новых подходов к проектированию.

Появление первых программ для автоматизации проектирования относится к началу 1960-х г. За время, прошедшее с момента своего появления, САПР непрерывно развивались — появлялась и усложнялась машинная графика, повышалась точность и эффективность вычислительных алгоритмов, отдельные программы для решения частных задач объединялись в сложные программные системы, расширялась область применения САПР [3]. Высокая степень формализации процессов проектирования позволяет компьютерным системам выполнять все больший и больший набор функций.

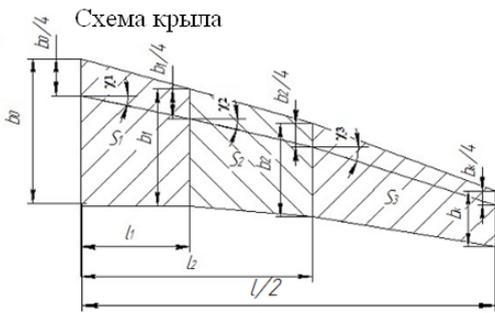
Для современных САПР характерно использование элементов искусственного интеллекта. К сожалению, текущий уровень развития вычислительных средств не позволяет еще создать систему на основе искусственного интеллекта, которая бы была в состоянии синтезировать принципиально новые конструкционные решения. Для создания такой системы

необходимо качественное изменение архитектуры компьютеров. Современные вычислительные средства позволяют эффективно решать задачи подбора решения из имеющихся вариантов и его оптимизации под конкретный случай, чего вполне достаточно для решения практических задач [4].

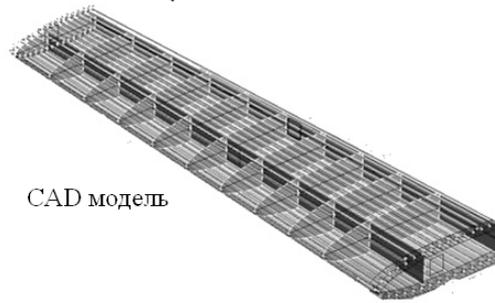
При условии достаточной формализованности проектной задачи уже сегодня можно создать компьютерную систему, которой по силам параметрическая оптимизация (в т. ч. структурная) неких заранее описанных моделей. Оптимизация происходит в заданном направлении, при этом из метамодели изделия, которая создается заранее и включает в себя множество возможных интерпретаций конечного изделия, постепенно выделяется конкретное представление (изделие), максимально удовлетворяющее заданным условиям [5]. Известно, что конструирование — это сфера деятельности, в которой широко применяются эвристические решения, что значительно усложняет задачу создание систем автоматического проектирования. Однако, для типовых изделий, незначительно отличающихся от вариации к вариации, возможно создание формального описания процесса проектирования достаточной полноты [6]. Для большинства ситуаций выбора существует возможность предварительного задания поведения системы на основе определенных критериев. Система, не обладающая интеллектом в полном смысле, все же может автоматически синтезировать решения задач, обычно требующих вмешательства человека [7; 9].

Таким образом, можно переложить часть рутинной работы проектанта с человека на вычислительный комплекс, оставив человеку принятие ключевых решений и общий контроль за проектированием с возможностью коррекции процесса в любой момент времени. Реализация такой системы невозможна без глубокой проработки метамodelей, осуществляемой на этапе подготовки системы к расчету. Создание таких метамodelей — задача, требующая высокой квалификации и опыта, так как свойства метамodelи в значительной степени определяют функциональные возможности робота — проектировщика.

В качестве предметной области для реализации робота-проектанта было выбрано предварительное проектирование самолета. Результатом работы робота-проектанта является модель изделия [8; 9]. Она состоит из 2 взаимосвязанных частей — интерактивного монитора на базе матрицы проекта (МП) с логикой



Принципиальная
схема конструкции



Монитор

Выбор формы крыла в плане и параметров органов управления по крену

Выбор формы крыла в плане:

Влияние формы крыла в плане можно оценить по величине индуктивного сопротивления $C_{pi} = \frac{1+\delta}{\pi \cdot \lambda} C_p^2$

$\delta=0,002 \dots 0,005$

$\delta=0,02 \dots 0,08$

$\delta=0,05 \dots 0,12$

Выбор параметров органов управления по крену:

На основании анализа статистических данных по самолетам-аналогам можно сделать вывод, что в большинстве случаев в качестве органов управления по крену применяются концевые элероны.

Предварительные значения геометрических параметров элеронов

Относительная площадь элеронов	0,068
Относительный размах элеронов	0,315
Относительная хорда элеронов	0,26
Относительная координата концевой хорды элеронов	0,95
Максимальный угол отклонения элерона вверх	25
Максимальный угол отклонения элерона вниз	15

Формальные ограничения,
проектные переменные

Схема взаимосвязи интерактивного монитора работа-проектанта, CAD модели и принципиальной схемы крыла

расчета (в текущем варианте, выполненной на основе таблиц MS Excel) и параметризированной трехмерной модели (выполненной в CAD CATIA), которая автоматически меняет собственную конфигурацию в зависимости от данных, содержащихся в МП [9]. Стадия предварительного проектирования включает разработку общей концепции проектируемого объекта, составление моделей элементов объекта, формирование технико-экономического обоснования [10].

Эффективное решение задачи предварительного проектирования самолета требует создание его моделей [11]. Исходными данными для расчета служит техническое задание на проектирование, информация из которого обрабатывается по некоторому сценарию расчета с использованием баз знаний интеллектуального помощника. Расчет проектных параметров изделия производится расчетными модулями, которые получают необходимую информацию из МП и передают в нее результат своей работы. При формировании информационного представления будущего изделия на основе комплекса информационных моделей необходимо обеспечивать согласованность данных [12]. Одним из способов обеспечения такой согласованности является использование онтологии при формировании информационной модели. Выполнение конкретного модуля инициируется при условии достаточности входных данных для этого модуля, при этом входом одних модулей может являться выход других. Выполнение независимых модулей может идти параллельно, однако при работе с интерактивным монитором вывод информации на экран производится поэтапно.

Модульная структура вычислительной подсистемы интеллектуального помощника позволяет реализовать возможность выбора среди нескольких методов расчета, а также при необходимости комбинировать их.

Описание объекта, формируемое на стадии предварительного проектирования, включает его конструктивную схему, приближенные оценки массы и габаритных размеров, энергопотребления, показателей надежности. В ответственных случаях необходимо изготовление и испытание макетных образцов проектируемых изделий.

Совокупность используемых в решении конкретной задачи расчетных модулей формирует сценарий расчета. Он зависит от типа решаемой задачи, степени вовлеченности человека в процесс работы работа-проектанта, а также от выбранного метода расчета.

В качестве примера рассмотрен модуль построения модели крыла самолета. По принципиальной схеме строится метамодель крыла, содержащая в себе набор конструкторских эвристик и взаимосвязь проектных параметров. При инициализации очередного этапа расчета проектные переменные для модели выводятся на интерактивный монитор работа-проектанта, где с ними может взаимодействовать пользователь без необходимости прямого вмешательства в модель из CAD системы (рисунок).

Предполагается, что робот-проектант может работать в автоматическом режиме, или же в режиме интеллектуального помощника проектанта-человека, при этом степень участия человека в процессе расчета не является постоянной величиной и зависит от желания конкретного пользователя. Иными словами, для каждого оператора предварительно, или динамически в процессе работы создается сценарий общения, включающий в себя степень автоматизации расчета, выбор предпочтительных устройств ввода-вывода данных, необходимость выполнения тех или иных этапов расчета. Таким образом, вид интерактивного монитора работа-проектанта зависит от предпочтений

конкретного пользователя и расчетного модуля, выполняемого в текущий момент.

Реализация интерактивного монитора позволяет в реальном времени осуществлять контроль над работой робота-проектанта и, при необходимости, оперативно вносить изменения в проект. Преимуществом интерактивного монитора является его ориентированность на взаимодействие с пользователем на языке, близком к естественному. Таким образом, для работы со сложными САД моделями от пользователя не требуется навыков работы с конкретной САД системой, только знания в предметной области.

Список литературы

1. Wang, C. Towards the reuse of shape information in CAD // TMCE 2002. 2002. April 22–26. P. 103–117.
2. Колганов, И. М. Технологичность авиационных конструкций, пути повышения. Ч. 1 : учеб. пособие / И. М. Колганов, П. В. Дубровский, А. Н. Архипов. Ульяновск, 2003.
3. Норенков, И. П. Основы автоматизированного проектирования : учеб. для вузов. М., 2009.
4. Panos, Y. Papalambros. Principles of Optimal Design: Modeling and Computation. Cambridge University press, 2000.
5. Yoshioka, M. An Integrated Design-Object Modeling Environment Pluggable Metamodel Mechanism // Turk J. Elec. Engin. 2001. Vol. 9. P. 43–62.
6. Bill, C. Development and application of a computer-based system for conceptual aircraft design. Delft University Press, 1988.
7. Виттих, В. А. Ситуационное управление с позиций постнеклассической науки // Онтология проектирования. 2012. № 2(3). С. 7–15.
8. Боргест, Н. М. Разработка интерфейса интеллектуального помощника проектанта / Н. М. Боргест, Р. В. Чернов, Д. В. Шустова // OSTIS-2012 : материалы междунар. науч.-техн. конф. / Белорус. гос. ун-т информатики и радиоэлектроники. Минск, 2012. С. 335–338
9. Боргест, Н. М. Робот-проектант: фантазия и реальность / Н. М. Боргест, М. Д. Коровин // Онтология проектирования. 2012. № 4 (6). С. 73–94.
10. Егер, С. М. Основы автоматизированного проектирования самолетов : учеб. пособие / С. М. Егер, Н. К. Лисейцев. М. : Машиностроение, 1986.
11. Комаров, В. А. Точное проектирование // Онтология проектирования. 2012. № 3(5). С. 8–23.
12. Левков, А. Повышение согласованности данных в современных информационных системах // Информационные технологии и системы [Электронный ресурс] : тр. Второй междунар. науч. конф., Банное, Россия, 27 февр.— 3 марта 2013 г. (ИТиС – 2013) : науч. электр. изд. / отв. ред. А. В. Мельников. Челябинск : Изд-во Челяб. гос. ун-та, 2013. С. 139–142.

ИНФОРМАЦИОННОЕ И МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ УПРАВЛЕНИИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Результаты исследований частично поддержаны грантами № 12-02-00190 и № 13-07-00273-а

Рассматриваются вопросы разработки информационного и методического обеспечения СППР при управлении экологической безопасностью промышленного предприятия. Экологический риск-ориентированный аудит рассматривается как инструмент оценки уровня экологической безопасности предприятий. Построены функциональная и информационная модели процесса проведения экологического аудита.

В последнее время, в связи с вступлением России в ВТО, наблюдается усиление роли аудита в системе управления экологической безопасностью предприятий, что в свою очередь требует совершенствования методического обеспечения для его проведения. Экологический аудит постепенно из инструмента контроля за соблюдением выполнения нормативов и требований природоохранного законодательства превращается в инструмент обеспечения экологической безопасности [1].

Для поддержания требуемого уровня экологической безопасности промышленного предприятия предлагается разработать подход к обеспечению лица, принимающего решение информационной поддержкой как в процессе проведения экологического аудита и выработки рекомендаций по результатам проведения аудита, так и в процессе принятия итогового решения. Экологический аудит, основанный на риск-ориентированном подходе, предлагается рассматривать как инструмент оценки уровня экологической безопасности предприятий.

Специфика аудиторской деятельности связана с тем, что аудитору приходится анализировать огромный объем разнородной информации, при этом отсутствует единая методика проведения экологического аудита. В статье рассмотрены вопросы разработки информационного и методического обеспечения системы поддержки принятия решений (СППР) при управлении экологической безопасностью предприятия.

Процесс проведения экологического риск-ориентированного аудита как инструмента обеспечения экологической безопасности промышленного предприятия (рис. 1) представлен в виде структурированного отображения функций [2]:

- качественная оценка уровня экологической безопасности;
- количественная оценка уровня экологической безопасности;
- выработка рекомендаций по повышению уровня экологической безопасности и оценка эффективности предложенных рекомендаций;

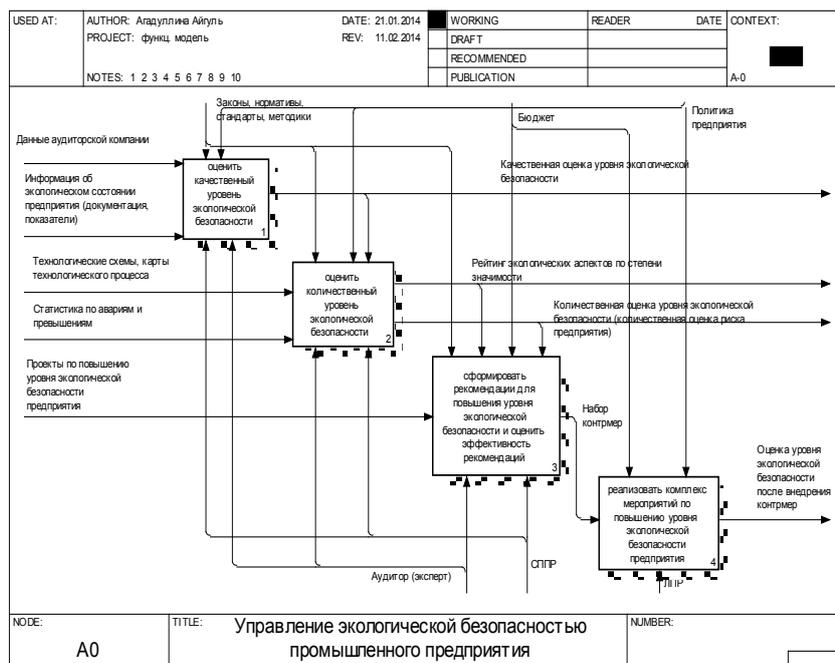


Рис. 1. Процесс проведения экологического риск-ориентированного аудита

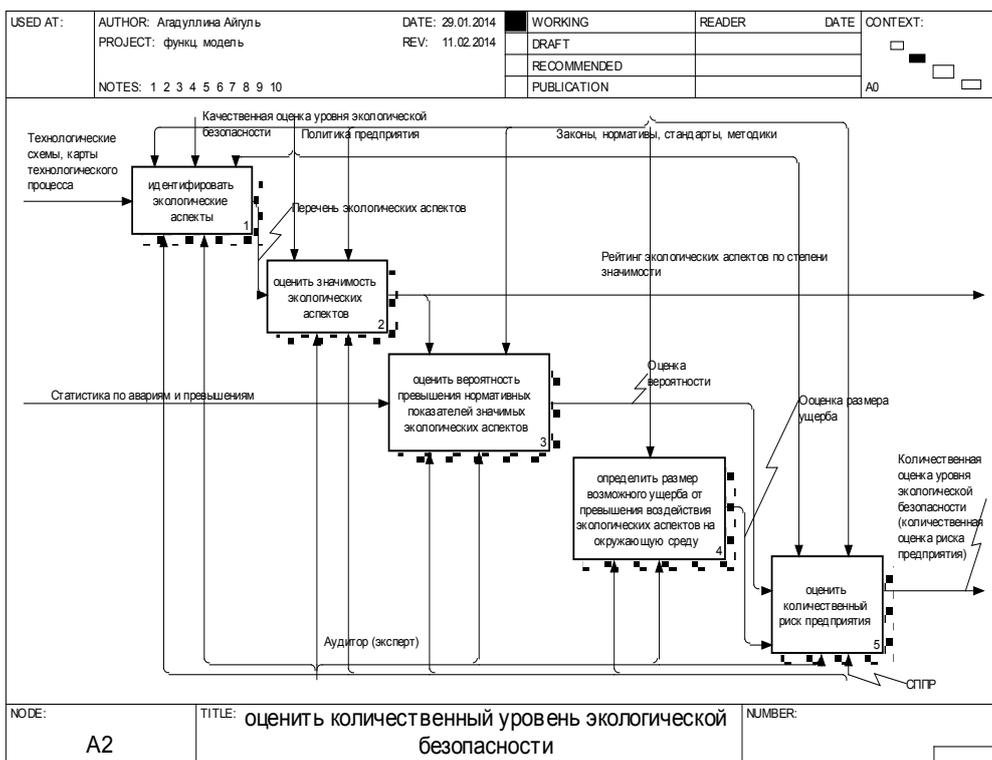


Рис. 2. Оценка количественного уровня экологической безопасности

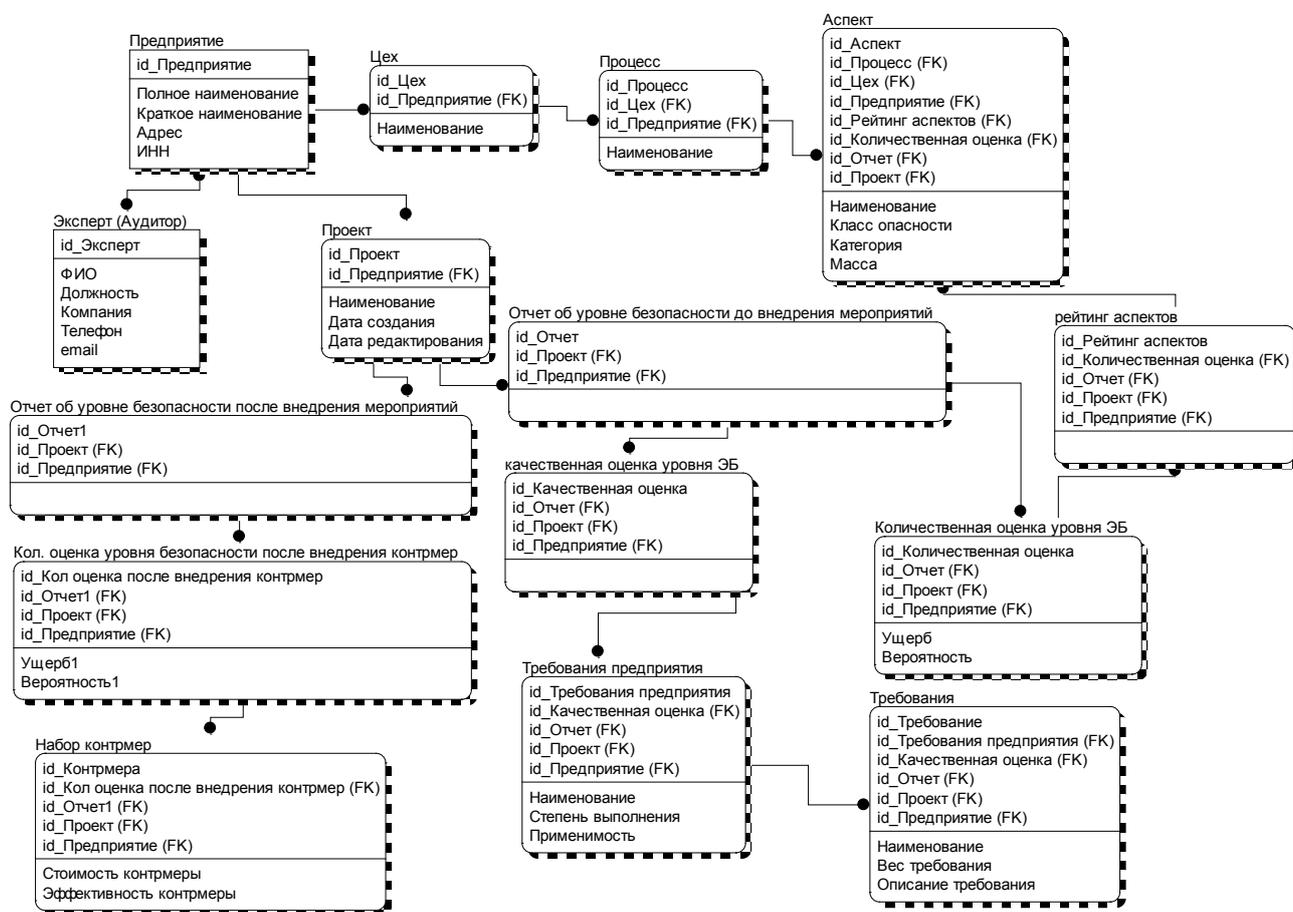


Рис. 3. Фрагмент информационной модели

– реализация комплекса мероприятий по повышению уровня экологической безопасности.

Концепция риск-ориентированного аудита дополнительно к традиционному аудиту включает и процесс количественной оценки уровня экологической безопасности (рис. 2).

Разработанная функциональная модель процесса проведения экологического риск-ориентированного аудита позволяет представить модель системы в виде иерархической структуры отдельных диаграмм, описывающих процесс поддержки принятия решений при управлении экологической безопасностью промышленного предприятия. Результаты моделирования определяют иерархию функций и позволяют выделить функции соответствующих модулей системы [3; 4].

Анализ рассматриваемой предметной области, информационных потоков на предприятии, связанных с процессами проведения экологического аудита, выработки рекомендаций по результатам аудита и принятия итогового решения позволил разработать информационную модель (рис. 3) [5]. Выделены сущности (предприятие, цех, процесс, аспект, эксперт и др.), идентифицированы связи и атрибуты.

Разработанные системные модели были положены в основу прототипа системы поддержки принятия решений при управлении экологической безопасностью промышленного предприятия.

Большие объемы разнородной информации, используемые специалистами различного уровня с целью выработки и принятия решения при управлении уровнем экологической безопасности промышленного предприятия, отсутствие единой методики проведения экологического аудита (инструмента оценки уровня экологической безопасности предприятий) влекут за собой необходимость разработки СППР, в том числе ее информационное и методическое обеспечение. На основе методологии системного моделирования построены функциональная и информационная модели процесса проведения экологического

риск-ориентированного аудита, которые позволяют описать функциональную структуру и структуру информационных потоков процесса поддержки принятия решений при управлении экологической безопасностью промышленного предприятия.

В статье изложены результаты исследований, частично поддержанных грантами 12-02-00190 «Система поддержки принятия решений при управлении рисками в чрезвычайных ситуациях для повышения экономической эффективности и экологической безопасности деятельности производственных объектов», 13-07-00273-а «Интеллектуальная поддержка принятия решений в задачах ситуационного управления сложными социально-экономическими системами».

Список литературы

1. Малкова, Л. С. Методы и модели риск-ориентированного внутреннего аудита промышленного предприятия : автореф. дис. ... канд. экон. наук. СПб : С.-Петербург. гос. инженер.-эконом. ун-т, 2011.
2. Куликов, Г. Г. Автоматизированное проектирование информационно-управляющих систем. Системное моделирование предметной области : учеб. пособие / Г. Г. Куликов, А. Н. Набатов, А. В. Речкалов. Уфа, 1998.
3. Юсупова, Н. И. Системное моделирование процесса информационной поддержки разработки паспортов безопасности опасных производственных объектов / Н. И. Юсупова, С. А. Митакович, К. Р. Еникеева // Вестн. Уфим. гос. авиац. техн. ун-та. 2008. Т. 10, № 2 (27). С. 80–87.
4. Карманов, В. В. Система экологического менеджмента: учеб. пособие / В. В. Карманов, Г. С. Арзамасова, С. В. Карманова. Пермь : Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2012.
5. Система управления знаниями для обеспечения промышленной безопасности / М. Б. Гузаиров, Н. С. Минасова, В. Ю. Пензина // Вестн. Уфим. гос. авиац. техн. ун-та. 2013. Т. 17, № 4 (57). С. 176–184.

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ СОСТАВЛЕНИЕ РАСПИСАНИЯ В ВУЗЕ

Рассматривается математическая модель задачи составления расписания, формализующая исходные данные и граничные условия.

В настоящее время увеличение количества требований при составлении расписания, сокращение времени при одновременном повышении качества требует использования самых современных компьютерных технологий. Программ составления расписаний, в т. ч. для вузов, существует на данный момент большое количество. Существуют как самостоятельные комплексы, так и модули корпоративных систем управления вузом. Для всех этих систем характерна сильная зависимость от специфики конкретных учебных заведений на уровне представления данных, что затрудняет использование программы, разработанной для одного вуза, в другом.

При выборе средств автоматизации учебного расписания следует также учитывать размерность реальной задачи составления расписания, которая может быть весьма велика даже для небольшого вуза.

Для примера приведем необходимый объем данных для решения этой задачи в Челябинском государственном университете (очное и заочное формы обучения, 2013/14 г.):

- группы: 2139;
- РУП: 1060;
- дисциплины: 19028;
- преподаватели: 2170;
- корпуса: 8

Если в вузе отсутствует единая система управления и планирования учебным процессом, включающая все указанные данные, то разработка и внедрение какой-либо программы автоматизации расписания практически невозможна.

В большинстве вузов на данный момент существуют корпоративные системы управления либо разработанные самостоятельно, либо приобретенные. Соответственно кафедральные поручения формируются учебным отделом в этой системе, после чего кафедра определяет преподавателя для каждой строки поручения.

Базовым документом, аккумулирующем все необходимые данные для формирования расписания, был выбран документ, называемый в вузах «заявка на расписание». Документ формируется автоматически, сотрудники кафедры указывают только ограничения на выбор аудитории (со специальным оборудованием) и ограничения на время проведения для конкретного преподавателя.

Все дополнительные требования к заявке формализованы.

Математическая модель задачи составления расписания сводится к задаче нелинейного булева программирования с ограничениями [1]. Критерии задаются в виде формул исчисления предикатов.

Введем следующие обозначения.

1. Группы: $G = \{g : g = 1 \dots |G|\}$.
2. Преподаватели: $P = \{p : p = 1 \dots |P|\}$.
3. Дисциплины: $D = \{d : d = 1 \dots |D|\}$.
4. Виды занятий: $V = \{v : v = 1 \dots |V|\}$.
5. Аудитории: $A = \{a : a = 1 \dots |A|\}$.
6. Недели: $N = \{n : n = 1 \dots |N|\}$.
7. Дни: $S = \{s : s = 1 \dots |S|\}$.
8. Пары: $T = \{t : t = 1 \dots |T|\}$.
9. Корпуса: $K = \{k : k = 1 \dots |K|\}$.

$|N|=2, H = \{h : h = 1 \dots |H|\}$, единица времени $h(n, t, s) = (n-1)|S| + (s-1)|T| + t$.

$G = C \cup M \cup L$; $C = \{c : c = 1 \dots |C|\}$ — группы.

$M = \{m : m = |C| + 1 \dots |C| + |M|\}$ — потоки.

$L = \{l : l = |C| + |M| + 1 \dots |C| + |M| + |L|\}$ — подгруппы.

$\|CM_{cm}\|_{|C| \times |M|}$ — соответствие между группами и потоками.

$\|CL_{cl}\|_{|C| \times |L|}$ — соответствие между группами и подгруппами.

$a \in K_k, K = \bigcup_{k=1}^{|K|} K_k \cup K_k = \emptyset, k(a)$ — корпус аудитории a .

$\tau_{ij} : i \dots |K|, j = 1 \dots |K|$ — длительности переходов между корпусами.

Фамилия преподавателя	Наименование дисциплины	Виды занятий			Числ. студентов	под-групп	группа	Не-дель	Место проведения занятий, оборудование	Примечания
		лек-ции	пра-ктич.	Ла-бо-рат.						
Иванов	Алгебра	2			50		БИ-1, ИВТ-1	118	проектор	Кроме субботы Кроме первой пары
Петров	Алгебра			2	24	2	БИ-101	118	Комп. класс	В один день
Петров	Алгебра			2	26	2	ИВТ-101	18	Комп. класс	

Формируется модулем распределения нагрузки

Дополнительные требования

$X_{gpdvanst} = 1$, если у g -й группы по d -й дисциплине назначен v вид занятия у p -го преподавателя в a -й аудитории в s -й день на t -й паре n -й недели, и 0 в противном случае.

δ (массив, индекс элемента) — функция, возвращающая TRUE, если элемент массива представляет собой обязательное требование, и FALSE, если требование желательно.

$\|Q_g\|_{|G|}$ — вектор численности групп.
 $\|W_a\|_{|A|}$ — вектор вместимости аудиторий.
 $\|\Omega_{cn}\|_{|C| \times |Z| \times |N|}$ — число занятий z на неделе n у группы c .

$R(c, h)$ — функция, возвращающая 1, если в группе c во время h есть занятие, иначе 0;

$$R(c, h) = \left(\sum_{(\forall z, p, a)} X_{cpzah} \right) + \left(\sum_{(\forall z, p, a) (\forall l \in \{l: CL_{cl}=1\})} X_{plzah} \right) + \left(\sum_{(\forall z, p, a) (\forall m \in \{m: CM_{cm}=1\})} X_{mpzah} \right).$$

$\|C^{\max\text{пар}}\|_{|C|}$ — максимальное количество пар в день у учебной группы c ;

$\|PNS_{pns}^{\max\text{пар}}\|_{|P| \times |N| \times |S|}$ — максимальное пар занятий пар занятий в день s на неделе n у преподавателя p ;

$\|P_p^{\max\text{пар}}\|_{|P|}$ — требование преподавателя p о проведении его занятий без окон;

$\Psi_c = c \cup l \in \{l: CL_{cl} = 1\} \cup m \in \{m: CM_{cm} = 1\}$ — множество групп, а также формируемых из нее подгрупп и потоков.

Задание ограничений.

1. В единицу времени у преподавателя в аудитории не должно быть больше одного занятия

$$(\forall h, a): \sum_{(\forall z, g, p)} X_{gpzah} \leq 1, (\forall h, g): \sum_{(\forall z, p, a)} X_{gpzah} \leq 1,$$

$$(\forall h, p): \sum_{(\forall z, g, a)} X_{gpzah} \leq 1, (\forall h, c): R(c, h) \leq 1.$$

2. Ограничение на вместимость аудиторий

$$(\forall h, g, a): \sum_{(\forall z, p)} Q_g * X_{gpzah} \leq W_a.$$

3. Число назначенных пар в день каждой учебной группе не должно превышать указанного количества

$$(\forall c, n, s): (\delta(C^{\max\text{пар}}, c) \Rightarrow \sum_{(\forall t)} R(c, h(n, s, t)) \leq C_c^{\max\text{пар}}).$$

4. Число пар у преподавателя p в день s не может превышать указанного количества

$$(\forall p, n, s): (\delta(PNS^{\max\text{пар}}, p, n, s) \Rightarrow \sum_{(\forall g, z, a, t)} X_{gpzah} \leq PNS_{pns}^{\max\text{пар}}).$$

5. Критерии требований логического типа.

Минимизация интервала времени между первым и последним занятием у группы в день (минимизация окон)

$$\sum_{(\forall c, n, s)} (\max_t (t * R(c, h(n, s, t))) - \min_t (t * R(c, h(n, s, t)))) \rightarrow \min.$$

Максимизация числа дней у группы, когда все занятия проходят в одном корпусе

$$\sum_{(\forall n, s, c)} \text{sign}(P2(n, s, c)) \rightarrow \max.$$

Аналогичным образом строятся остальные критерии данного типа:

– минимизация количества неиспользованных мест в аудиториях;

– равномерное число количества занятий в день у группы;

– минимизация интервала времени между первым и последним занятием в день у преподавателя.

Сформулированные критерии и ограничения определяют класс математических моделей, охватывающей весь комплекс необходимых требований. Конкретная форма моделей с заданным числом ограничений может быть определена на практике только после ввода всей необходимой информации.

Список литературы

1. Базара, М. Нелинейное программирование. Теория и алгоритмы / М. Базара, К. Шетти. Wiley, 2016.

О НЕКОТОРЫХ ВОПРОСАХ ПРЕПОДАВАНИЯ ДИСЦИПЛИН «ИНФОРМАТИКА», «ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ» ДЛЯ СТУДЕНТОВ ТЕХНИЧЕСКИХ ФАКУЛЬТЕТОВ

При преподавании дисциплин «Информатика» и «Информационные технологии» для направлений технических специальностей возникает проблема, связанная с методикой подачи абстрактного материала по языкам программирования высокого уровня. Особенность обучения будущих инженеров заключается в необходимости совмещения стандартной методики применительно к уже полученным ими знаниями в их предметных областях.

На кафедре «Информационные технологии и автоматизация проектирования» реализована методика преподавания дисциплин «Информатика» и «Информационные технологии» для студентов направлений «Машиностроение» и «Стандартизация и метрология», основанная на использовании программирования задач из машиностроительной сферы и средств электронного обучения.

Основные идеи:

1. В связи с утверждением политики и положения об организации образовательного процесса с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий теоретический материал выдается в виде электронно-методического учебника. Использование электронных ресурсов является важным элементом в познании нового материала, позволяет сделать изучение языка Borland Delphi более

понятным и эффективным благодаря использованию таких приемов как:

- освоением образовательных материалов путем самостоятельной работы студентов с базой данных;
- постепенным снижением степени поддержки, с тем чтобы обучающиеся были готовы и хотели абсолютно самостоятельно реализовывать свои проекты;
- осуществлением независимости изучения материала от временных рамок;
- повышением динамичности и модификации учебного материала.

В основу созданного учебного пособия положены ряд принципов:

- принцип квантования: разбиение материала на модули;
- принцип наглядности: каждый модуль состоит из кадров с минимумом текста и визуализации, облегчающей понимание и запоминание нового материала;
- принцип ветвления: каждый блок связан гиперссылками с основным модулем. Внешний вид электронного учебника представлен на рис. 1.

2. Практический материал выдается с применением используемой в УРФУ идеи модульного проектно-ориентированного обучения. Курсовая проект «Расчет инженерных технических задач с использованием средств визуального программирования» позволя-

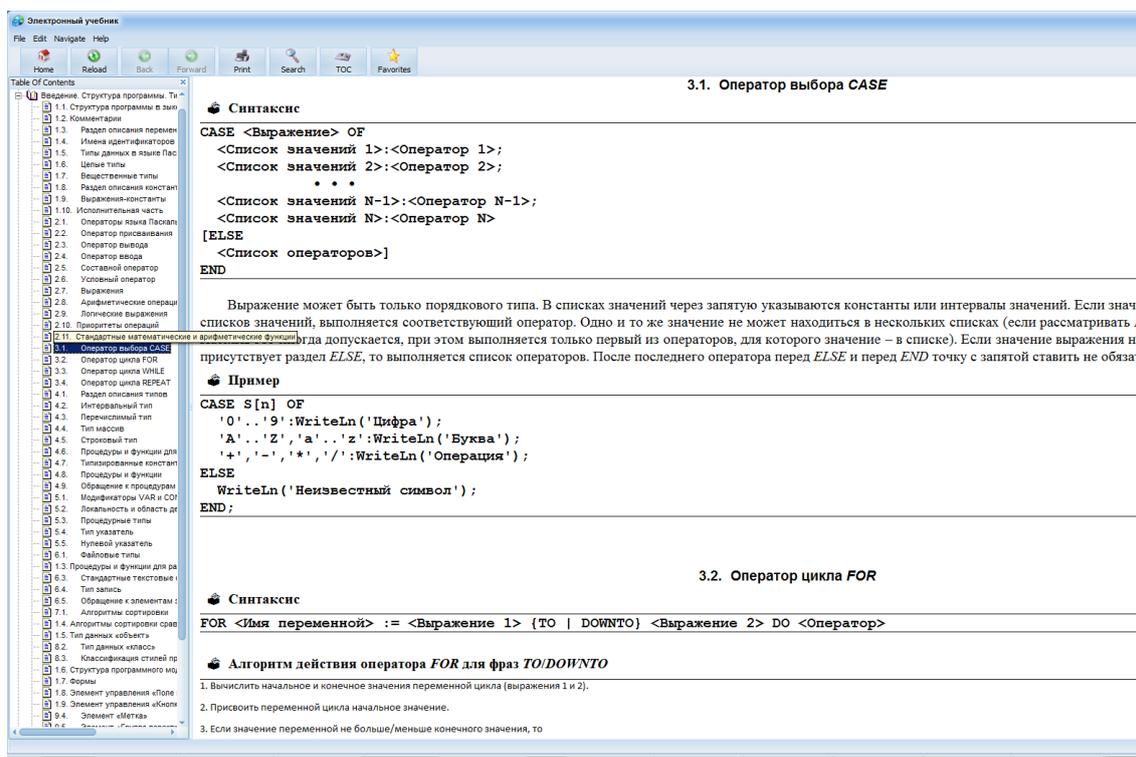


Рис. 1. Электронный учебник

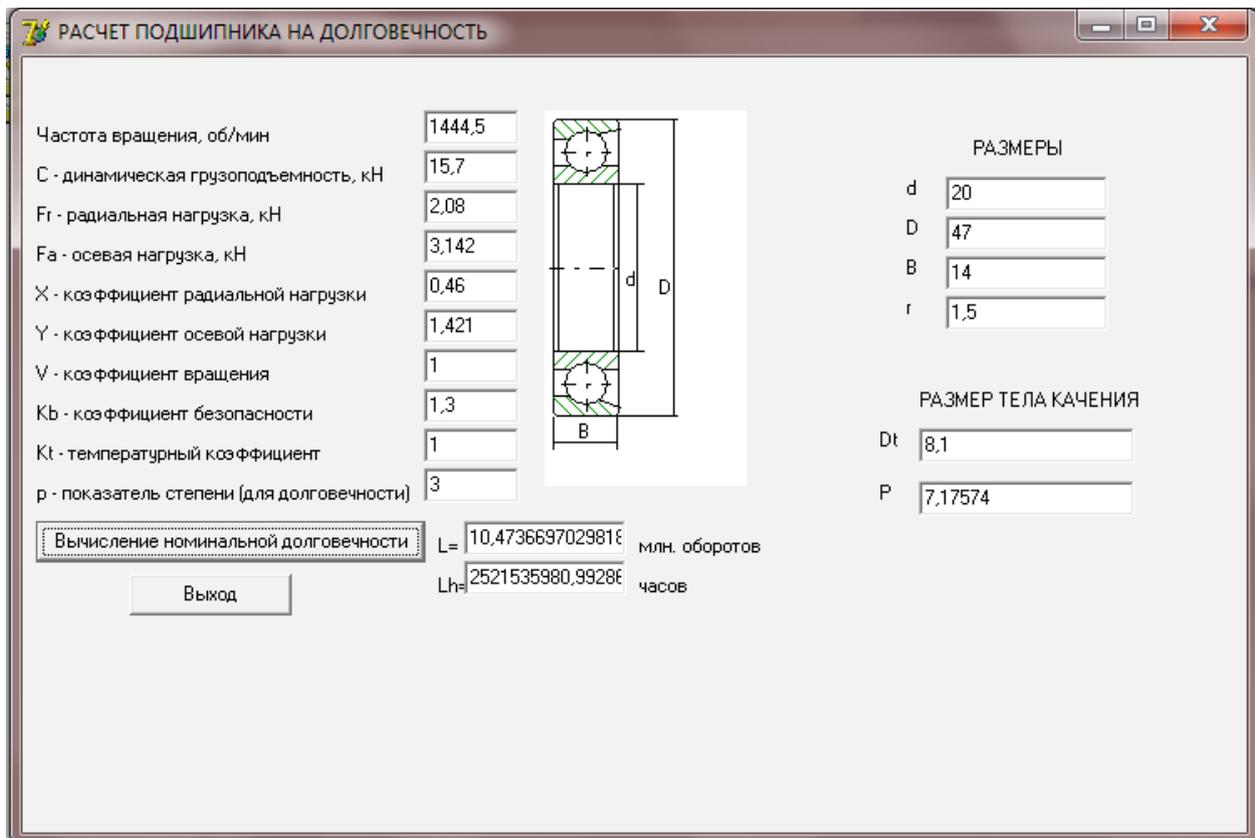


Рис. 2. Результаты работы программы

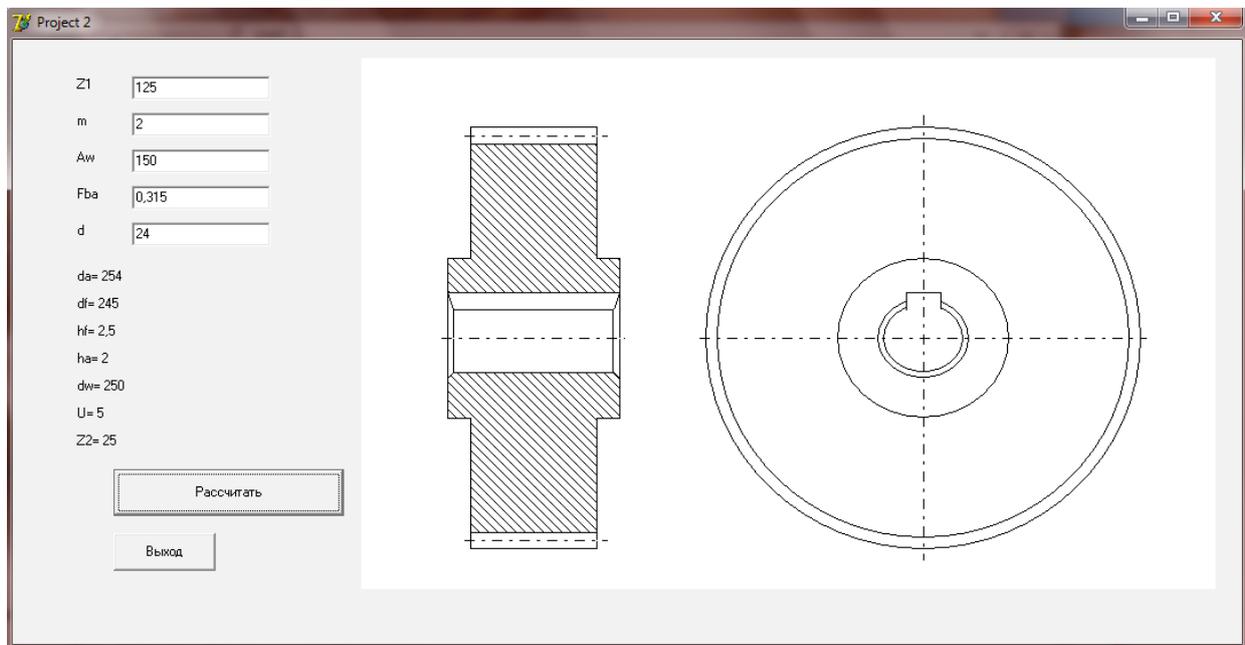


Рис. 3. Вариант выполнения задания

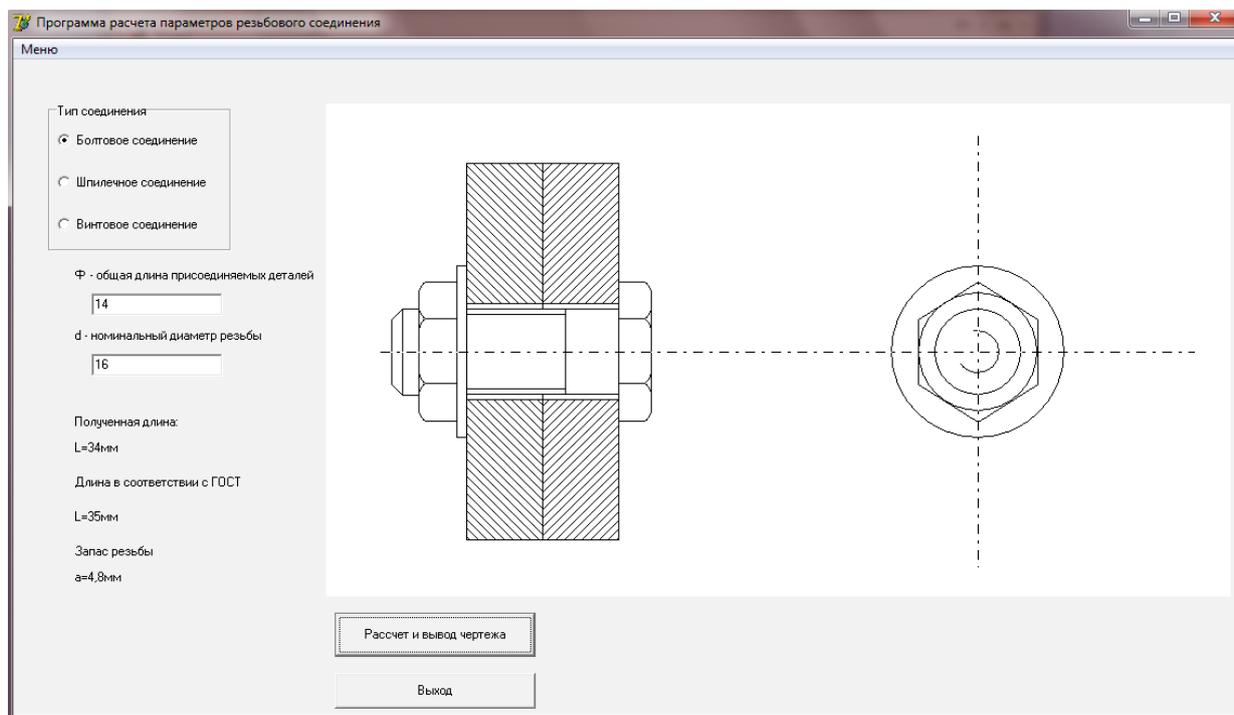


Рис. 4. Результат работы над задачей 3

ет не только обучить студентов синтаксису языка Borland Delphi и основным алгоритмическим приемам в программирование, но и позволяет более детально изучить такие разделы дисциплин «Инженерная графика» как:

- «Расчет подшипника на долговечность»;
- «Зубчатое зацепление»;
- «Болтовое, винтовое, шпильчное соединения».

В задаче 1 программа должна позволять вводить исходные данные, выводить долговечность работы подшипника, а также формировать изображение соответствующих элементов. Для рисования простых эффектов с минимальными усилиями используется Graphics Device Interface. В Delphi контекст устройства GDI представлен как TCanvas. Для 2D графики используются такие классы как, например, Pen, Brush в функции Rectangle. Результаты работы программы, созданной одним из студентом представлены на рис. 2.

Задача 2 направлена на ознакомление с приемами расчета основных параметров зубчатого венца. Расчет и отрисовка полученного изображения реализованы на кнопку (класс TButton), при нажатии на кнопку запускается обработчик событий, выполняющий соответствующие действия. В ходе расчета студенты знакомятся с формулами расчета зубчатого венца в зависимости от окружности модуля. Вариант выполнения задания представлен на рис. 3

При выполнении задачи 3 студенты получают навыки расчета длины болта, винта, шпильки с учетом их параметров и имеющихся ГОСТ

Для выбора типа соединения используется управляющий элемент «Группа переключателей» (класс TRadioGroup) с тремя вариантами выбора, для задания параметров каждой фигуры используются поля ввода(класс TEdit), текстовые надписи выполняются с помощью меток(класс TLabel). На рис. 3 представлен результат работы.

Отличительной особенностью курсового проекта является его междисциплинарный характер. Постановка заданий носит понятный для обучающихся смысл. Помимо компетенций модуля информационных технологий, формируются компетенции других дисциплин.

Приведенная выше методика обучения нашла позитивные отклики среди студентов. Полученные в ходе использования данной методики знания носят глубокий, осмысленный характер.

Список литературы

1. Тутина, Е. Г. Электронный учебник и контрольно обучающие программы в системе личностно-ориентированного образования / Е. Г. Тутина, Т. Е. Монахова // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры : материалы Всерос. науч.-метод. конф. Оренбург, 2014 (в печати).
2. Политика применения электронного обучения, дистанционных образовательных технологий в учебном процессе [Электронный ресурс]. URL: <http://study.urfu.ru/info/umu.aspx>.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МИГРАЦИИ НА СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКУЮ СИТУАЦИЮ В РЕГИОНАХ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Миграция и ее влияние на социально-экономическую ситуацию в России — одна из важных проблем, в последнее время все больше волнующих наше общество. В статье проанализирована взаимосвязь отдельных социально-экономических показателей с уровнем миграции в разрезе регионов России с применением эконометрического анализа панельных данных.

Введение

Миграция — сложный процесс, характеризующийся множественностью связей с теми или иными аспектами жизни общества. Наиболее активно в настоящее время обсуждаются вопросы влияния миграции на формирование рынка труда и криминогенную обстановку в регионах России. В связи с этим, в статье проанализирована взаимосвязь отдельных социально-экономических показателей с уровнем миграции в разрезе регионов России с применением такого эконометрического инструмента, как анализ панельных данных.

Описание исследования

Для исследования были отобраны следующие факторы, характеризующие социально-экономическую ситуацию в регионах РФ (с 2000 по 2012 г., с годовой периодичностью): коэффициент миграционного прироста (человек на 10 000 населения), валовой региональный продукт (ВРП) на душу населения (рубль), уровни безработицы и занятости по методологии МОТ (в %), число зарегистрированных преступлений в регионе (на 100 000 человек).

Исследование проводилось на сплошной основе по всем регионам РФ, за исключением Республики Ингушетия и Чеченской Республики, по которой в статистических базах отсутствуют некоторые данные до 2006 г., и вследствие нестабильного политического положения республик в начале 2000-х гг. (итого 78 регионов). Собранные для проведения исследования данные отвечают требованиям достоверности, сопоставимости, сравнимости и отсутствия аномальных наблюдений [2].

В качестве эконометрического инструмента, позволяющего провести детальный анализ взаимосвязи данных показателей, предлагается использовать анализ панельных данных. Панельное моделирование в отличие от обычного регрессионного моделирования имеет ряд преимуществ: во-первых, позволяет рассмотреть не только кросс-секционный аспект изучаемой проблемы, описываемой моделью, но и проследить его временную реализацию, во-вторых, за счет введения индивидуальных эффектов, позволяет учесть особенности присущие конкретному региону РФ, в-третьих, за счет «заметного» увеличения степеней свободы (учитываются два измерения — по

времени и по кросс-секциям) позволяет повысить достоверность оценок параметров моделей.

Еще один эконометрический инструмент, который предлагается использовать в данном исследовании — это авторегрессионное моделирование распределенных лагов с учетом структуры лага. Подобный подход позволяет изучить, например, долговременное влияние миграционных потоков на уровень преступности или уровень безработицы, то есть узнать влияние данных факторов не только в краткосрочном периоде, но и проследить их долговременный отклик.

Исследование проводилось в пакете EViews, который на сегодняшний день является одним из немногих статических пакетов, позволяющих работать с панельными данными.

Формирование панельных переменных

Панель регионов была построена путем объединения вместе временных рядов (ежегодные наблюдения с 2000 по 2012 г.) в виде трехмерной матрицы

$$Z = (z^i_{it}), \quad (1)$$

где i — номер объекта наблюдения (региона) ($i = 1, \dots, N$), $N = 79$, t — момент времени ($t = 1, \dots, T$), $T = 13$, j — индекс факторов ($j = 1, 2, \dots, k, k + 1$) (k — независимых факторов, и один фактор — зависимый).

Для удобства представления и анализа информации обычно кубическую матрицу представляют в виде вектора Y и матрицы X следующим образом (2):

$$Y = N_{штук} \left\{ \begin{array}{l} \left(\begin{array}{l} y_{11} \\ \dots \\ y_{1T} \\ \dots \\ y_{N1} \\ \dots \\ y_{NT} \end{array} \right) \left. \begin{array}{l} T_{раз} \\ \\ T_{раз} \end{array} \right\} \quad X = \left\{ \begin{array}{l} \left(\begin{array}{l} x^1_{11} \dots x^k_{11} \\ \dots \dots \dots \\ x^1_{1T} \dots x^k_{1T} \\ \dots \dots \dots \\ x^1_{N1} \dots x^k_{N1} \\ \dots \dots \dots \\ x^1_{NT} \dots x^k_{NT} \end{array} \right) \left. \begin{array}{l} T_{штук} \\ \\ T_{штук} \end{array} \right\} \left. \begin{array}{l} \\ \\ \\ \end{array} \right\} N_{штук}. \quad (2)$$

Сформированные таблицы панельных данных имеют следующий вид: в качестве наблюдений (столбцов) были взяты 78 регионов РФ, а в качестве переменных (строк) — отобранные ранее для исследования макроэкономические и социально-экономические факторы.

Линейную модель панельных данных можно представить в двух видах:

– в терминах условного математического ожидания:

$$M(y_{it}/x_{it}) = \alpha_{it} + x_{it}^{Transp} \beta, \quad (3)$$

– в виде регрессионного панельного уравнения:

$$y_{it} = \alpha_i + x_{it}^{Transp} \beta + \varepsilon_{it}, \quad (4)$$

где ε_{it} — остатки, являющиеся одинаково распределенными случайными величинами с нулевым математическим ожиданием [1; 3].

Построение и анализ моделей

В результате панельного моделирования (было построено и проанализировано около 100 моделей) получены 2 значимые модели.

1. Модель, связывающая влияние миграции на безработицу, с учетом эффекта запаздывающего влияния (ADL($p = 2$; $l = 4$) — модель с линейной структурой лага, где l — количество лагов, p — порядок авторегрессии):

$$\begin{aligned} BEZR_{it} = & 0,519BEZR_{it-1} - 0,176BEZR_{it-2} + \\ & + 0,0075MIGR_{it} + 0,0065MIGR_{it-1} + \\ & + 0,0055MIGR \cdot e_{it-2} + 0,0044MIGR \cdot e_{it-3} + \\ & + 0,0034MIGR \cdot e_{it-4} + 7,5903 + \alpha_i + \varepsilon_{it}. \end{aligned} \quad (5)$$

где α_i — индивидуальные фиксированные эффекты по кросс-секциям i .

Полученная модель признана значимой с уровнем доверия 90 % ($\alpha = 0,1$) на основе статистики Фишера, коэффициента детерминации, а также на основании значений информационных критериев Акайке, Шварца и Ханена — Квина [1]. Анализ остатков показал достоверность оцененных параметров полученной модели (несмещенность, эффективность, состоятельность).

Интерпретация результатов ADL-моделирования проводилась на основе расчета мультипликаторов и относительных коэффициентов модели. В результате анализа модели было выявлено, что миграция в целом увеличивает уровень безработицы, причем наиболее существенное влияние на ее уровень оказывает текущий миграционный прирост населения. Так, для краткосрочного мультипликатора получили, что при увеличении потока миграции в среднем на 100 % от текущего уровня, уровень безработицы возрастет на 0,747 %. Отклики в ADL модели уменьшаются согласно линейной структуре лага с тангенсом угла наклона $-0,001014$. Таким образом, каждый приток мигрантов в предыдущий период времени дает все меньший прирост безработицы в текущий момент.

Однако, эффект воздействия миграционного прироста населения на рост уровня безработицы преувеличен. Так, даже в долгосрочной перспективе, при увеличении каждый год притока мигрантов на 100 % от имеющегося уровня в течение 4-х лет уровень безработицы повысится лишь на 3,24 % (долгосрочный мультипликатор). Это во многом обусловлено тем, что приток миграции имеет место, как правило, в те регионы, в которых достаточное количество рабочих мест. Кроме того, переезжая на новое место, мигранты тем самым создают дополнительные рабочие места в сфере обслуживания. Существенность спецификации модели с фиксированными эффектами

можно объяснить тем, что для каждого региона РФ существуют свои условия, способствующие повышению (снижению) уровня безработицы: приграничные регионы, регионы с развитой промышленной составляющей, регионы с аграрной экономикой и т.п.

2. Модель, связывающая влияние уровня миграции и ВРП на душу населения на уровень преступности в РФ:

$$\begin{aligned} CRIME_{it} = & 0,9588MIGR_{it} - 0,00044VRP_{it} - \\ & - 11,343t + 2216,3 + \alpha_i + \varepsilon_{it}. \end{aligned} \quad (6)$$

где α_i — индивидуальные фиксированные эффекты по кросс-секциям i .

Рассматривать влияние миграции на уровень преступности в регионах РФ изолированно от влияния других факторов представлялось нецелесообразным, т. к. преступность — сложный процесс, формируемый многими составляющими. Так, на криминогенность региона большое влияние оказывает общий уровень социально-экономического развития региона. В качестве индикатора развития рассмотрен ВРП. Наряду с влиянием ВРП на уровень преступности рассматривались показатели безработицы и занятости, однако, построенные с данными показателями модели показали статистическую несостоятельность. Предварительно проведенный тест Хадри выявил для уровня преступности и ВРП наличие трендовых составляющих, учет влияния которых в модели проводился за счет введения переменной времени t .

Все параметры полученной панельной регрессии признаны значимыми с уровнем доверия 95 % на основе статистик Стьюдента и Фишера, коэффициента детерминации, критериев Акайке, Шварца и Ханена-Квина и анализа остаточной компоненты. Интерпретация результатов панельного моделирования проводилась на основе приростного анализа.

Результатом построения панельной регрессии стало подтверждение гипотезы о значимом влиянии уровня миграции на рост преступности во всех регионах РФ: так при увеличении миграции на 1 человека, рост преступности во всех регионах РФ составит 0,095 преступления (на 10 000 населения). Влияние ВРП на уровень преступности тоже значимо — рост ВРП, пусть и незначительно, способствует снижению уровня преступности. Так рост ВРП на 1000 р. на душу населения, снизит уровень преступности на 0,4 на каждые 10 000 населения. Это вполне предсказуемый результат исследования — преступность, являющаяся по своей сути социальной болезнью общества, снижается при адекватном поступательном экономическом развитии региона. При этом, для каждого региона имеются свои индивидуальные эффекты, вызывающие рост или снижение преступности, объясняемые различием в географических, социальных, этнических и климатических условиях регионов. Однако для всех регионов РФ характерна общая динамика изменения уровня преступности в зависимости от уровня миграции и ВРП. Это подтверждается также значимым коэффициентом регрессии при переменной времени t , причем следует

отметить, что во всех регионах РФ уровень преступности за последнее десятилетие снижался с темпом 11 преступлений на 10 000 граждан ежегодно.

Заключение

Результаты проведенного исследования панельных данных по регионам РФ показали наличие влияния миграционного притока населения на рост уровня безработицы, а также комплексного с ВРП влияния на уровень преступности в регионах.

Список литературы

1. Wooldridge, Jeffrey M. Analysis of Cross Section and Panel Data. The MIT Press, 2002.
2. Мхитарян, В. С. Эконометрика : учебник. М. : Проспект, 2008.
3. Ратникова, Т. А. Введение в эконометрический анализ панельных данных // Высш. шк. экономики. 2006. № 3. С. 492–519.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ МАКРОЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Предложены подходы к моделированию динамики основных макроэкономических показателей РФ на основе официальных данных Министерства финансов РФ за 2009–2013 гг. с использованием эконометрических методов.

Для моделирования динамики макроэкономических показателей России преобразуем стандартную модель Самуэльсона — Хикса. Введем обозначения: C_t — расходы на конечное потребление, I_t — инвестиции в основной капитал, G_t — государственные расходы, Y_t — внутренний валовой продукт (ВВП), r_t — реальная ставка рефинансирования, N_t — цена на нефть.

Модель выглядит следующим образом:

$$\left\{ \begin{array}{l} C_t = a_{11} + b_{12}Y_{t-1}, \quad I_t = a_{21} + b_{21}r_t + b_{22}(Y_{t-1} - Y_{t-2}), \\ G_t = a_{31} + b_{31}Y_{t-1} + b_{32}G_{t-1} + b_{33}N_t, \quad Y_t = C_t + I_t + G_t. \end{array} \right.$$

Данная модель является системой независимых одновременных уравнений, поэтому каждое уравнение можно рассматривать самостоятельно. Для нахождения его параметров используется метод наименьших квадратов.

В качестве исходных данных используем данные за 2000–2012 гг. в млрд р. (табл. 1).

В исходных данных ставка рефинансирования представлена в виде реальной процентной ставки, т.е. очищенная от инфляции. В качестве цены на нефть используется мультипликативная модель. Коэффициент аппроксимированной модели $A_{a-m} = 14,641$ не превышает 15%, что дает нам право использовать модель в качестве регрессии (рис. 1).

Найдем параметры модели, применяя МНК к каждому уравнению. Для этого воспользуемся встроенной функцией EXCEL ЛИНЕЙН(): $a_{11} = 1083,417$, $b_{12} = 0,760$, $a_{21} = 5243,129$, $b_{21} = -65056,515$, $b_{22} = 0,517$, $a_{31} = -650,597$, $b_{31} = 0,194$, $b_{32} = -0,020$, $b_{33} = 24,701$. Каждое уравнение статистически значимо на уровне значимости $\alpha = 0,05$:

$$F_1 = 1102,626 > 4,844 = F_{\text{крит}}, \quad F_2 = 8,165 > 4,103 = F_{\text{крит}},$$

$$F_3 = 141,444 > 3,863 = F_{\text{крит}}.$$

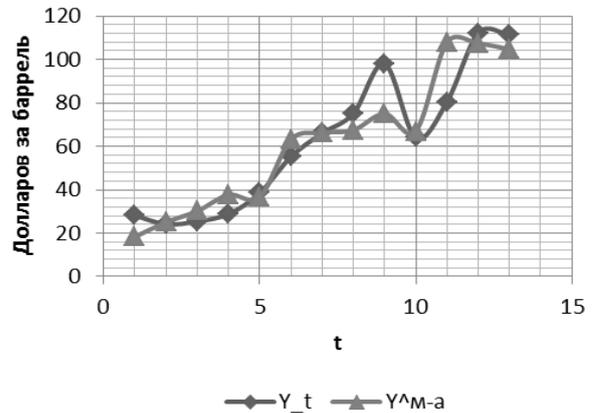


Рис. 1. Мультипликативно-аддитивная модель

Исследование влияния миграции на социально-экономическую ситуацию в регионах Российской Федерации

Коэффициенты детерминации свидетельствуют о тесной связи между эндогенными и предопределенными переменными, т. к. R^2 стремится к 1: $R_1^2 = 0, R_2^2 = 0,620$, $R_3^2 = 0,979$. Проверим модель на отсутствие ковариации остатков. При линейной форме между признаками, данный этап сводится к анализу корреляционной матрицы (матрицы парных коэффициентов корреляции):

$$R = \begin{pmatrix} r_{\varepsilon_1\varepsilon_1} & r_{\varepsilon_1\varepsilon_2} & r_{\varepsilon_1\varepsilon_3} \\ r_{\varepsilon_2\varepsilon_1} & r_{\varepsilon_2\varepsilon_2} & r_{\varepsilon_2\varepsilon_3} \\ r_{\varepsilon_3\varepsilon_1} & r_{\varepsilon_3\varepsilon_2} & r_{\varepsilon_3\varepsilon_3} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0,166 & 0,472 \\ 0,166 & 1 & -0,028 \\ 0,472 & -0,028 & 1 \end{pmatrix},$$

$$\text{где } \varepsilon_1 = C_t - 1083,417 - 0,760Y_{t-1};$$

$$\varepsilon_2 = I_t - 5243,129 + 65056,515r_t - 0,517(Y_{t-1} - Y_{t-2});$$

$$\varepsilon_3 = G_t + 650,597 - 0,194Y_{t-1} + 0,020G_{t-1} - 24,701N_t.$$

Определитель данной матрицы равен 0,7447. Это говорит о том, что в полученной модели отсутствует сильная ковариация остатков, поэтому не следует использовать трехшаговый метод наименьших квадратов в данной модели.

Таблица 1

Исходные данные

Год	C_t	Y_{t-1}	I_t	$Y_{t-1} - Y_{t-2}$	r_t	G_t	I_t	G_{t-1}	N_t	Y_t
2000	4 476,9	4823,2	1165,2	2193,6	0,099	1165,2	4823,2	1258	18,348	7305,6
2001	5 886,9	7305,6	1504,7	2482,4	0,052	1504,7	7305,6	1165,2	25,084	8943,6
...
2011	37 439,3	46308,5	11035,7	7501,3	0,019	11035,7	46308,5	9152,1	107,398	55799,6
2012	42 471,5	55799,6	12568,8	9491,1	0,014	12568,8	55799,6	11035,7	104,750	62599,1

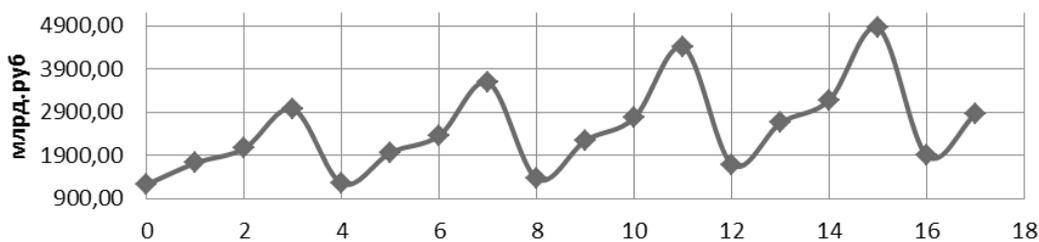


Рис. 2. График динамики инвестиций

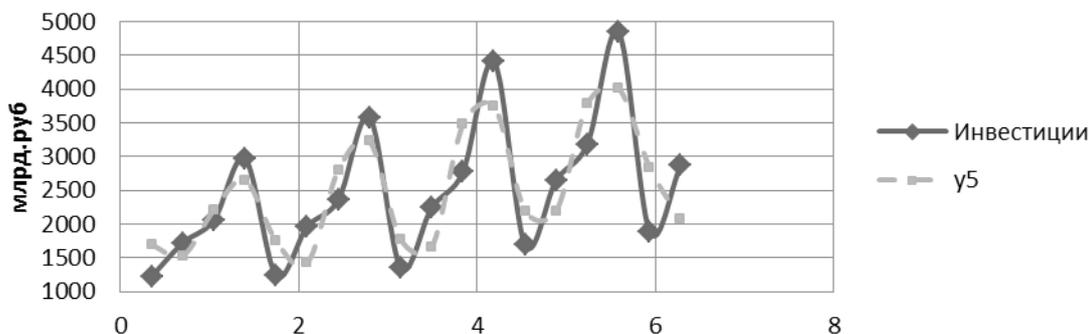


Рис. 3. График гармоник пятого порядка

По оцененной модели построим прогноз ВВП (Y_t), расходов на потребления (C_t), инвестиций (I_t) и государственных расходов (G_t) на 2013 г. Далее используя построенные значения, применим еще раз МНК. И построим прогноз на 2014 г. (табл. 2).

Таблица 2

Прогнозные значения

Года	C_t	I_t	G_t	Y_t
2013	43476,6315	8766,5346	12742,91	64986,07
2014	46919,472	7402,758	13758,441	68080,671

Таким образом, расходы на конечное потребление в 2014 г. возрастут в среднем на 3442 млрд р. за счет роста ВВП за предыдущий период. Инвестиции в основной капитал будут снижаться. Государственные расходы будут расти и по прогнозным данным на 2014 г. составят 13758,441 млрд. р. Исходя из модели, это обуславливается ростом ВВП за предыдущий год и увеличением цен на нефть. Внутренний валовый продукт увеличивается за счет роста расходов на потребление и государственным расходам. Стоит отметить, что полученные прогнозы, практически полностью совпадают с оценочными данными Росстата [2; 3].

Далее рассмотрим трендовый анализ динамики инвестиций, который проводился по квартальным данным о величине инвестиций в основной капитал в ценах 2008 г. за 2009–2013 гг. в РФ [1].

Построены трендовые модели [4]. Для оценки близости трендового уравнения эмпирическому ряду динамики используется коэффициент аппроксимации A . Оценивание коэффициентов a , b и c производится по методу наименьших квадратов.

Таблица 3

Трендовые модели

Тренд	C	b	a	A
$\hat{y}(t) = a + bt$	–	91,38844	1633,976	30,19573
$\hat{y}(t) = a + bt + ct^2$	-5,23856	190,9212	1302,201	29,32797
$\hat{y}(t) = ab^t$	–	1,038265	1621,833	28,24753
$\hat{y}(t) = a + b \log(t)$	–	1382,876	1376,461	30,49759
$\hat{y}(t) = at^b$	–	0,267113	1350,127	27,08108

Степенной тренд наилучшим образом описывает основные тенденции динамики инвестиций.

Далее, рассчитаны средние индексы сезонности для степенной модели тренда и построена сезонная волна [4]. Полученные индексы сезонности:

$$\bar{I}_S^I = 62,0337267 \%, \bar{I}_S^{II} = 82,296407 \%, \\ \bar{I}_S^{III} = 101,483970 \%, \bar{I}_S^{IV} = 148,2526623 \%$$

В работе при изучении инвестиций использовался гармонический анализ [4]. Построено восемь гармоник и так же оценена их надежность. Параметры уравнения теоретических уровней, определяемого рядом Фурье, находят методом наименьших квадратов.

Таблица 4

Показатели качества для гармонических колебаний

k	A	k	A
1	32,98045	5	23,50561
2	32,30563	6	23,61855
3	31,61896	7	25,24025
4	24,05029	8	26,00283

Гармоника при $k = 5$ является наилучшей, т. к. имеет наименьший коэффициент аппроксимации. Тем не менее, ее качество неудовлетворительно.

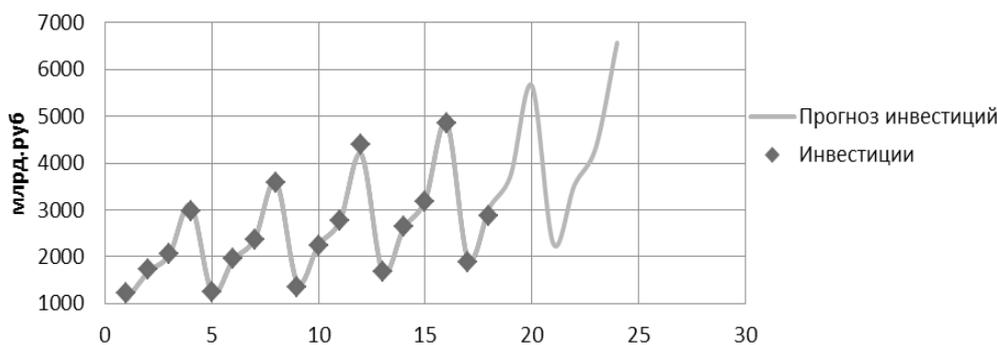


Рис. 4. Прогноз инвестиций по мультипликативной модели

В работе построена мультипликативная модель для инвестиций $I_t = u_t v_t \varepsilon_t$, где u_t — степенной тренд; v_t — «сезонная» компонента; ε_t — случайная компонента. Коэффициент аппроксимации для построенной модели $A = 2,763419$.

Построим прогноз инвестиций по полученной модели и результат представим на графике.

Прогноз инвестиций на основе сезонной динамики отличается от приведенного выше прогноза по факторной модели: ожидается рост инвестиций в 2014 г., а не спад. Это противоречие объясняется тем, что анализ трендов не учитывает влияние внешних факторов, которые могут резко изменить динамику показателя.

Заключение

Рассмотренные методы моделирования достаточно хорошо описывают динамику макроэкономических

показателей РФ. В дальнейшем планируется уточнить модели, включив в них большее количество факторов и применив ARIMA и интервальные методы.

Список литературы

1. Официальный сайт Министерства финансов Российской Федерации [Электронный ресурс]. URL: <http://info.minfin.ru>.
2. РБК QUOTE [Электронный ресурс]. URL: <http://quote.rbc.ru/news/fond/2013/11/20/34066000.html>.
3. Финмаркет [Электронный ресурс]. URL: <http://www.finmarket.ru/news/3475802>.
4. Батищева, С. Э. Экономико-математическое моделирование. Ч. 1: Моделирование макроэкономических систем: учеб. пособие / С. Э. Батищева, Э. Д. Каданэр, П. М. Симонов; Перм. гос. ун-т. Пермь, 2009.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЧИСЛА АБИТУРИЕНТОВ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ ПОРТАЛА www.abit.susu.ac.ru

Рассматривается актуальная проблема прогнозирования числа поступающих в высшее учебное заведение. В качестве исходных данных была использована информация о приеме с официального сайта приемной комиссии Южно-Уральского государственного университета за 2009–2013 гг. Рассмотрены несколько методов прогнозирования, их достоинства и недостатки.

Данная работа направлена на решение актуальной задачи — прогнозирование количества поступивших студентов с учетом данных за прошлые года посредством метода среднего уровня ряда, второй интерполяционной формулы Ньютона и построения доверительного интервала. В качестве исходных данных использована официальная открытая информация, размещенная на сайте приемной комиссии Южно-Уральского государственного университета (см. табл. 1) [1].

В данном случае использование стандартных методов эконометрики для прогнозирования не представляется возможным вследствие малого количества исходных данных.

Метод на основе среднего уровня ряда

Результатом прогноза является доверительный интервал $\bar{y} - t_{\alpha} S_{\bar{y}} < \bar{y} + t_{\alpha} S_{\bar{y}}$, где t_{α} — значение распределения Стьюдента, соответствующее $(n - 1)$ степени свободы и выбранному значению уровня значимости α ;

$S_{\bar{y}}$ — средняя квадратическая ошибка средней,
 $S_{\bar{y}} = \frac{S}{\sqrt{n}}$, $S = \sqrt{\frac{\sum (y - \bar{y})^2}{n - 1}}$ — среднее квадратическое несмещенное отклонение).

При использовании данного способа полагают, что значения исследуемого явления колеблются вокруг среднего уровня и эта тенденция сохранится в будущем [2]. В табл. 2 представлены доверитель-

ные интервалы, которые были получены с помощью этого метода.

Таблица 2

Доверительные интервалы прогноза по среднему уровню

$\bar{y} - t_{\alpha} S_{\bar{y}}$	$y_{\text{прогноз}}$	$\bar{y} + t_{\alpha} S_{\bar{y}}$
55	$y_{\text{ММ}}$	66
13	$y_{\text{ПС}}$	268
141	$y_{\text{ЭиУ}}$	327

Таким образом, можно сделать вывод о том, что математическое ожидание генеральной совокупности с вероятностью $1 - \alpha = 0,9$ окажется внутри полученного интервала. Однако в данном случае интервалы получились слишком широкими.

Метод на основе второй интерполяционной формулы Ньютона

Формула Ньютона имеет следующий вид

$$P_n(x) = y_n + \frac{\Delta y_{n-1}}{1!h^1}(x - x_n) + \frac{\Delta^2 y_{n-2}}{2!h^2}(x - x_n)(x - x_{n-1}) + \dots + \frac{\Delta^n y_0}{n!h^n}(x - x_n) \dots (x - x_1).$$

Эта формула может быть использована для экстраполяции функции, т. е. для нахождения значений функции y для значений аргументов x , лежащих за правой границей области [3].

Таблица 1

Количество поступивших в ЮУрГУ студентов за период с 2009 по 2013 г.

Факультет	2013		2012		2011		2010		2009	
	Б	К	Б	К	Б	К	Б	К	Б	К
Механико-математический (ММ)	63		61		58		62		51	
– математика	55	8	55	6	53	5	55	7	51	6
– прикладная математика и информатика	18	1	18	1	20	0	20	0	19	0
– прикладная математика	22	5	25	3	23	3	23	4	23	3
	15	2	12	2	10	2	12	3	9	3
Приборостроительный (ПС)	194		192		163		74		78	
– управление в технических системах	170	24	168	24	142	21	52	22	57	21
– приборостроение	25	5	25	5	22	4	10	5	22	4
– информатика и вычислительная техника	40	5	43	4	40	3	20	5	25	4
– информационная безопасность АС	85	8	85	7	65	9	15	10	5	10
	20	6	15	8	15	5	7	2	5	3
Экономика и управление (ЭиУ)	266		260		252		233		159	
– прикладная информатика	56	210	60	200	67	185	38	195	14	145
– экономика	15	20	15	20	15	20	8	25	8	20
– менеджмент	20	130	20	125	27	110	22	120	4	100
	21	60	25	55	25	55	8	50	2	25

Используя написанную ранее формулу, получены следующие результаты:

- для факультета ММ: $P_n(5) = 56$;
- для факультета ПС: $P_n(5) = 202$;
- для факультета ЭиУ: $P_n(5) = 279$.

Достоинством этого метода является то, что полученная полиномиальная кривая проходит через все точки исходных данных, однако данная кривая не учитывает случайный характер данных и может слишком резко возрастать или убывать за пределами выборки. Также возникают проблемы с построением доверительного интервала.

Прогнозирование на основе данных о выпускниках 9 и 11 классов

Построим прогноз на 2014 г. с учетом выпускников школ. Для этого возьмем данные прошлых лет по Челябинской области [4], на основе количества выпускников 9 классов спрогнозируем количество выпускников 11 классов (см. табл. 3).

Таблица 3

Число выпускников (чел.)

Класс	2009	2010	2011	2012	2013	2014
9 класс	27744	23723	31514	28863	29000	30000
11 класс	18998	17351	13653	12315	16136	14432

Темп роста числа выпускников 11 класса в 2014 г. по сравнению с 2013 г. составит 89,44 %, тогда можно предположить, что темп роста поступающих в 2014 г. по сравнению с 2013 г. будет примерно таким же.

Вычислим среднюю долю поступивших абитуриентов на каждый факультет по данным 2009–2013 гг. (см. табл. 4).

Таблица 4

Распределение абитуриентов по факультетам

Факультет	ММ	ПС	ЭиУ	Всего
Количество студентов, чел.	301	701	1170	2172
Доля студентов	0,1386	0,3227	0,5387	1,0000

Определим общее число поступивших на 2014 г., умножив предполагаемый темп роста на общую численность поступивших на факультеты ММ, ПС и ЭиУ; получим прогноз примерно 468 поступивших. Используем этот прогноз и доли факультетов из таблицы 4 для построения табл. 5.

Таблица 5

Прогноз числа поступивших в 2014 г.

Факультет	ММ	ПС	ЭиУ	Всего
Количество поступивших	65	151	252	468

Для построения доверительных интервалов по данным табл. 5 воспользуемся правилом «двух σ » (предположим нормальный характер распределения долей для каждого факультета). Рассчитаем среднеквадратическое отклонение для долей факультетов

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n}}$$

Результаты отразим в табл. 6.

Таблица 6

Расчет СКО для долей факультетов

СКО	ММ	ПС	ЭиУ
σ^2	0,000941	0,004603	0,002083
2σ	0,06134	0,13569	0,09129

Значения границ в табл. 7 вычисляются по формуле

$$(y_d - 2\sigma) \cdot 468 < y_{\text{прогноз}} < (y_d + 2\sigma) \cdot 468,$$

где y_d — доля поступивших из табл. 4.

Таблица 7

Доверительные интервалы по правилу «2 σ »

$y_d - 2\sigma$	$y_{\text{прогноз}}$	$y_d + 2\sigma$
36	$y_{\text{ММ}}$	94
88	$y_{\text{ПС}}$	215
209	$y_{\text{ЭиУ}}$	295

Размах доверительных интервалов в таблице 7 существенно меньше, чем в табл. 2, однако он все-таки достаточно большой.

Заключение

Прогнозирование числа поступивших в высшее учебное заведение является довольно сложной задачей из-за высокой степени неопределенности для большого числа факторов: числа потенциальных абитуриентов, в которое входят не только выпускники 11 классов, но и выпускники техникумов, а также выпускники прошлого года; уровень сдачи единого государственного экзамена (ЕГЭ); степень популярности высшего учебного заведения и специальностей этого вуза; общая экономическая ситуация; ситуация с военными кафедрами и т. д. Другой проблемой является отсутствие качественной информации: данные приемных комиссий незначительны (только результаты ЕГЭ и число поступивших за прошлые годы) и противоречивы (вводятся новые направления подготовки и закрывают набор на другие направления). В таких условиях статистические методы можно применять только на первоначальном этапе прогнозирования, а затем корректировать прогнозы по мере снижения степени неопределенности.

Список литературы

1. Сайт приемной комиссии Южно-Уральского государственного университета [Электронный ресурс]. URL: <http://abit.susu.ac.ru>.
2. Салин, В. Н. Курс теории статистики для подготовки специалистов финансово-экономического профиля: учебное пособие / В. Н. Салин, Э. Ю. Чурилова. М. : Финансы и статистика, 2006. 480 с.
3. Мангус, Я. Р. Эконометрика. Начальный курс: учеб. пособие / Я. Р. Мангус, П. К. Катышев, А. А. Пересецкий. М. : Дело, 2004. 576 с.
4. Сайт Министерства образования и науки Челябинской области [Электронный ресурс]. URL: <http://www.minobr74.ru>.

МЕТОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ЭНЕРГЕТИКЕ

Результаты, представленные в статье, получены при частичной финансовой поддержке грантов РФФИ № 13-07-00140, № 12-07-00359, гранта Программы Президиума РАН № 229, а также грантов интеграционных проектов СО РАН № 145, СО РАН и НАН Беларуси №18

Предлагается использовать для интеллектуальной поддержки принятия решений в энергетике концепцию ситуационного управления. Для ее реализации предложено применить технологии семантического моделирования, в первую очередь, когнитивное и событийное моделирование. Рассматривается современная трактовка ситуационного управления и дополняющее ее понятие ситуационной осведомленности. Ставится проблема создания интеллектуальных систем ситуационного управления, особенно актуальных в связи с распространением в России концепции Smart Grid — интеллектуальных энергетических систем.

Введение

Интеллектуальная поддержка принятия решений становится все более актуальной в энергетике, особенно в связи с распространением концепции «Smart Grid» — интеллектуальных энергетических систем [1; 2]. Коллектив, возглавляемый автором¹, имеет большой опыт в разработке интеллектуальных технологий поддержки принятия решений в исследованиях и обеспечении энергетической безопасности России и ее регионов. В настоящее время поставлена задача расширения области применения интеллектуальных технологий для поддержки принятия решений в интеллектуальных энергетических системах, в первую очередь в электроэнергетических системах (ЭЭС). Автором предложено использовать для интеллектуальной поддержки принятия решений в энергетике концепцию ситуационного управления. Для ее реализации предлагается применить развиваемые под руководством автора технологии семантического моделирования, в первую очередь, когнитивное и событийное моделирование.

Ситуационное управление в энергетике

В 1970–1980-х гг. Д. А. Поспеловым был предложен и разрабатывался подход к ситуационному управлению, основанный на применении достижений искусственного интеллекта [3; 4]. Спад интереса к ситуационному управлению в России, наступивший в 1990-х гг., помимо объективного изменения внешних экономико-политических условий, можно объяснить как наступившей «зимой искусственного интеллекта», так и трудностями, с которыми столкнулись разработчики, пытаясь построить модели сложных объектов управления с помощью предлагаемого подхода.

Тем не менее, в настоящее время можно констатировать новый виток интереса к этому направлению, который подкрепляется как наличием более совершенной техники, так и появлением новых методов и подходов (интеллектуальных вычислений — Intelligent Computing), в т. ч. методов семантического

моделирования. Актуальность развития современной концепции ситуационного управления обусловлена также тем, что появилось направление, называемое «ситуационной осведомленностью» (Situation Awareness), связанное с возможностью 3D-визуализации моделируемых ситуаций [5].

В [6] используется идея ситуационного управления, суть которой заключается в выборе управленческих решений с учетом сложившейся ситуации из некоторого набора допустимых (типовых, стандартных) управляющих воздействий. Под текущей ситуацией C при этом понимается совокупность текущего состояния объекта (вектор состояния X) и его внешней среды (вектор возмущений F). Тогда $C = \langle X, F \rangle$. Вводится также понятие полной ситуации: $S = \langle C, G \rangle$, где C — текущая ситуация, G — цель управления. В свою очередь, цель управления G может быть представлена в виде целевой ситуации G_g , к которой должна быть приведена имеющаяся текущая ситуация. Тогда $S = \langle C, G_g \rangle$.

Суть ситуационного управления заключается в выборе управленческих решений с учетом сложившейся ситуации из некоторого набора допустимых (типовых, стандартных) управляющих воздействий. При ситуационном управлении проблема выбора управляющих воздействий сводится к адекватной оценке состояния объекта и среды (что усложняется при наличии факторов неопределенности), отнесению соответствующей текущей ситуации к одному из типовых классов и выбору такого управления (из определенного набора альтернатив), которое приводит к достижению поставленной цели управления (целевой ситуации) [4; 6].

Ситуационный анализ и семантическое моделирование в энергетике

Проиллюстрируем изложенный выше подход на примере энергетики. На рис. 1 представлена общая схема исследований проблем энергетической безопасности (ЭБ) с точки зрения ситуационного управления, или, иначе, оценки состояния ТЭК в условиях

¹ Лаборатория информационных технологий в энергетике Института систем энергетики им. Л. А. Мелентьева СО РАН.

возможных сценариев угроз ЭБ с учетом мероприятий, направленных на повышение уровня ЭБ.

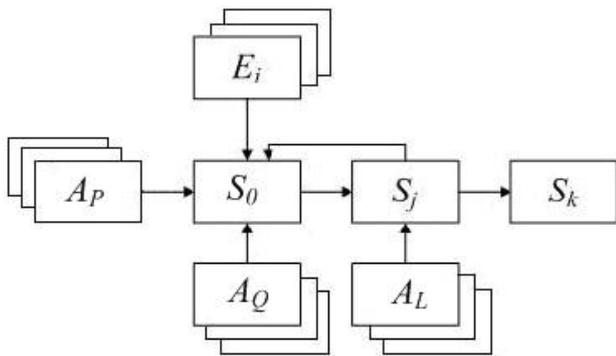


Рис. 1. Общая схема исследований по оценке состояния ТЭК с точки зрения ситуационного управления

Сопоставим эту схему с подходом, описанным выше. Здесь S_0 — начальное состояние ТЭК, может рассматриваться как текущая ситуация C ; E_i — сценарии возможных чрезвычайных ситуаций, возникающих в случае реализации угроз ЭБ (аналогичны влиянию внешней среды F); $A = A_p \cup A_Q \cup A_L$ — набор превентивных, оперативных и ликвидационных мероприятий, предотвращающих, нейтрализующих или смягчающих последствия чрезвычайной ситуации (может рассматриваться как набор соответствующих управлений U); S_j — состояние ТЭК после чрезвычайной ситуации E_i (реализации угроз) с учетом выполнения набора мероприятий A_p и/или A_Q ; S_k — состояние ТЭК после проведения ликвидационных мер A_L (S_j и S_k могут рассматриваться как аналоги соответствующих целевых ситуаций G_g).

Автором предложено использовать ситуационный анализ и ситуационное моделирование, как предпосылки ситуационного управления. Задачей ситуационного анализа является выявление параметров и существенных факторов, или «обстоятельств», определяющих ситуацию, взаимосвязей между факторами и степени их взаимовлияния. Под ситуацией понимается совокупность обстоятельств, определяющих внутреннее состояние объекта или системы, и обстоятельств, определяющих состояние окружающей среды по отношению к данному объекту или системе. Первые описываются параметрами, характеризующими состояние системы (X), вторые — условиями окружающей среды или существенными факторами, влияющими на развитие системы (F). Ситуационное моделирование заключается в моделировании ситуаций и перехода из одной ситуации в другую. Ситуационный анализ включает: анализ проблемных ситуаций (например, ЧС в энергетике); выявление путей разрешения проблемных ситуаций (альтернатив) или управляющих воздействий (U) (в нашем случае — выбор из описанного выше множества $A = A_p \cup A_Q \cup A_L$); определение критериев оценки альтернатив (например, экономических); анализ альтернатив; выбор и реализацию наилучшей альтернативы.

Учитывая, что наличие факторов неопределенности усложняет адекватную оценку состояния объекта и среды, автором предложено использовать семантические технологии ситуационного анализа, к которым отнесены онтологическое, когнитивное и событийное моделирование [7; 8].

Под когнитивным моделированием понимается построение когнитивных моделей, или, иначе, когнитивных карт (ориентированных графов), в которых вершины соответствуют факторам (концептам), а дуги — связям между факторами (положительным или отрицательным), в зависимости от характера причинно-следственного отношения [9]. Математическим аппаратом для построения когнитивных моделей является теория графов. Сущность событийного метода моделирования заключается в отслеживании на модели последовательности событий в том же порядке, в каком они происходили бы в реальной системе. Задаваемая моделью последовательности реализаций событий — цепочки событий — описывают сценарии реакции системы на возникновение инициирующего события, стоящего в начале цепочки.

В качестве инструмента событийного моделирования используется аппарат Joiner-сетей (JN) — одной из разновидностей алгебраических сетей, предложенной в [10]. Joiner-сети можно рассматривать как расширение сетей Петри, ориентированное на построение поведенческих моделей. В основе теории JN лежит описание логики взаимодействия асинхронных процессов в виде набора пусковых и флаговых функций, состоящих из булевых функций. Особенностью JN является то, что они предусматривают как графическое представление, так и описание в виде логических формул, обработку которых можно автоматизировать.

Подробнее технологии семантического моделирования и инструментальные средства их поддержки (интеллектуальная ИТ-среда) рассматривались автором в [7–8; 11]. Рассмотрим еще один актуальный аспект современного подхода к ситуационному управлению — ситуационную осведомленность.

Ситуационная осведомленность и ситуационное управление

Понятие «ситуационная осведомленность», или Situational Awareness, сформировалось на рубеже 1990-х гг. и связано в первую очередь с пионерными работами Mica R. Endsley (Мика Эндсли) [5]. Согласно классическому определению, принцип Situational Awareness представляет собой «чувственное восприятие элементов обстановки (в едином) пространственно-временном континууме, осознанное восприятие их значения, а также проецирование их в ближайшее будущее». Ситуационная осведомленность базируется на новом подходе к визуализации геопространственных данных, первоначально названном в нашей стране название «неогеография», в последнее время получил распространение термин 3D-визуализация. Реализо-

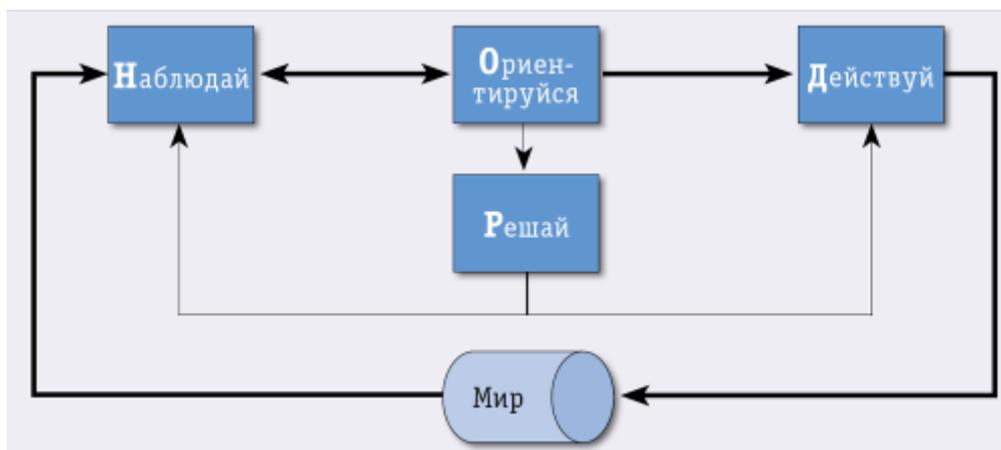


Рис. 2. Простейшая версия петли Бойда (OODA)

ванный под руководством автора геокомпонент включен в состав интеллектуальной ИТ-среды и позволяет использовать ситуационную осведомленность при решении прикладных задач. Результаты, полученные в этой области, представлены в [12].

В этой связи следует упомянуть предложенную полковником Джоном Бойдом «петлю Бойда» или OODA [13] Цикл Бойда, представленный в 1995 г. состоит из четырех составляющих: Observe («наблюдай»), Orient («ориентируйся»), Decide («решай») и Act («действуй»). На рис. 2 приведена его простейшая версия.

Составляющие цикла OODA: 1) *наблюдение (observation)* — преобразование изменений во внешней среде в форму сигналов-данных, которые могут быть использованы в последующем; 2) *ориентация (orientation)* — когнитивный процесс оценки данных в соответствии с контекстом, наделение данных смыслом (sensemaking), преобразование данных в информацию; 3) *решение (decision)* — выбор альтернатив из ряда возможных; 4) *действие (action)* — воздействие на окружающую среду. Очевидно, что ситуационная осведомленность может рассматриваться как инструментальное средство поддержки первой и второй составляющих OODA (наблюдай и ориентируйся).

Несмотря на то, что обычно ссылки на OODA обнаруживаются в текстах, посвященных попыткам практического использования технологий Больших Данных (Big Data) и связываются с переходом к экономике знаний в эпоху Big Data или когнитивных компьютерных систем, автор считает, что здесь прослеживается прямая связь с ситуационным управлением, в котором на современном этапе играют большую роль как семантическое моделирование, так и ситуационная осведомленность.

Интеллектуальные системы ситуационного управления

В настоящее время все большее внимание привлекают задачи управления сложными динамическими объектами. К ним относятся современные летательные аппараты, силовые и энергетические установки,

мобильные роботы и др. Как справедливо отмечается в [14], для них характерны отсутствие точных математических моделей либо их чрезмерная сложность, высокая размерность пространства состояний и принимаемых решений по управлению, иерархичность, многообразие критериев качества, высокий уровень шумов и внешних возмущений.

Очевидно, что для систем с неполной информацией и высокой сложностью объекта управления становится все более актуальным применение методов ситуационного управления, основанных на интеллектуальных технологиях.

В энергетике изложенный подход развивается, под руководством автора, в рамках направления, связанного с созданием интеллектуальных энергетических систем (ИЭС) (Smart Grid) [15; 16].

Наряду с применением в ИЭС уже ставших традиционными методов искусственного интеллекта (нейронные сети, генетические алгоритмы, нечеткая логика), все большее внимание энергетиков привлекают так называемые «системы с целеполаганием», то есть интеллектуальные системы управления, которые имеют несколько целей функционирования (или умеют генерировать эти цели), выбирая самую подходящую цель в зависимости от окружающей среды, умеют прогнозировать поведение окружающей среды и свое собственное состояние. Пока такие системы в энергетике отсутствуют, но представляется, что совместные усилия ИТ-специалистов и энергетиков, направленные на разработку интеллектуальных технологий ситуационного управления, позволят приблизить решение этой проблемы.

Список литературы

1. Кобец, Б. Б. Инновационное развитие электроэнергетики на базе концепции Smart Grid / Б. Б. Кобец, И. О. Волкова. М. : ИАЦ Энергия, 2010.
2. Воропай, Н. И. Интеллектуальные электроэнергетические системы: концепция, состояние, перспективы // Автоматизация и ИТ в энергетике. 2011. № 3. С. 11–16.

3. Поспелов, Д. А. Принципы ситуационного управления // Изв. РАН СССР. Техническая кибернетика. 1971. № 2. С. 10–17.
4. Поспелов, Д. А. Ситуационное управление. Теория и практика. М. : Наука, 1986.
5. Endsley, M. R. The Role of Situation Awareness in Naturalistic Decision Making // *Naturalistic Decision Making* / Eds. C. Zambock & G. Klein. NJ : LEA, 1997. P. 269–284.
6. Васильев, В. И. Интеллектуальные системы защиты информации. М. : Машиностроение, 2012.
7. Массель, Л. В. Применение онтологического, когнитивного и событийного моделирования для анализа развития и последствий чрезвычайных ситуаций в энергетике // *Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций*. 2010. № 2. С. 34–43.
8. Массель, Л. В. Семантические технологии на основе интеграции онтологического, когнитивного и событийного моделирования / Л. В. Массель, А. Г. Массель // *OSTIS-2013 : материалы III междунар. науч.-техн. конф.* Минск : БГУИР, 2013. С. 247–250.
9. Трахтенгерц, Э. А. Компьютерная поддержка принятия решений. М. : СИНТЕГ, 1998.
10. Столяров, Л. Н. Философия событийного моделирования на примере сценария энергетической катастрофы // *Информационные технологии в науке, образовании, телекоммуникации и бизнесе* : тр. Междунар. конф., Украина, Гурзуф, 2010. С. 197–200.
11. Массель, Л. В. Интеллектуальные вычисления в исследованиях направлений развития энергетики / Л. В. Массель, А. Г. Массель // *Изв. Томск. политехн. ун-та*. 2012. Т. 321, № 5. С. 135–141.
12. Массель, Л. В. Моделирование этапов принятия решений на основе сетецентрического подхода / Л. В. Массель, Р. А. Иванов, А. Г. Массель // *Вестн. Иркут. гос. техн. ун-та*. 2013. № 10 (81). С. 16–22.
13. Черняк, Л. Петля Бойда и кибернетика второго порядка // *Открытые системы*. 2013. № 7. С. 23–26.
14. Васильев, В. И. Интеллектуальные системы управления: теория и практика / В. И. Васильев, Б. Г. Ильясов. М. : Радиотехника, 2009.
15. Массель, Л. В. Интеллектуализация поддержки принятия решений при моделировании и управлении режимами в Smart Grid // *Интеллектуализация обработки информации* : тр. 9-й Междунар. конф., Черногория, Будва, 2012. С. 692–695.
16. Massel, L. V. Problems of the Smart Grid creation in Russia with a view to information and telecommunication technologies and proposed solutions // *The 15th International Workshop on Computer Science and Information Technologies (CSIT'2013)*. Hungarian Academy of Sciences, Budapest, Hungary. 2013. Vol. 1. P. 115–120.

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ АУКЦИОНОВ В РАЗРАБОТКЕ АЛГОРИТМОВ ТОРГОВЫХ РОБОТОВ

Рассматриваются вопросы построения алгоритмов торговых роботов на основе применения к финансовым рынкам теории аукционов. Предлагается вариант алгоритма построенный на основе теории аукционов

Современную экономическую модель очень сложно представить без наличия торговых площадок или бирж. На таких площадках производится обмен товаров, валюты, акций, а так же деривативов. Помимо основного назначения данные инструменты используются и для заработка на основе спекуляции. По статистике Чикагской товарной биржи лишь 10 % сделок переносятся на следующий день. Отсюда можно сделать вывод, что более 90 % от торгуемого объема используется для спекулирования на разнице курсов и более 40 % от этого объема создают торговые роботы. Для сравнения еще 30 лет назад сделки совершались на гораздо более длительный период и чаще всего использовались для получения товара или контроля над предприятием.

Одной из главных задач при совершении сделки с целью спекуляции является определение направления ее дальнейшего движения и потенциала этого движения. Этим занимаются два вида анализа: технический и фундаментальный. Фундаментальный анализ очень плохо подходит для спекуляции, так как основывается на отчетах компаний, а так же отчетах государств. Технический же анализ предсказывает дальнейшее движение цены на основе прошлых временных рядов. И именно данный вид анализа наиболее подходит для анализа поведения инструментов на коротком промежутке времени. Начиная с появления и активного развития ЭВМ, трейдеры пытались применять и строить различные индикаторы и автоматизированные торговые системы, которые могли бы дать ответ покупать сейчас или продавать, а так же совершать сделки сами по заранее заданным правилам. Одними из наиболее часто используемых алгоритмов при построении индикаторов и торговых роботов являются трендовые алгоритмы. Такие алгоритмы основаны на усреднении движения текущей цены, и позволяют выделить есть ли тренд на рынке или же рынок находится в разнонаправленном движении. К индикаторам построенным на трендовых алгоритмах относятся: скользящая средняя, полосы Боллинджера, MACD и многие другие. Такие индикаторы и роботы отлично работают на рынках, двигающихся в одном направлении продолжительное время и отлично соответствовали рынкам XX в. Но в текущих реалиях с развитием компьютерной техники и увеличением волатильности рынков они часто дают неверные ответы. В связи с этим возникает задача построения новых алгоритмов, которые могли бы быть использованы при разработке роботов и индикаторов.

Одним из возможных вариантов решения поставленной задачи является применение теории аукци-

онов. Данная теория основывается на следующих принципах:

- 1) рынком управляют спрос и предложение или покупатель и продавец, и кого больше туда и движется рынок;
- 2) у рынка есть 2 состояния: зона баланса и зона дисбаланса;
- 3) рынок постоянно переходит из одного состояния в другое и обратно;
- 4) тренд есть зона дисбаланса, разнонаправленное движение есть зона баланса.

Если рынок находится в состоянии баланса и сила покупателей и продавцов равны, то движения выглядят хаотичными, разнонаправленными. Но в случае дисбаланса, рынок находится в тренде и движется в одном направлении до тех пор, пока количество продавцов и покупателей не выровняется. Отсюда можно предположить, что сделки совершать следует на стадии дисбаланса, но в условиях современного рынка дисбалансы очень короткие и движения совершаемые очень резкие, поэтому войти по разумной цене во время реализации тренда вряд ли получится. Таким образом, входить следует в момент перехода из состояния баланса в состояние дисбаланса, и выходить в точке обратного перехода. В этом случае прибыль будет максимальной, а возможный убыток минимальным.

Основываясь на вышесказанном можно предложить следующую укрупненную структуру алгоритма торгового робота.

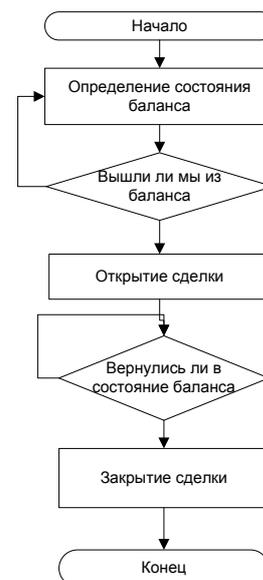


Рис. 1 Укрупненная структура алгоритма торгового робота

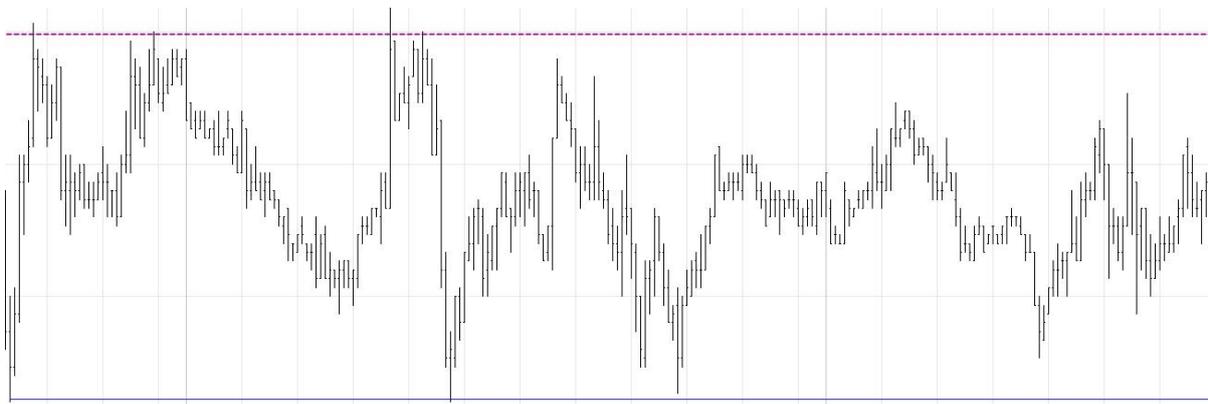


Рис. 2. Пример нахождения рынка в сбалансированном состоянии



Рис. 3. Пример использования алгоритма

Блок «Определение состояния баланса» предполагается разработать на основе сравнения точек перегиба графика прошлых периодов. И в случае, если эти точки лежат примерно на одной линии, то можно говорить о том, что рынок находится в сбалансированном состоянии. Пример такого состояния приведен на рис. 2

Точку выхода из состояния баланса предлагается определять на основе закрепления цены за диапазоном ценового коридора.

Блок «Открытие сделки» предполагает совершение сделки в сторону прорыва ценового коридора, при этом стоп заявку предлагается установить внутри ценового диапазона, ниже предполагаемой точки закрепления цены после прорыва.

Закрывание сделки предлагается осуществлять в момент, когда баланс игроков рынка опять восстановится. Как правило этому предшествует постепенное затухание движения вверх с закруглением графика. Пример перехода инструмента из состояния баланса в дисбаланс и обратно показан на рис. 3. Так же на рисунке отмечены точки предполагаемого открытия сделки, установки стоп ордера, и точка выхода из сделки.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод о том, что применение теории аукционов к финансовым рынкам является допустимым и может дать положительный результат при прогнозировании движения цены. Так же можно отметить перспективность использования предложенного алгоритма при создании торговых роботов. Дальнейшей целью исследования предлагается написание торгового робота по предложенному алгоритму и сбор статистики совершаемых сделок на основании данных прошлых периодов.

Список литературы

1. Экономико-математические методы и прикладные модели / под ред. В. В. Федосеева. М. : ЮНИТИ, 2001.
2. Ширяев, А. Н. основы стохастической финансовой математики. Т. 1. Факты. Модели. М. : ФАЗИС, 1998.
3. Мэрфи, Дж. Технический анализ фьючерсных рынков: теория и практика. М. : Сокол, 1996.
4. Кузнецов, М. В. Технический анализ рынка ценных бумаг. Киев. : Наукова думка, 1990.
5. Markowitz, H. Portfolio selection // J. of Finance. 1952. Vol. 7 (March). P. 77–91.

ПРОБЛЕМЫ ПРОЦЕССА АВТОМАТИЗАЦИИ БЮДЖЕТНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ МАЛОГО И СРЕДНЕГО БИЗНЕСА

Показаны положительные моменты внедрения автоматизированной системы бюджетирования на предприятиях малого и среднего бизнеса, а также факторы, обуславливающие эффективность их внедрения. Рассмотрены основные трудности при автоматизации системы бюджетирования. Даются рекомендации по устранению проблем.

В настоящее время вопросы о необходимости внедрения системы бюджетирования на российских предприятиях не вызывают сомнений у специалистов в экономической отрасли, так как бюджетирование является системой координат для бизнеса [2]. Финансовые планы устанавливают рубежи (норму или размер прибыли) и границы (лимиты затрат), в которых должна держать себя компания в целом и ее структурные подразделения, чтобы быть конкурентоспособными. Любые решения в области маркетинга или производства, любые антикризисные меры должны иметь четкое финансовое отображение, причем в различных направлениях: с точки зрения рентабельности, поддержания ликвидности и др. Наличие правильно организованного комплекса управления предоставляет руководству необходимую объективную информацию о деятельности организации и позволяет принимать на его основе оптимальные управленческие решения [2].

Однако, несмотря на имеющийся опыт российских организаций в постановке системы бюджетирования, многие региональные предприятия малого и среднего бизнеса до настоящего времени сталкиваются с проблемами качественной организации системы бюджетирования на предприятиях. Для предприятий малого и среднего бизнеса с относительно небольшим объемом хозяйственных операций система управленческого планирования, учета и контроля может быть полностью реализована на программном обеспечении для бюджетирования. В этом случае как плановые, так и фактические значения вводятся в систему бюджетирования вручную. Это могут быть агрегированные данные за период, либо данные, относящиеся к конкретным хозяйственным операциям. Таким образом, планирование, учет, контроль и анализ осуществляются в единой системе. В настоящее время на рынке программно-технических средств в бюджетировании представлены как, так называемые, полнофункциональные программные продукты (например, R/3, VAAN IV, Oracle Applications), которые позволяют полностью автоматизировать технологию составления, мониторинга и план-факт анализа сводного бюджета, но при этом являются достаточно дорогим удовольствием для средних и мелких компаний, так и более дешевые средства компьютеризации меньшей функциональности («Платинум», «Бипекс», «Скала», «Парус» и др.) [1].

Для того чтобы бюджетирование стало удобным и гибким инструментом для планирования и анализа деятельности и принятия управленческих решений при разработке автоматизированных систем бюджетирования, необходимо обратить внимание на следующие вопросы:

- обучение принципам построения и функционирования системы бюджетного управления будущих пользователей;
- использование одних и тех же управленческих аналитиков для планирования, контроля и анализа деятельности;
- определение ответственности за составление планов их выполнение, учет и регистрацию результатов, а также за последующий анализ;
- четкое описание регламентов взаимодействия подразделений в процессе составления и исполнения бюджетов.

Для внедрения автоматизированной системы бюджетирования необходимо определить обязательные этапы процесса [4]:

- определение задач построения системы управления финансами;
- разработка методологии бюджетирования;
- сравнительный анализ программных продуктов;
- автоматизация;
- обучение пользователей;
- «обкатка» системы.

Программный продукт – это лишь инструмент, который помогает продуманной разработанной системе бюджетирования заработать, но он не может работать вместо нее. Процесс разработки методологии бюджетирования и выбор информационной системы для автоматизации бюджетных процессов — это два последовательных этапа, которые не должны проводиться одновременно. Нарушение этой последовательности влечет за собой ряд ошибок [2]:

- автоматизация существующего беспорядка в бюджетировании;
- приобретение программного продукта гораздо большего функционала, а соответственно, и стоимости;
- приобретение программного продукта, который никак не решает поставленных задач и не подходит для бизнеса компании.

При автоматизации системы бюджетирования процесс может также натолкнуться на сопротивление

сотрудников ряда служб. Например, сотрудники бухгалтерии не хотят ничего менять в системе бухгалтерского учета и регламенте обработки поступивших документов, ссылаясь при этом на различные законодательные документы, на то, что в системе бухгалтерского учета существуют строго определенные настройки, изменять которые нельзя. Конечно, не владея специальными знаниями в этой области, трудно аргументировано спорить и добиваться решения поставленных задач. Та же проблема может возникнуть и в общении с техническими специалистами компании, которые приведут вам, с применением только им знакомой терминологии, много доводов, что те или иные задачи реализовать нельзя. Для устранения сопротивления своих же сотрудников необходимо: разработать регламент бюджетирования; сформировать критерии для анализа программных продуктов; произвести сравнительный анализ программных продуктов; выбрать и приобрести нужный программный продукт.

В общей системе управления компанией бюджетирование является самым нижним уровнем, где планируется непосредственно стоимость тех действий, через исполнение которых осуществляется реализация всей вертикали планов, целей и миссии компании. Поэтому в случае, если бюджеты компании составляются оторвано от стратегических планов, может произойти перекося в сторону приоритетности краткосрочных целей в ущерб долгосрочным, или значительное отклонение от выполнения стратегических планов, а значит, и не достижение стратегических целей компании.

Многие компании, внедрявшие систему бюджетирования, сталкивались с проблемой несоблюдения сроков и процедур составления и исполнения бюджетов: не соблюдаются сроки и регламент составления бюджетов, сроки предоставления информации сотрудникам финансовых служб, регламент передачи взаимосвязанных бюджетов или информации для их составления от одной службы к другой. Как правило, причинами низкой исполнительской дисциплины является недостаточное внимание к вопросам бюджетирования в текущей деятельности, когда подача планов постоянно откладывается из-за более срочных дел. Другая причина, создающая сложности в выполнении регламентов бюджетирования, — это незнание регламентов бюджетирования.

Одной из самых серьезных ошибок, которые часто допускают компании, уже, казалось бы, внедрившие систему бюджетирования, — это то, что все Положения оказываются «на полке», с ними никто не работает, персонал не умеет, не хочет или боится работать в программном продукте, т. е. внедренная система бюджетирования не функционирует [3]. Для того чтобы избежать этих и подобных им ошибок при эксплуатации программного продукта, необходимо:

– определить ответственность сотрудников компании за необоснованное несоблюдение своих обязанностей;

– оповестить всех участников процесса бюджетирования о целях процесса и об их роли в этом процессе, ознакомить участников бюджетирования с регламентами их работы и строго контролировать их выполнение;

– каждый центр финансовой ответственности должен знать стратегические цели компании. Стратегия должна быть обязательно доведена до сведения менеджеров каждого звена, им необходимо иметь доступ к соответствующей информации, позволяющей оценить, насколько их действия способствуют выполнению общей стратегии;

– командная работа руководителей подразделений. Требуется синхронная и целенаправленная деятельность большого количества линейных менеджеров. Каждый руководитель должен понимать, что он контролирует, на что может повлиять и за что несет ответственность. Необходима адекватная оценка эффективности деятельности менеджеров и мотивация деятельности участников бюджетного процесса.

Очень важно отметить, что, прежде чем приступить к внедрению автоматизированной системы бюджетирования, необходимо определиться с целями, для чего это делается, так как, если не сформулирована цель, которую нужно достичь, определенные параметры ее достижения, то непонятно, выполнен проект или нет. Кроме определения целей, очень важным этапом является этап предпроектного обследования или, анализа ситуации, и составления плана и бюджета работ по переходу из существующего состояния в желаемое.

В процессе внедрения автоматизированной системы бюджетирования часто приходится сталкиваться со следующими моментами:

– сопротивление сотрудников обучению новой технологии, новому программному продукту и т. д.;

– сопротивление сотрудников предприятия добавлению новой функции: планирования, соблюдения регламентов;

– недостаточная квалификация и профессиональный уровень сотрудников финансово-экономической службы, ответственной за бюджетирование.

Во избежание данных ситуаций необходимо параллельно внедрять грамотную систему мотивации персонала. Прежде всего, это мотивация на достижение запланированных результатов. Очень важно для успешной реализации проекта наличие команды, которая готова реализовать изменения в компании. Только при наличии компетентных специалистов, готовых воспринять и реализовать изменения: участвовать в разработке регламентов, вести разъяснительную работу коллегам — возможно успешное формирование системы бюджетирования.

Список литературы

1. Наумова, Н. В. Проблемы организации эффективного бюджетирования в рамках системы управленческого учета [Электронный ресурс] / Н. В. На-

умова, Е. Л. Пархоменко // Вопр. современ. науки и практики. 2009. № 7 (21). URL: <http://vernadsky.tstu.ru/ru/vjpusk/2009/vjpusk-07.php>.

2. Стрельникова, Е. В. Основные проблемы использования бюджетирования на предприятии [Электронный ресурс] // Современные проблемы управления риском : материалы междунар. заоч. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых.

Пермь, 2010. URL: http://www.uresearch.psu.ru/files/articles/224_67299.doc.

3. Ходжаш, А. А. Бюджетирование на малых предприятиях // Управлен. учет и финансы. 2010. № 1. С. 14–26.

4. Хруцкий, В. Е. Внутрифирменное бюджетирование: настольная книга по постановке финансового планирования / В. Е. Хруцкий, Т. В. Сизова, В. В. Гамаюнов. М. : Финансы и статистика, 2006.

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ИНСТРУМЕНТАЛЬНАЯ СРЕДА ДИСЦИПЛИНЫ ИЛИ КУРСА ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ

Рассматриваются подход к организации методического материала дисциплины с позиции организации интеллектуальной инструментальной среде, в которой работают, так плюсы веб-технологий, так и интеллектуальные технологий. Такая среда может найти применение для дистанционного образования.

В основу предлагаемой технологии положен опыт применения методик исследования образовательной информации для эффективного решения задач поиска, структурирования и анализа в основном хаотично организованной информации на образовательных сайтах для организации новых форм образовательного процесса. Часто эти проблемы относят к классу интеллектуального Web Mining. И прежде всего это находит применение при организации дистанционного образования как основных, так и дополнительных форм обучения. Инструменты Web Mining позволяют проводить автоматизированный анализ образовательной информации такой, как контрольные работы, результаты тестирования, эссе, рефераты, фрагменты курсовых и выпускных квалификационных преподавателями любых дисциплин, в том числе и преподавателями, не владеющими математическими знаниями и глубокими знаниями в области информационно-коммуникационных технологий.

Инструментарий служит для создания, так называемого Веб-виртуального поля дисциплины или курса, содержащего дидактический материал, список библиографических источников, электронные издания, интересные ссылки по различным проблемам изучаемого материала. Преподаватель должен обработать их с точки зрения автоматической классификации, составления оглавлений, выявления ключевых слов и общих тем, формирование итоговой ведомости. Выявленные знания могут при этом представляться в виде деревьев, описывающих структуры документов или в виде логических или семантических выражений. Решение части этих проблем предлагает известная технология Text Mining как технология автоматического извлечения знаний в больших объемах текстового материала, основанная на сочетании лингвистических, семантических, статистических и машинных обучающихся методик [2].

Для обучаемых персонализация веб-виртуального поля пространства в идеале связана с созданием некоего обучаемого компонента, адаптирующего такие возможности, как навигация, контент, цитаты, интересные ссылки, реакцию на высказывания в блогах, наконец, просто оценка выполненной работы. При этом такой компонент настраивается под обучаемого на основании собранной и проанализированной информации о его предпочтениях. При этом учитываются стойкие шаблоны поведения студента в виртуальном поле дисциплины.

В данном случае цель создания шаблона — возможное прогнозирование его последующих действий в том числе переходы по ссылкам, отправку форм, прокрутку страниц, добавление в избранные страницы и т. д. Найденные шаблоны используются в дальнейшем для оптимизации структуры веб-виртуального поля дисциплины. Целью поиска шаблонов в поведении обучаемых (а в дальнейшем и самих преподавателей) является не адаптация ресурса к предпочтениям индивидуальных пользователей, а поиск закономерностей в шаблонах взаимодействия пользователя с веб-ресурсом с целью прогнозирования его последующих действий.

В ходе формирования шаблона могут решаться такие задачи, как формирование гипотезы; фильтрация; выбор модели; выбор параметров модели и алгоритма обучения; обучение модели; оценка качества обучения; анализ выявленных закономерностей.

Необходимость автоматического анализа информации из Интернета вызвана высокой доступностью огромного количества постоянно пополняющейся информации, а также растущей популярностью веб-услуг среди всех категорий пользователей.

Инструментальной поддержкой описанных методик является *интеллектуальная инструментальная образовательная среда*. Такая среда представляющая собой программный комплекс, в состав которого входит модули или компоненты, разрабатываемые в рамках как традиционных, так нетрадиционных технологий программирования и обладающие определенными интеллектуальными возможностями, а также средства создания и развития веб-приложений. Использование веб-технологий и методик ИИ-программирования (программирование с использованием искусственного интеллекта) позволяет говорить об *интеллектуальном веб-приложении* [1].

В целом реализацию методик интеллектуального Web Mining, принято делить на два аспекта: Web Content Mining и Web Usage Mining [2].

Web Content Mining подразумевает автоматический поиск и извлечение качественной информации из разнообразных веб-источников. Это различные средства кластеризации и аннотирования документов. В предлагаемой реализации реализован подход, основанный на базах данных.

Второй аспект Web Usage Mining подразумевает обнаружение закономерностей в действиях обучаемых или их групп.

В рамках данного проекта реализованы следующие методико-технологические подходы.

1. Моделирование деятельности обучаемых в ходе образовательного и/или дистанционного процесса.

2. Формирование базы знаний для организации и управления образовательным процессом и создание соответствующих средств управления базами знаний.

3. Реализация веб-виртуальных полей дисциплин в виде платформенно-независимых веб-приложений.

4. Возможность организации удаленного лабораторного практикума на базе виртуального лабораторного оборудования в рамках виртуальных лабораторий.

Методическое наполнение интеллектуальной инструментальной образовательной среды:

– лекционный материал (видеолекции или электронные учебные пособия);

– веб-виртуальное поле дисциплины, представляющее собой совокупности знаний для данной дисциплины, значительная часть которой в данном случае перенесена в веб-пространство, при этом созданное программное обеспечение обучения для обучаемых поддерживает все указанные функции традиционным для веб-приложений способом;

– виртуальные лабораторные стенды, в т. ч. созданные сторонними учебными заведениями;

– генераторы учебных отчетов.

Сейчас сформировался социальный заказ на разработку обучающих систем по естественным наукам и ИТ-технологиям, более стимулирующих самостоятельное мышление учащегося, чем накачивающих его знаниями. Творчество в этих науках, как правило, ассоциируется с решением нестандартных задач, что позволяет глубже усваивать теорию и тренировать интуицию и логическое мышление [1].

Интеллект систем, предназначенных для выработки навыков решения задач, должен быть выше. Реализация интеллектуальных обучающих систем требует существенного пересмотра теоретического базиса. Как представляется, современные достижения в логике, искусственном интеллекте и программировании, его уже сформировали.

Обучающая система, чтобы быть полезной для учащегося, должна обладать следующими возможностями.

1. Включать стандартное обучающее ядро, которое естественно вводило бы учащегося в проблемную область и знакомило бы со стандартными приемами решения. Ядро содержит необходимые определения и демонстрирует решение некоторого множества задач для знакомства с проблемной областью и навыками общения с системой.

2. Обладать естественными средствами ввода задач и отображения их решений. При этом язык общения ничем не должен отличаться от языка проблемной области.

3. Содержать интерфейсную интерактивную подсистему решения задач, исходно не заданных, а вво-

димых на обычном языке проблемной области (интеллектуальное ядро системы).

Для ее разработки предлагается использовать метод нахождения неподвижной точки в классе нормальных моделей [1]. Последний отличается от известных методов поиска тем, что в данное пространство поиска мало чем напоминает естественное доказательство, так как исходная задача переводится на некий искусственный язык (например, дизъюнктов в методе резолюций). А при построении неподвижной точки строится хорошо понимаемое доказательство, так как язык описания задачи соответствуют естественному языку, используемому при формулировке задач, и правила построения новых элементов напоминают приемы содержательных рассуждений человеческого доказательства. Переход же к нормальным моделям, единицы которых суть классы эквивалентности, позволяет использовать объекты как представители классов эквивалентности.

В системах автоматического поиска одновременно с порождением элементов доказательства приходится управлять этим процессом. Здесь успешно зарекомендовал себя так называемый язык описания стратегий поиска. Таким образом, налицо двухуровневые лингвистические средства программирования:

– нижний уровень служит для описания элементов доказательства,

– верхний уровень служит для управления (интерфейса).

Разделение порождение и стратегии существенно снижает трудозатраты при создании систем поиска решения.

Решение двухуровневой лингвистической проблемы может быть решено в рамках системы Visual Prolog.

4. Содержать подсистему объяснения решения, т.к. машинное решение плохо осознается учащимся без описания всех логических переходов. Подсистема легко реализуется, если основываться на двухуровневой модели лингвистических средств, позволяющим управлять порождением пространства поиска и сохранять в памяти дерево доказательства со всеми откатами и переходами к новым подзадачам.

В результате сеанс решения (обучения) ничем не отличается от обычной творческой деятельности.

Интеллектуальный подход к созданию автоматизированных обучающих систем позволяет обучаемому принимать решения диагностического, классификационного, организационно-управленческого, гуманитарного характера для различных проблемных областей. При этом пользователь формулирует задание в своих профессиональных понятиях, например, описание ситуации в пространстве признаков (некоторые признаки могут быть не определены) и контролирует выработку решений с помощью описанных ниже средств когнитивной графики. При принятии решения используется равнобедренный треугольник, стороны которого сопоставлены третьим выбранным

пользователем решениям. Если точка лежит на одной из сторон, пользователь принимает точное решение, соответствующее данной стороне. Далее результат, принимаемый интеллектуальной системой, и указанный пользователем сравниваются и дается оценка качеству принятия решения обучаемым.

Затем с помощью датчика псевдослучайных кодов выбираются из базы знаний описания ситуаций, и по каждой из них пользователь принимает решения с применением когнитивных средств. Кроме того, решения, принимаемые системой и пользователем, сравниваются и обосновываются, при этом интелле-

туальная инструментальная среда должна позволять поддерживать и развивать и саму интеллектуальную инструментальную образовательную среду.

Список литературы

1. Надточий, И. Л. Программные системы с повышенной степенью интеллектуальности. Проектирование и реализация : учеб. пособие. Челябинск : Изд-во Юж.-Урал. гос. ун-та, 2005.

2. Чубукова, И. А. Data Mining : учеб. пособие. М. : Интернет-университет информационных технологий: БИНОМ : Лаборатория знаний, 2006.

ОЦЕНКА РАЗВИТИЯ СЕКТОРА ИНФОРМАЦИОННЫХ И КОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В РОССИИ

Одним из основных направлений развития государства является развитие наукоемких отраслей и высоких технологий, тесно взаимосвязанных с экономикой и экономическим ростом. В том числе это касается развития сектора информационных и коммуникационных технологий, основной частью которого является разработка ПО. Таким образом, в статье анализируются основные тенденции развития данной отрасли, а также востребованность специалистов в области разработки программных продуктов.

Введение

Одним из основных направлений развития государства является развитие наукоемких отраслей и высоких технологий, тесно взаимосвязанных с развитием экономики и экономическим ростом. В том числе сюда входит и развитие сектора информационных и коммуникационных технологий (ИКТ). Отмечая результат развития сектора, в первую очередь необходимо выделить массовое появление информационных продуктов и услуг, что привело к формированию информационного рынка. Рынок ИКТ подразделяется отдельно на отрасль телекоммуникаций и отрасль информационных технологий (ИТ). В свою очередь рынок ИТ включает: производство программного обеспечения (ПО), аппаратных средств и ИТ-услуги.

Несмотря на впечатляющие темпы роста в последние 10 лет, абсолютные объемы рынка ИТ в России остаются скромными. Доля расходов на ИТ к ВВП в России составляет лишь 1,2 %, в то время как в развитых странах данный показатель находится на уровне 3–4 %.

Наиболее активное развитие рынка ИТ приходится на долю индустрии разработки ПО, так объем экспорта данной отрасли достигает 4,6 млрд. долл.,

а процент компаний разработчиков ПО и готовых решений в 2013 г. увеличился на 7 % и составил 29 %.

В связи с вышеизложенным, в статье анализируется развитие отрасли разработки программного обеспечения, а также востребованность квалифицированных специалистов для данной области.

Оценка развития сектора ПО

Быстрое развитие данного сектора рынка ИТ объясняется следующим:

- активное сокращение объемов торговли нелегальными копиями программных продуктов;
- рост числа продаваемых компьютеров;
- стремление компаний повышать свою инвестиционную привлекательность;
- расширение использования ПО с открытым кодом во всех сферах общества.

На данном этапе Россия является конкурентоспособным поставщиком высоких технологий, в первую очередь, поставками программного обеспечения, выполненного, либо доработанного по заказу отдельных зарубежных компаний (рис. 1). Что в свою очередь говорит о высокой квалификации российских программистов [1].

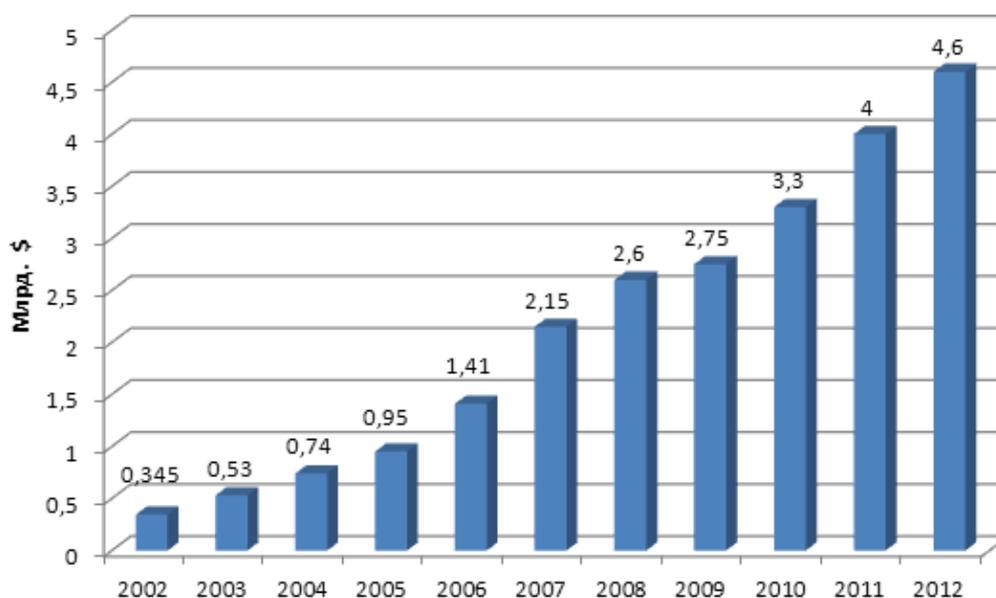


Рис. 1. Объем экспорта ПО в России в 2002–2012 гг.

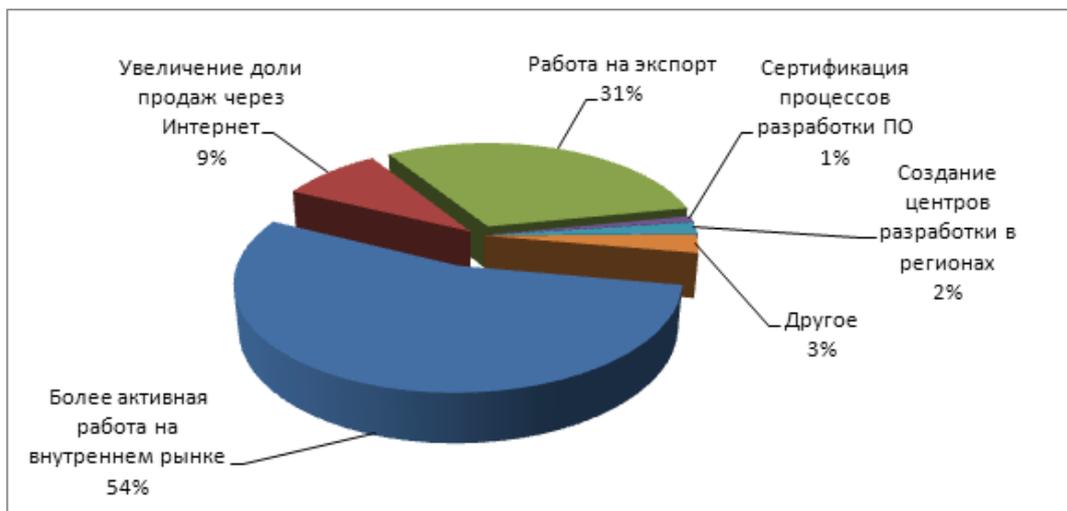


Рис. 2. Направления развития компаний по разработке ПО в России в 2013 г.

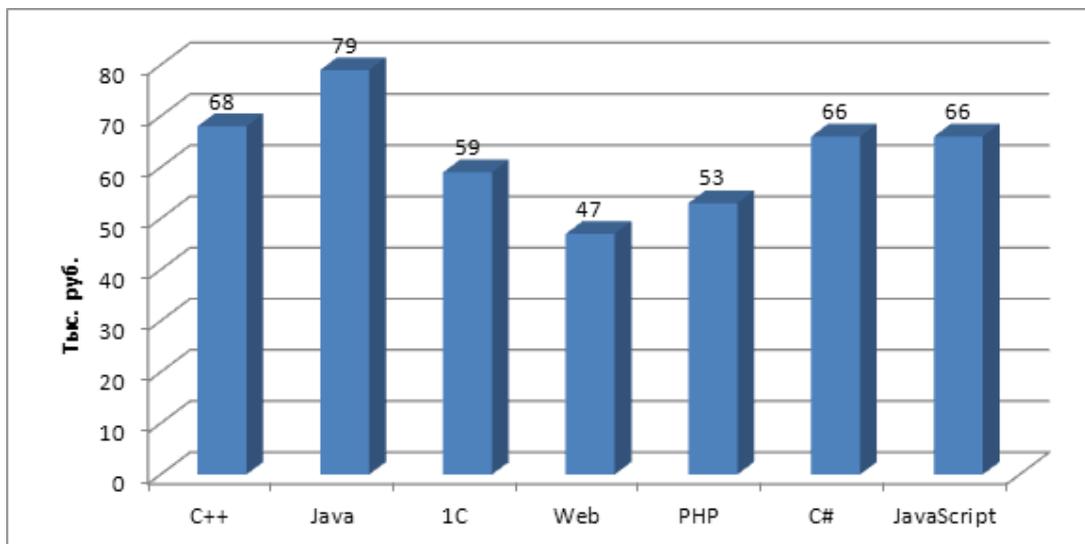


Рис. 3. Средняя заработная плата программистов в России в 2013 г.

Для объективной оценки экспорта ПО, следует учитывать полученный на зарубежных рынках, включая и рынок ближнего зарубежья совокупный доход российских компаний, центр разработки которых находится в России, а большая часть добавленной стоимости получена благодаря собственной разработке ПО (софтверные компании) [2].

При этом немаловажным фактом является то, что на российские софтверные компании приходится 2,5 % мирового рынка ПО, однако эта доля ежегодно увеличивается как минимум на 0,1 %, вне зависимости от замедления или ускорения развития мирового рынка ИКТ.

Тенденции развития отрасли разработки ПО

Рассматривая статистические данные на протяжении нескольких лет, можно отметить стабильное увеличение доли компаний, основными тенденциями которых являются рост внутреннего и внешнего рынков. С 2008 г. основными направлениями развития компаний по разработке ПО являются:

- активная работа на внутреннем рынке (с 66 до 81 %);

- увеличение доли продаж через Интернет (с 22 до 36 %).

- работа на внешнем рынке, экспорт (с 47 до 59 %).

- сертификация процессов разработки ПО (с 8 до 13 %);

- создание центров разработки в регионах (с 7 до 15 %).

Графически приоритетные направления развития компаний в 2013 г. представлены на рис. 2.

В качестве других основных направлений развития в основной массе являются создание новых продуктов и технологий, а также запуск новых проектов и создание дилерской сети.

Стоит отметить и тот факт, что большинство компаний, направленных на активную работу во внутреннем рынке, располагаются в Москве (83 %) и на Урале (88 %), в то время как ориентирование на экспорт приходится на долю компаний в Санкт-Петербурге (65 %).

Человеческие ресурсы

В общей сложности, число сотрудников российских софтверных компаний приближается к 120 тысячам

человек, из них около 20 тысяч работает в зарубежных центрах. Всего по стране разработкой ПО заняты около 400 тысяч человек. Не стоит забывать и то, что специалистов в области разработки ПО активно принимают на работу банки. Наиболее востребованными в компаниях, ориентируемых на экспорт ПО являются разработчики Java, C#, C/C++, в то время как для внутреннего рынка наиболее ценными кадрами являются веб-программисты PHP, MySQL. При этом сократилось и количество компаний, ощущающих нехватку специалистов. Данный показатель за год уменьшился с 54 до 27 %.

Также отмечается и рост заработной платы специалистов в области разработки ПО. Так, средняя заработная плата программистов в России, в 2013 г. колеблется от 47 до 79 тыс. р. (рис. 3).

Примечательно и то, что в связи с повышением платежеспособности российских заказчиков, средняя заработная плата практически не зависит от доли экспорта, однако, в общем и целом отмечается уменьшение темпов роста оплаты труда.

Заключение

Проведенный анализ развития сектора ИКТ в России позволил сделать следующие выводы:

- рынок информационных услуг в России находится в постоянном развитии;
- основная стратегия развития индустрии приходится на экспорт компьютерных услуг, в особенности ПО;
- профессии, связанные с разработкой и обслуживанием ПО, являются одними из наиболее востребованных и высокооплачиваемых.

Список литературы

1. Абрамова, А. В. Международная торговля информационными технологиями: вопросы регулирования / А. В. Абрамова, Ю. А. Савинов // Рос. внешнеэкон. вестн. 2007. № 2. С. 23–31.
2. Российская индустрия экспортной разработки программного обеспечения. 10-е ежегодное издание [Электронный ресурс]. НП «РУССОФТ», 2013. URL: www.russoft.ru.

ОБЛАЧНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Современный преподаватель, сейчас — это динамично развивающаяся личность, окруженная мощным потоком информации. И скорость восприятия, обработки и анализа этой информации, при старых методах и подходах, недопустимо мала. А скорость изменения и обновления окружающей нас информационной среды растет. Сегодня проникновение информационных технологий во все сферы деятельности человека уже не вызывает удивления. Сейчас это вполне естественный и гармоничный процесс информатизации всего, что нас окружает. Нельзя сказать, что образование стоит в стороне от этих процессов. Оборудованные компьютерные классы, интерактивные доски, проекторы и другие мультимедийные инструменты — неотъемлемая часть практически каждого образовательного учреждения. Но возникает вопрос, не игрушки ли это? Как могут они изменить образовательный процесс по сути? А может все это может быть еще более эффективным, если ... выстроить образовательный процесс в «Облаках»?

Цели: основной целью является создание системы непрерывного образовательного пространства в офлайн режиме с помощью «Облачных вычислений».

Задачи:

- 1) собрать воедино и централизованно образовательный контент для доступа определенной аудитории;
- 2) систематизировать образовательный контент;
- 3) выстроить структуру обмена информацией между преподавателем и студентом;
- 4) оптимизировать и структурировать систему поиска информации (с прописанием мета тегов);
- 5) предоставление постоянного доступа к образовательному контенту в офлайн режиме;
- 6) обеспечить возможность выполнения заданий в не зависимости от установленных на ПК ПО;
- 7) обеспечить изучение образовательного контента и программного обеспечения с любого ПК;
- 8) организация непрерывного сбора и хранения информации, а также доступа к ней на последующих курсах;

9) осуществление рецензирования работ и консультирования студентов в офлайн режиме;

10) проведение дистанционных контрольных, лабораторных и тестовых работ в офлайн режиме;

11) создание журнала изменений с возможностью возврата к предыдущим версиям изменений документа;

12) ведение и мониторинг журнала активности студентов;

13) возможность просмотра и редактирования файлов на различных мобильных устройствах.

Анализ системы: проанализировав систему образовательной среды, можно прийти к выводу, что при том потоке информации и при постоянно обновляющихся технологиях существует необходимость оптимизации образовательных процессов путем создания рационального образовательного пространства. Структуру образовательного пространства можно представить в виде схемы потока информации внутри образовательной среды, смоделированной и поддерживаемой в «Облаке» (рисунок).

Суть «Облачных технологий» заключается в предоставлении пользователю удаленного доступа к услугам, вычислительным ресурсам и приложениям, ПО через Интернет.

На рынке «Облачных технологий» сейчас существует множество различных игроков и предложений, они в большинстве своем предлагают услуги «Облачных» интернет — хранилищ, но на рынке «Облачных услуг» есть два крупных игрока Google и Microsoft. Именно их продукты, на мой взгляд, оказались оптимальными для образовательной среды. По существу, каждый из предлагаемых этими игроками продуктов по-своему хорош. В том числе у каждого есть свои плюсы и минусы. И каждый потребитель сможет выбрать из предложенного то, что ему нужно. Не маловажную роль играет и привычка работать с той или иной системой. Нужно учитывать, что каждый из этих игроков динамично развивается, подстраиваясь под потребности пользователей. Это два игрока, которые активно соревнуются друг с другом в расшире-



Схемы потока информации внутри образовательной среды, смоделированной и поддерживаемой в «Облаке»

нии возможностей. Активно происходит интеграция «Облака» с социальными сетями, но один из продуктов более адаптирован для работы в тандеме с офисными приложениями, что, безусловно, дает пользователю преимущество в работе с документами. Другой продукт удобен тем, что бесплатно распространяет, аналогичные имеющимся у конкурентов, приложения.

Практическая часть: больше всего в этой технологии подкупает простота технических требований к компьютеру. Самое главное — это выход в интернет в любом месте, с любого компьютера, в любое удобное время. Именно потому что все необходимые пользователю инструменты и ПО уже есть в «Облаке». Ему не нужен супер-компьютер с дорогим лицензионным ПО. Да и документы, ведомости, презентации, курсовые студентов, отчеты, тоже можно оставлять прямо в «Облаке» — это не привязывает к рабочему месту или к определенному компьютеру. Преподавателю не нужно теперь, например, носить кипы курсовых работ на проверку, а студенту, кучу лекционных тетрадей и библиотечной литературы. «Облако» дает возможность рецензировать работы и проводить консультации со студентами в on-line режиме. Теперь я спокойно выкладываю методические пособия, размещаю контрольные вопросы, провожу тестирование, смотрю студенческие презентации.

На наш взгляд, неоспорим тот факт, что «Облачная» форма организации образовательного процесса помогает не только мне как преподавателю, но и студентам. В «Облаке» они могут формировать любые документы, делать расчеты, получать консультации и приобретать неоценимый практический опыт работы в команде. Студент всегда может вернуться к той информации, которая была собрана на предыдущих курсах, чтобы освежить свои знания, или приступить к работе над дипломным проектом. Такие наработки не пропадут, а будут пополняться с каждым курсом и студент будет иметь к ним доступ в любом удобном для него месте и в любое удобное для него время. Не просто просмотрный доступ, а возможность полноценно работать, редактировать, получать консультацию или рецензию преподавателя или обсуждать спорные моменты с сокурсниками. В «Облаке» есть прекрасная возможность работать над групповыми проектами, распределяя обязанности в on-line режиме и работая одновременно над одним проектом. С помощью «Облака» мы со студентами проигрываем множество вариантов решения тех или иных задач, обмениваемся огромным объемом информации. Например, с помощью журнала событий я могу оценить объем работ который проделан каждым студентом и оценить его вклад в работу над совместным проектом.

Существует и еще один аргумент в пользу «Облачного» образования. Это возможность активно задействовать тех студентов, чьи возможности передвижения

существенно ограничены по тем или иным причинам. Для них это прекрасная возможность в полной мере проявить себя, приобрести практические навыки работы в команде, в любой момент получить консультацию преподавателя или пообщаться с сокурсниками, в рамках образовательного процесса. И такой опыт уже существует не только за рубежом. Перспективы внедрения позволят кардинально преобразовать процесс получения знаний всеми категориями слушателей. Более того, из категории пассивных слушателей они перерастут в активных участников командных и индивидуальных проектов. Используя эти технологии в учебном процессе, я вижу как студентам интересно, с каким упорством и скоростью они осваивают и приобретают те навыки, которые, я уверен, будут востребованы ими по окончании ВУЗа. Качество и эффективность проведения таких занятий несоизмеримо выше, а возможности намного шире, чем обычно. Поэтому я, как практик, с уверенностью могу сказать, что «Облачные технологии» в образовании — это нужный, эффективный и актуальный инструмент. И начинать его внедрение в учебный процесс, нужно с самих преподавателей. На данном этапе, недостаточное знание офисных приложений в совокупности с увеличением объемов информации требует увеличения скорости ее обработки в перспективе, такие традиционные способы обмена документами, как электронная почта уже не являются актуальными и достаточно эффективными на сегодняшний день.

Но, безусловно, я не могу не сказать и о некоторых недостатках или особенностях, если хотите, которые есть и это нужно учитывать.

1. Одним из условий работы в «Облаках» является уверенный, надежный и достаточно быстрый доступ в Интернет. Но существует возможность работы с документом в период временного отсутствия интернета, а при восстановлении сети интернет, данные синхронизируются с облачным хранилищем.

2. На практике не маловажную роль играет психологическое доверие пользователя к хранению данных в «Облаке». Хотелось бы отметить, что за два года использования мной и студентами «Облачного хранилища» SkyDrive (приложений SkyDrive на компьютере), не было зафиксировано ни одного случая потери данных. Некоторые студенты размещали приложения SkyDrive не на одном компьютере, тем самым увеличивая вероятность сохранения данных.

3. При работе с приложениями требуются навыки уверенного пользователя офисными приложениями, ПК и Интернет.

Образовательный процесс — это живой, очень гибкий и адаптируемый организм. И грамотное использование преимуществ современных информационных технологий, это зачастую, вопрос компетентности и квалификации преподавательского состава самого образовательного учреждения.

ИНФОРМАТИКА НА КАНИКУЛАХ: ТЕХНИЧЕСКОЕ, ПРОГРАММНОЕ И МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЗАНЯТИЙ ПО КОМПЬЮТЕРНОЙ ГРАФИКЕ В ЛЕТНЕЙ ШКОЛЕ

Для проведения учебных занятий по компьютерной графике (обработка рисунков и фотографий, создание анимации и потокового видео) на основе системы Linux создан дистрибутив, загрузочный компакт-диск (Live CD) и установочная версия системы, содержащая все необходимое программное обеспечение, методические указания и программа курса.

Исходя из того, что цели образования мало созвучны с идеологией коммерческого распространения программного обеспечения (ПО), вопрос выбора программных средств и методик использования их в сфере образования неоднозначен. Он зачастую определяется экономическими, юридическими и техническими аспектами.

В связи с ростом популярности свободно распространяемого программного обеспечения и необходимостью формирования уважительного отношения к требованиям лицензионных соглашений представляется целесообразным как можно раньше знакомить студентов, а еще лучше — *школьников*, с наличием свободно распространяемых аналогов известных проприетарных программ и особенностями работы с ними.

Linux является мощной операционной системой, которая может работать практически на любом существующем оборудовании. С точки зрения пользователя Linux — это настраиваемая операционная система. Это конструктор, который может быть собран красиво и современно (при этом ресурсоемко). Важно, что такая сборка возможна в т. ч. и для слабых компьютеров. Система Windows в любой из своих версий подобной гибкости не позволяет. Продукт, в случае Windows, — это одна операционная система под определенные системные требования. Продукт, в случае с Linux, — это набор операционных систем под разные задачи и разное оборудование.

Летом 2006 г., когда руководством Южно-Уральского государственного университета была поставлена задача организации и проведения выездного обучения в компьютерном кружке на территории базы отдыха, авторы данной статьи разработали на основе операционной системы Linux первую версию дистрибутива, ориентированного на организацию учебных занятий по компьютерной графике. В те годы достаточно распространенным было мнение, что учить студентов, а тем более школьников, и, вообще, широкого пользователя системе Linux и ее приложениям не целесообразно, что Linux сильно специализирована, сложна и т. п. Тем не менее, авторы статьи на своем многолетнем опыте убедились, что удобная и корректно настроенная с точки зрения пользовате-

ля система, организованная на основе свободно распространяемого ПО, позволяет достичь желаемой эффективности занятий.

Работа с компьютерной графикой привлекательна практически для всех пользователей. Опыт организации таких занятий показал, что оно может быть организовано даже в летних школах, оздоровительных лагерях и других местах отдыха детей, причем не только для детей младшего школьного, но и дошкольного возраста, обладающих различным уровнем компьютерной грамотности. В частности, СПО использовалось для получения навыков обработки рисунков и фотографий, построения клипов. В данном случае не только решается проблема юридических рисков, связанных с использованием нелицензионного ПО и прочими сопутствующими проблемами, но и открывается дорога к решению ряда этических проблем, а именно воспитанию уважения к авторскому праву у массового пользователя.

Была организована и в рабочем порядке скорректирована *система* с четкой организацией отдельных ее элементов: построена система организации хранения данных и общего доступа к ним; сформирован «склад» исходных материалов (видео-, аудио-); заранее продумано и регламентировано его содержание. Система удобна для организации учебного процесса т. к. она: быстро и легко устанавливается на любое рабочее место; удобна в администрировании и управлении классом; контролирует состояние рабочих мест; позволяет по-разному настраивать пользовательские места в зависимости от типа оборудования и задач; позволяет организовать терминальные решения, если рабочие станции имеют ограниченный ресурс.

Проведен большой объем работы по подбору наиболее подходящих *программных продуктов* для поставленных целей обучения. Сборка Linux позволяет включить в инсталлятор и установить на компьютер вместе с системой все необходимые для работы программы. Например, в Installer были добавлены специальные пакеты для организации рабочего пространства. Заметим, что в LiveCD, который позволяет загрузить операционную систему без установки на жесткий диск, такие пакеты включены не были. В данном случае, сделана ориентация на необходи-

мость использования сборки, которая обеспечила бы конкретную программу проведения занятий.

Осуществлен следующий порядок подбора программного обеспечения:

- поиск программ в Интернете с учетом необходимых функций;
- поиск уже собранной программы в репозиториях ALT Linux;
- если сборка не была найдена — пакет собирался из исходного кода;
- если сборка была найдена — она тестировалась, т. к. на текущем уровне развития системы она могла находиться не в рабочем состоянии. При необходимости она корректировалась до рабочего состояния и затем тестировалась на предмет простоты и корректности работы в пределах необходимых для реализации задач;
- если сборка не удовлетворяла поставленным требованиям или была невозможна, осуществлялся поиск другого приложения, выполняющего аналогичные функции.

В результате подбора программ для обучения анимации и растровой графике решено использовать программу GIMP, которая ориентирована на создание gif-анимации и фото-коллажей, а для векторной графики — программ XaraLX, inkscape. Следует заметить, что существуют версии этих программ, работающие и под Windows.

В качестве инструмента для создания клипов, среди большого многообразия имеющихся продуктов, выбрана программа Kdenlive, т.к. она является полноценным редактором для нелинейного монтажа.

Построенная система явилась результатом обобщения накопленного за несколько лет опыта выездного обучения детей младшего и среднего школьного возраста в компьютерном классе на территории базы отдыха «Наука» и детского оздоровительного лагеря «Березка» ЮУрГУ. В течение летних сезонов, начиная с 2006 г., проведено несколько сотен занятий для очень «неудобной» аудитории, *особенности* которой включают:

- «кразношерстность» как по возрасту, так и по всем другим возможным признакам (по начальному уровню подготовки, по знаниям, по интеллекту и т. п.), вплоть до цели посещения;
- свободный график присутствия на занятиях;
- нежелание обучаться серьезно (особенности времени и места проведения занятий);
- неконтактность, нежелание сидеть за компьютером в паре с кем-либо;
- слабую начальную подготовку: наличие некоторой части детей не умеющих читать (чаще — отсутствие привычки читать); незнание английского языка; неумение набирать текст; отсутствие навыков управления мышкой).

С первых занятий преподаватели стремились не просто обеспечить по возможности высокое каче-

ство обучения, но и сделать так, чтобы участникам кружков захотелось прийти и на следующее занятие, а также самостоятельно продолжить обучение по возвращении домой.

Тематика занятий: создание рисунков, коллажей, обработка фотографий, анимация, создание потокового видео (клипов).

Была спланирована относительная независимость содержания каждого из занятий (формат мастер-классов), планировалось отсутствие «цепных» занятий (когда на каждом следующем занятии используются навыки, полученные на предыдущих). Использовались минимум новых/неизвестных терминов (вплоть до затушевывания принципиальных различий Windows и Linux).

Была составлена схема организации работы в классе, учитывающая особенности оборудования, выделенного для проведения занятий в загородной зоне (файловый и jabber-сервер на одном из рабочих компьютеров). В силу недостаточности ресурсов на сервере терминальное подключение не использовано. Вход в систему под одним логином, сохранение работ в специально отведенном месте, к которому открыт доступ по сети (причем к исходным материалам — только на чтение, а для сохранения — на чтение и запись). Выбрана однопользовательская схема, т. к. многопользовательский вариант удобно реализуем только вместе с терминальным вариантом. Если ресурсы позволяют, требуется более детальное обдумывание схемы с точки зрения ее удобства для детей. Учитывалось, что, т. к. любой ребенок может сидеть на любом компьютере, пользователь с его настройками должен быть виден с любого рабочего места (зачастую также дети работают в группе).

Выбран оконный менеджер, с которым возможна работа с имеющимися в распоряжении ресурсами (в частности, на заданном объеме памяти) и который был бы понятен детям. Среди претендентов на использование: Xfce, Gnome и KDE, в первой версии был выбран KDE, как наиболее распространенный и наиболее хорошо, из всех трех, поддерживаемый разработчиками и всеми желающими. В настоящее время проводится сборка обновленной версии системы, в которой предполагается вместо KDE использовать Xfce.

В рамках выбранной тематики занятий подобран список дополнительных приложений, которые использовались для заполнения небольших пауз в работе.: KStars, KGeography, KTuberling, Psi.

Система позволила реализовать следующее содержание занятий [2; 3].

Занятие 1. Общеознакомительное. Оценка возможностей посетителей. Попытка начать работу с системой без особого руководства. Информация для родителей: лицензионная чистота и чем компьютер может быть полезен для ребенка. Знакомство детей между собой, примерное определение групп. Работа

с программой Psi: набор на клавиатуре, индивидуальный и групповой чат. Работа с мышью: копирование и вставка. Фотографирование посетителей и подготовка фото для последующей обработки. Просмотр (открытие) файлов в GIMP из программы просмотра изображений digikam. Выделение форм в изображении (ножницы). Копирование/вставка в другое изображение отдельным слоем, перемещение. Поворот, масштабирование, искривление, перспектива. Инструменты прямого рисования: карандаш/кисть/перо и выбор цвета/кисти, текст. Сохранение в указанное место.

Занятие 2. Продолжение работы в GIMP. Обработка фотографий: средства выделения — контур, цвет, «волшебная палочка», Обработка выделенных фрагментов: копирование, заливка, изменение размера. Обработка фотографий: слои и прозрачность, фильтры и спецэффекты, цветокоррекция.

Занятие 3. Анимация в GIMP. Рисование по кадрам, рисование с модификацией исходного изображения, скрипт-фу, создание нового изображения, инструмент «заливка», изменение порядка слоев, объединение слоев, просмотр анимации, корректное сохранение анимации.

Занятие 4. Векторная графика на примере XaraLX. Преимущества векторной графики. Работа с инструментами «карандаш», «выделение», «изменение цвета линий и заливки», масштабирование, перемещение, поворот объектов, «ручка», «правка фигуры», «прямоугольник», «эллипс», «фигура». Попытка создания изображения. Сохранение.

Занятие 5. Векторная графика на примере XaraLX. Изучение инструментов «текст», «заливка», «прозрачность», «тень», «фаска», «контур», «смешивание». Попытка создания собственного изображения.

Занятие 6. Векторная графика на примере XaraLX. Добавление рамок к растровым изображениям. Импорт из растровых форматов, применение маски.

Занятие 7. Потокое видео на примере kdenlive. Просмотр исходных материалов, подбор материалов для клипа. Составление клипов нарезкой.

Занятие 8. Потокое видео. Попытка корректного совмещения виде- и аудио- потоков (смысловая и звуковая синхронизация). Спецэффекты.

Занятие 9. Потокое видео. Добавление спецэффектов и переходов между кадрами. Завершение работы над видеоклипами. Просмотр результатов.

Занятие 10. Коллективный просмотр клипов, организация и проведение выставки рисунков и фотоколлажей, награждение участников.

Замечание. Обучение детей дошкольного и младшего школьного возраста, удобнее начинать с простой программы для рисования — Tux Paint (вместо программы Хага). Программа имеет простой дружественный интерфейс и не требует от пользователя умения читать. Благодаря большим коллекциям го-

товых изображений-штампов, забавным эффектам, которые проигрываются при выборе инструментов, программа увлекает не только младших дошкольников (3–5 лет), но и взрослых пользователей.

В процессе приобретения опыта проведения занятий с описанной выше специфической аудиторией, постепенно *поставлены и решены три задачи:*

- разработать собственно курс обучения (программу и методику),
- Installer (установочную систему для конкретного курса);
- LiveCD (компакт-диск с системой).

В результате работы **по организации технического обеспечения** занятий:

1) подобран список пакетов, необходимый для установки на компьютерах системы — на рядовых компьютерах, и на сервере. Каждый из пакетов выбран в зависимости от оконного менеджера и особенностей организации работы. Составлен окончательный список пакетов для сборки Installer;

2) на основе списка для Installer-а и стандартных списков для LiveCD, подобраны пакеты для сборки LiveCD, позволяющего дома разворачивать систему, аналогичную той, в которой дети работали;

3) написаны скрипты, которые при сборке дотачивают LiveCD до состояния, обеспечивающего минимум проблем при возвращении домой, чтобы дети могли самостоятельно продолжить работу, начатую летом; LiveCD позволяет загружать систему, не устанавливая ее на жесткий диск. Диск раздается участникам кружка в конце смены;

4) произведена сборка и тестирование LiveCD и Installer с корректировкой.

По итогам проведенных занятий:

– написано методическое руководство по использованию программ в рамках обучающего курса и описана методика проведения занятий [2];

– доработан пакет установки Installer. Все специфические настройки и пакеты для конкретного курса совершаются автоматически или полуавтоматически, что освобождает пользователя от необходимости специальных знаний из области администрирования;

- разработано пособие по установке системы [3];
- сделаны доклады на научно-методических конференциях [4–6].

Список литературы

1. Панюкова, А. А. Методика проведения занятий [Электронный ресурс]. URL: <http://heap.altlinux.org/engine/Mex3andMe/Summer10DayCourse/Method>.
2. Панюкова, А. А. Методика проведения занятий [Электронный ресурс]. URL: <http://heap.altlinux.org/engine/Mex3andMe/Summer10DayCourse/Method>.
3. Панюкова, А. А. Необходимый минимум для проведения занятий [Электронный ресурс]. URL: <http://heap.altlinux.org/engine/Mex3andMe/Summer10DayCourse/Instructions>.

4. Панюкова, А. А. Создание обучающего курса для детей на базе Linux // Свободное программное обеспечение в высшей школе : тез. докл. 3-й конф., Переславль, 2–3 февр. 2008 г. М. : Изд-во ALT Linux, 2008. С. 61–63.

5. Панюкова, А. А. Методика проведения занятий с использованием свободно распространяемого программного обеспечения / А. А. Панюкова, М. М. Якшин, Т. А. Панюкова // Роль и место самостоятельной рабо-

ты студентов в образовательном процессе вуза : регион. науч.-практ. конф. 4–6 февр. 2008 г. Т. 1. Челябинск : Изд-во Юж.-Урал. гос. ун-та, 2008. С. 40–42.

6. Panyukova, T. A. Organization and methodics for realization of computer graphics studying using free software / T. A. Panyukova, A. A. Panyukova, M. M. Yakshin // The International Workshop on Computer Science and Information Technologies' 2008. Proceedings of Workshop, Turkey, Antalya, September 15–17. 2008. Vol. 1. P. 238–241.

О ПЛАНИРОВАНИИ И УПРАВЛЕНИИ ТРАНСПОРТНЫМ ПРОЦЕССОМ ПРИ ПЕРЕВОЗКЕ ГОТОВОЙ ПРОДУКЦИИ НЕФТЕХИМИЧЕСКОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Исследования поддержаны грантами РФФИ № 12-07-00631-а и № 12-07-00377-а

Рассматривается проблема планирования транспортного процесса при перевозке готовой продукции нефтехимического предприятия. Автором предлагается СППР для планирования ТП при перевозке ГП. Поддержка решений основана на применении методов оптимизации, теории принятия решений, дискретной математики и современных информационных технологиях.

В настоящее время проблема повышения конкурентоспособности готовой продукции (ГП) для экономики России — ключевая на современном этапе развития. Одним из важных факторов формирования конкурентоспособности ГП является транспортировка готовой продукции с обеспечением заранее оговоренного срока доставки, уровня безопасности. Таким образом, возникает необходимость разработки и осуществления мероприятий в области управления транспортным процессом (ТП) при перевозке ГП. Под транспортным процессом понимается совокупность мероприятий, выполняемых специалистами предприятия и направленных на осуществление доставки ГП из места хранения в пункт потребления, данный процесс всегда связан с фактическим перемещением груза.

Для эффективного функционирования ТП необходимо не только грамотное оперативное управление, но и планомерная подготовка в процессе стратегического планирования и управления. Разработанная

функциональная модель управления ТП при перевозке ГП позволила выделить основные функции: планирование транспортного процесса; выполнение перевозки реагентов; контроль ТП перевозки реагентов; анализ ТП перевозки реагентов. В данной статье рассмотрена функция планирования транспортного процесса (рис. 1).

Планирование транспортного процесса на предприятиях представляет собой процесс формирования и оптимизации транспортной деятельности, направленный на обеспечение высокого уровня обслуживания заказчиков (доставка ГП заказчикам точно в срок, обеспечение безопасности ГП при перевозке и др.), эффективное использование транспортных средств (перевозка ГП по рациональным маршрутам), повышение производительности труда (максимальное использование рабочего времени водителей в рамках законодательства РФ), максимальное снижение транспортных расходов.

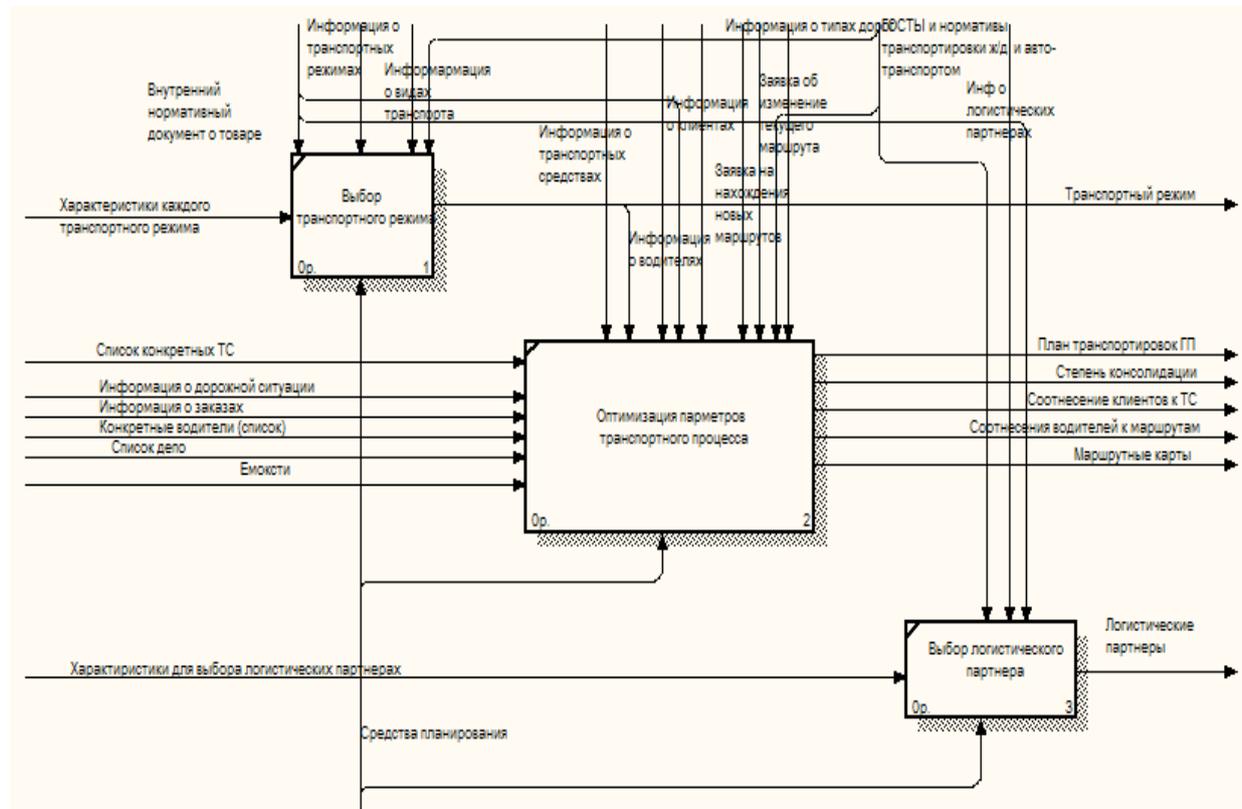


Рис. 1. Организация планирования транспортного процесса

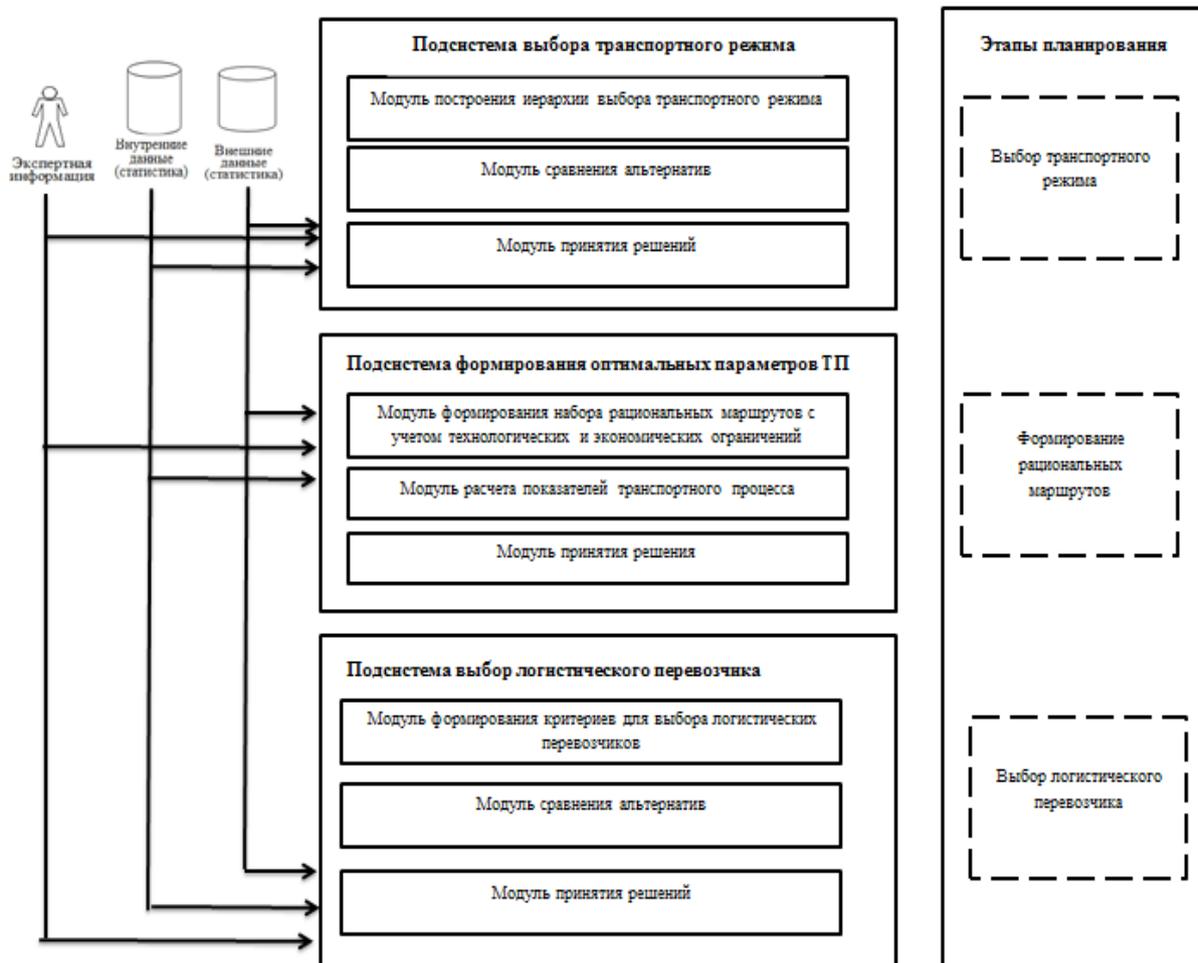


Рис. 2. Функциональное назначение модулей системы планирования транспортного процесса при перевозке ГП

В качестве средства, позволяющего динамично анализировать транспортный процесс, формировать варианты изменения транспортного процесса, а также оценивать эффективность предлагаемых решений, т. е. осуществлять функцию планирования ТП, разработана специальная система поддержки принятия решения для планирования ТП при перевозке ГП.

Целью функционирования системы является максимально возможное снижение транспортных расходов с учетом требований заказчиков и руководителей производственного предприятия.

Оно достигается в результате снижения расходов на каждом этапе планирования транспортного процесса:

1. Выбор транспортного режима. Под выбором транспортного режима понимается выбор способа транспортировки (униmodalная (одноmodalная); смешанная (смешанная раздельная перевозка грузов); комбинированная; интерmodalная (интегрированная); мультиmodalная) и вида транспорта (автомобильный и железнодорожный). Для выбора транспортного режима был применен метод анализа иерархий Т. Саати [4].

2. Определение набора рациональных маршрутов в автомобильной перевозке. Для решения данной проблемы возможно использование математической модели MDHVRPTW [2; 5] с учетом введения дополнительных ограничений, таких как, приемлемые затраты на маршруты по платным дорогам, удовлетво-

рительное качество дорог, приемлемый риск ДТП на дорогах и возможный ущерб от ДТП на маршрутах. Выбор набора маршрутов осуществляется на основе алгоритма поиска переменной окрестности, так как данный метод позволяет получить хорошие решения за приемлемое время в задачах большой размерности.

3. Выбор логистических перевозчиков. Выбор логистических перевозчиков сводится к многокритериальной задаче оптимизации. В качестве критериев выбора были отобраны следующие: время доставки; стоимость перевозки; надежность соблюдения графика доставки груза; время оформления заявки на транспортировку. Автором предложено использовать метод предпочтения и замещения Кини — Райфа [3].

СППР состоит из трех основных подсистем, реализующих этапы планирования ТП (рис. 2).

Предлагаемая СППР позволила снизить транспортные расходы и затрачиваемое время на доставку грузов за счет применения эффективных методов поиска для выбора транспортного режима, определения набора рациональных маршрутов, выбора логистического перевозчика. Также эта система должна учитывать пожелания клиента, и его требования относительно транспортировки грузов, а также технологические ограничения при перевозке.

Вывод об эффективности предложенных моделей и методов был сделан по результатам работы про-

граммных продуктов. Разработанные программные продукты для рассматриваемых задач могут быть применены как в производственных условиях (нефтехимические предприятия), так и в научных исследованиях.

Список литературы

1. Юсупова, Н. И. Многокритериальная задача доставки грузов различным потребителям / Н. И. Юсупова, А. Ф. Валеева, Е. Ю. Рассадникова и др. // Логистика и управление цепями поставок. 2011. № 6. С. 60–82.
2. Рассадникова, Е. Ю. Математическая модель задачи выбора рациональных маршрутов в системе управления транспортировки готовой продукции [Электронный ресурс] / Е. Ю. Рассадникова, Л. А. Коханчиков // Современ. проблемы науки и образования. 2013. № 5. URL: <http://www.science-education.ru/111-10244>.
3. Кини, Р. Л. Принятие решений при многих критериях: предпочтения и замещения / Р. Л. Кини, Х. Райфа. М. : Радио и связь, 1981.
4. Саати, Т. Л. Принятие решений. Метод анализа иерархий. М. : Радио и связь. 1989.
5. Dondo, R. A cluster-based optimization approach for the multi-depot heterogeneous fleet vehicle routing problem with time windows / R. Dondo, J. Cerdá // European J. of Operational Research. 2007. Vol. 176 (3) P. 1478–1507.
6. Zografos, K. G. A decision support system for integrated hazardous materials routing and emergency response decisions / K. G. Zografos, K. N. Androusoopoulos // Transportation Research Part C: Emerging Technologies. 2008. Vol. 16 (6). P. 684–703.
7. Reza, Z. F. Logistics Operations and Management, Concepts and Models / Z. F. Reza, Sh. Rezapour, L. Kardar. Elsevier Inc., 2011.
8. Langevin, A. Logistics systems: design and optimization / A. Langevin, D. Riopel. Springer, 2005.

МЕХАНИЗМ УЧЕТА СЛУЧАЙНЫХ ФАКТОРОВ ПРИ ОБЪЕМНОМ ПЛАНИРОВАНИИ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМАХ

Планирование производственной программы заключается в определении будущего состояния предприятия, которое характеризуется неопределенностью, обусловленной вероятностным характером современных условий хозяйствования. Поэтому в статье рассматриваются модель оптимизации объемного плана производства с учетом случайных изменений производственной обстановки и результаты апробации разработанной модели.

Введение

Управление предприятием является сложным процессом, протекающим во времени в условиях неопределенности. Одной из важных задач управления предприятием является планирование. Объемный план производства относится к уровню тактического планирования на предприятии, который характеризуется высоким уровнем неопределенности, что ведет к риску принятия ошибочных решений. Этот факт требует разработки математического аппарата, позволяющего определить оптимальный план производства, соответствующий ему уровень материальных затрат, используемых мощностей и оценить объем возможных потерь. В качестве математического аппарата предлагается использовать модели стохастического программирования [1; 2].

Содержательная постановка задачи

Нефтеперерабатывающее производство является сложным объектом, который характеризуется большим количеством технологических объектов, находящихся в тесной взаимосвязи, потреблением многих видов энергоресурсов и материалов, частыми изменениями производственной обстановки под действием внешних и внутренних факторов.

К внешним факторам относятся нарушение графиков поставки сырьевых ресурсов в количественном и качественном отношении, нарушение графиков отгрузки товарной продукции, корректировка плановых заданий на выпуск товарной продукции определенной номенклатуры со стороны вышестоящих организаций и ряд других факторов.

К внутренним факторам относятся незапланированный вывод на ремонт и ввод в действие технологических установок, случайный характер условий реализации технологических процессов, случайные изменения количества и качества полупродуктов, получаемых на определенной стадии и направляемых на дальнейшую переработку.

Входными данными задачи являются:

- перечень и соответствующие параметры нефтепродуктов и других ресурсов: цена и объемы поставок;
- перечень установок и параметры каждой установки: номинальная мощность, нефтепродукты на входе и на выходе, нормы расхода ресурсов и другие;
- прочие параметры, необходимые для расчета и анализа основных технико-экономических показателей с учетом вероятностной неопределенности;

Требуется разработать модель формирования оптимального объемного плана производства в условиях неопределенности и риска, позволяющую моделировать различные варианты производства и согласовывать объемы поставляемого на предприятие сырья с возможностями технологических установок и объемами выпускаемой продукции.

Выходная информация:

- оптимальный план производства товарной продукции в натуральном и стоимостном выражениях;
- загрузка производственных мощностей по каждой установке;
- общая и с разбивкой по установкам потребность в производственных ресурсах;
- обобщенные технико-экономические показатели в условиях вероятностной неопределенности.

Математическая модель

Модель оптимизации плана производства в терминах стохастического программирования представляет собой задачу, в которой требуется найти объемы производства, максимизирующие математическое ожидания прибыли при условии, что израсходованный ресурс не превысит имеющийся с некоторой заданной вероятностью. Для удобства решения в детерминированном виде модель представлена ниже:

$$F = \sum_{j=1}^{NT} ct_j x_j - \sum_{i=1}^K \sum_{j=1}^N a_{ij} x_j \overline{cm}_i \rightarrow \max$$

при следующих ограничениях.

1. По материальному балансу $x_j = d_{sj} x_s, j, s = \overline{1, N}, j \neq s$.
2. По мощности

$$\sum_{j=1}^N r_{lj} x_j \leq R_l, \quad l = \overline{1, M}.$$

3. По ресурсам

$$\sum_{j=1}^m \overline{a}_{ij} x_j \leq \overline{B}_i - w_i, \quad \text{где } w_i = t(\alpha_i) \left(\left(\sum_{j=1}^n \sigma_{ij}^2 [a_{ij}] x_j^2 + \sigma_{ij}^2 [b_i] x_j^2 \right) \right)^{\frac{1}{2}}.$$

4. $x_j \geq 0, j = \overline{1, N}$.

Здесь NT, NP — номенклатура товарной продукции, полуфабрикатов собственного потребления ($N = NT + NP$), M, K — количество типов оборудования и видов сырья (используемых материалов), R_l — мощность l -го типа оборудования, \overline{a}_{ij} — математическое ожидание потребности i -го типа материала для производства единицы j -го вида продукции, \overline{B}_i —

Результаты экспериментальных расчетов

Показатель (тыс. р.)	Детерминированная	Экспериментальная часть (при различных α)			
		0,6	0,7	0,8	0,9
Доход	15 638 965	14310 387	11877 991	8892 859	8343 518
Затраты	6 975 421	6 855 642	5 728 836	5393 971	5262 173
Прибыль	8 663 544	7 454 744	6 149 155	3 498888	3081 346
β	%	14	29	59,6	64,4
μ	%	1,7	3,4	5,3	7,9

математическое ожидание величины располагаемого i -го ресурса за весь период планирования, x_j — кол-во выпускаемой продукции j -го вида, d_{sj} — технологический коэффициент затрат s -го вида продукции на единицу j -го вида, \overline{ct}_j , \overline{cm}_j — математические ожидания цен j -го вида продукции и i -го вида сырья и используемых материалов, $\sigma_{ij}^2[a_{ij}]$, $\sigma_{ij}^2[b_{ij}]$, $j = \overline{1, n}$, $i = \overline{1, m}$ — дисперсии соответствующих случайных величин; $t(\alpha_i)$ — в нормальном законе распределения значение t , соответствующее заданному уровню вероятности соблюдения ограничения α_i , α_i — вероятность соблюдения ограничения, w_i — величина дополнительного ресурса, необходимая для гарантированного выполнения плана при разных уровнях вероятности,

$$r_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если продукт } j \text{ изготавливается} \\ & \text{на установке } l \\ 0, & \text{в противном случае} \end{cases}, l = \overline{1, M}, j = \overline{1, N}.$$

На величину w_i влияют все вероятностные характеристики задачи: заданная вероятность соблюдения i -го ограничения; дисперсия значений норм расхода; дисперсия ресурсов b_i . Увеличение заданного уровня вероятности приводит, в свою очередь, к росту величины $t(\alpha)$, а также к росту $\sigma_{ij}^2[a_{ij}]$ и $\sigma_{ij}^2[b_{ij}]$, что вызывает увеличение w_i , а следовательно, при этом растет плата за неопределенность. Данные выводы являются качественной оценкой влияния неопределенности. Для уточнения степени ее влияния рассчитываются количественные оценки:

– относительное ухудшение целевой функции $\beta = |F_0 - F| / F_0 \cdot 100\%$, где F_0 и F — соответственно значения целевой функции при $W_i = 0$ и в задаче СТП;

– относительное увеличение ресурса

$$\gamma_i = W_i / \left(\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j + W_i \right) \cdot 100\%.$$

– относительное увеличение стоимости ресурса при разных уровнях вероятности

$$\mu = \sum_{i=1}^m W_i * \overline{cm}_i / \sum_{i=1}^m \left(\sum_{j=1}^n a_{ij} * x_j * \overline{cm}_i + W_i * \overline{cm}_i \right) \cdot 100\%.$$

Результаты апробации модели

Апробация построенной модели осуществлялась для нефтеперерабатывающего производства, на ко-

тором производится 20 видов продукции, из них 10 идет на продажу и а остальные на внутреннее потребление. Кроме того, есть такая продукция, часть которой сразу идет на продажу, а остальная идет в дальнейшую переработку. Для получения готовой продукции используется нефть и 14 видов дополнительных ресурсов. Доходы складываются от продажи товарной продукции. Затраты включают стоимость всех ресурсов. Сравнительная оценка относительного изменения прибыли компании и увеличения затрат при разных уровнях вероятности приведены в таблице.

Анализ данных таблицы подтверждает, что случайный характер величин, входящих в модель задачи, существенно влияет на результаты решения, и пренебрежение этим фактом приводит к формированию нереальных планов.

Для обеспечения гарантированного с заданной вероятностью выполнения плана необходим дополнительный объем по каждому виду ресурсов. Так, например, для обеспечения гарантированного с вероятностью 60 % выполнения плана требуется увеличение затрат на приобретение дополнительного ресурса на 1,74 % по сравнению с детерминированной задачей. Отсутствие такого увеличения ресурсов может привести к уменьшению прибыли на 14 %.

Заключение

Анализ результатов решения задачи для нефтеперерабатывающего производства позволил сделать следующие выводы:

– для обеспечения гарантированного с заданной вероятностью выполнения плана необходим дополнительный объем по каждому виду ресурсов;

– при отсутствии дополнительных ресурсов прибыль может уменьшиться из-за возможного сокращения выпуска продукции.

Список литературы

1. Шелобаев, С. И. Математические методы и модели в экономике, финансах, бизнесе : учеб. пособие для вузов. М. : ЮНИТИ – ДАНА, 2001.
2. Юдин, Д. Б. Задачи и методы стохастического программирования. М. : URSS, 2010.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ НА ПРИМЕРЕ ОАО «УГОК»

На основе эконометрического анализа организации производства сделано обоснование принятия оптимальных управленческих решений в деятельности горнодобывающего предприятия на примере ОАО «Учалинский ГОК». Результат исследования — выявление оптимального плана производства данного предприятия. На его основе предлагаются дальнейшие стратегии эффективного развития предприятия и, соответственно, поддержания минерального — сырьевого комплекса региона.

В настоящее время экономика России в наибольшей степени ориентирована на минерально-сырьевой комплекс. Рассматривая его в разрезе с математическим моделированием, можно сказать, что эта сфера еще мало изучена, разработаны лишь некие имитационные математические модели процессов комплексного освоения недр. Поэтому задача исследования деятельности горнодобывающего предприятия при помощи математических моделей является актуальной.

ОАО «УГОК» является ведущим предприятием по добыче и обогащению медно-цинковых руд в Уральском регионе (анализ долевого вклада горнодобывающих предприятий представлен на рис. 1).

Из рис. 1 видно, что Учалинский ГОК является лидером на рынке цинковых концентратов, производя 73 % всего объема. На рынке медных концентратов УГОК занимает второе место, уступая 10 % Гайскому ГОКу.

Все проекты Учалинский горно-обогатительный комбинат осуществляет за счет собственных средств. Предприятие самодостаточно и не получает финансирования главного холдинга. Для того, чтобы в этом удостовериться, применим модель оптимального распределения инвестиций УГМК-Холдинга между дочерними предприятиями, в числе которых непосредственно ОАО «УГОК».

Требуется распределить имеющиеся B единиц средств среди n предприятий, доход от которых, в зависимости от количества вложенных средств x_i , определяется матрицей $(n \times n)$, приведенной в табл. 1, так, чтобы суммарный доход со всех предприятий был бы максимальным.

Доход, полученный от предприятий, обозначим $g_i(x_i)$, $i \in [1;n]$.

Таблица 1

Матрица зависимости дохода предприятия от количества вложенных средств

x/g_1	g_1	g_2	...	g_i	...	g_n
x_1	$g_1(x_1)$	$g_2(x_1)$		$g_i(x_1)$		$g_n(x_1)$
x_2	$g_1(x_2)$	$g_2(x_2)$		$g_i(x_2)$		$g_n(x_2)$
x_i	$g_1(x_i)$	$g_2(x_i)$		$g_i(x_i)$		$g_n(x_i)$
x_n	$g_1(x_n)$	$g_2(x_n)$		$g_i(x_n)$		$g_n(x_n)$

Математически данная задача записывается следующим образом:

Определить оптимальное распределение инвестиций

$$X^* = (x_1^*, x_2^*, \dots, x_k^*, \dots, x_n^*) = \arg \max \sum_{i=1}^n g_i x_i,$$

которое удовлетворяет условиям:

$$\begin{cases} x_i > 0; i = 1, \dots, n, \\ \sum_{i=1}^n x_i = B. \end{cases}$$

В основе решения такой задачи лежит функция Беллмана, записанная в виде

$$F_k(C_k) = \max_{x_k} \{g_k(x_k) + F_{k+1}(C_k - x_k)\}; \quad k = 1, \dots, n.$$

В данной модели рассматриваются три дочерних предприятия УГМК-Холдинга — ОАО «Гайский ГОК», ООО «Башмедь», ОАО «Учалинский ГОК».

В этом случае функцией Беллмана обозначим максимально возможный доход, который может быть получен с указанных предприятий.

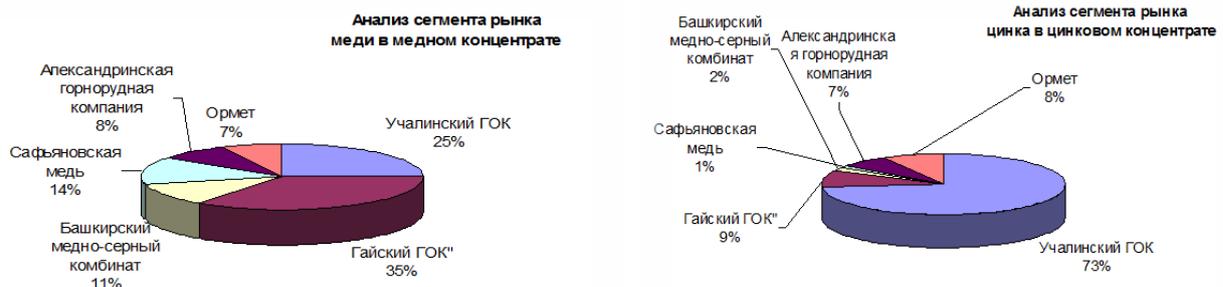


Рис. 1. Анализ долевого вклада горнодобывающих предприятий Уральского региона

Данная задача решается заменой сложной многовариантной задачи многократным решением простых задач с малым количеством исследуемых вариантов.

С этой целью процесс оптимизации разбивается на n шагов и на каждом k -м шаге оптимизируется инвестирование не всех предприятий, а только предприятий с k -го по n -е. При этом естественно считать, что в остальные предприятия (с первого по $(k - 1)$) тоже вкладываются средства, и поэтому на инвестирование предприятий с k -го по n -е остаются не все средства, а некоторая меньшая сумма $C_k \leq B$. Эта величина и является переменной состояния системы. Переменной управления на k -м шаге считается величина x_k средств, вкладываемых в k -е предприятие. И, как было уже сказано, в качестве функции Беллмана $F_k(C_k)$ на k -м шаге выбирается максимально возможный доход, который можно получить с предприятий с k -го по n -е при условии, что на их инвестирование осталось C_k средств.

Для упрощения расчетов предполагаем, что общее инвестирование УГМК-Холдинга составляет 5 млрд. р. и, соответственно, распределение средств осуществляется в числах $x_i = \{0, 1, 2, 3, 4, 5\}$ млрд р.

Прибыль распределяется в зависимости от вложенных средств в производство каждого предприятия

$$x_i = \frac{\delta_i}{\alpha + \beta + \gamma} \alpha; \quad y_i = \frac{\delta_i}{\alpha + \beta + \gamma} \beta; \quad z_i = \frac{\delta_i}{\alpha + \beta + \gamma} \gamma;$$

$\alpha = 8,5$ млрд р.; $\beta = 10$ млрд р.; $\gamma = 4$ млрд р.

Искомую матрицу по фактическим данным исследуемых предприятий см. в табл. 2.

Таблица 2

Искомая матрица

X	g_1	g_2	g_3
0	0	0	0
1	0,46	0,54	0,000216
2	1,02	1,2	0,00048
3	1,38	1,62	0,00065
4	1,836	2,16	0,00086
5	2,3	2,7	0,00108

Произведя расчеты по описанному алгоритму, определим оптимальное распределение инвестиций: 4 млрд выделяется Гайскому ГОКу, 1 млрд — ООО «Башмедь», Учалинский ГОК не получает финансирования.

Для проведения дальнейшего анализа рассмотрим организацию производственного процесса на данном предприятии, при которой имеющиеся ресурсы используются наиболее эффективно.

Распространенной производственной функцией является функция Кобба — Дугласа: $Y = AK^\alpha L^\beta$, где A , α , $\beta > 0$ — константы, $\alpha + \beta < 1$; K — объем основного капитала, L — затраты труда; Y — выпуск продукции.

Используя фактические данные экономических показателей ОАО «УГОК» с 2009 по 2011 г., определим параметры данной функции.

Для этого решается следующая система уравнений:

$$\ln Y_t = \ln A + \alpha \ln K_t + \beta \ln L_t, \quad 2009 \leq t \leq 2011,$$

где Y_t , K_t , L_t — фактическое значение соответствующих величин в год t . Решение данной системы было найдено методом наименьших квадратов. Получены следующие результаты: $A = 665$; $\alpha = 0,023$; $\beta = 0,196$. Важное значение имеет также такая характеристика, как фондовооруженность $f = K/L$, показывающая объем фондов, приходящийся на одного работника. В нашем случае $f = 34137654/5523 = 6181$ р./чел.

На основе проведенного анализа можно констатировать, что эффективное использование ресурсов достигается.

Для повышения эффективности деятельности ОАО «УГОК» рассмотрим, какие факторы оказывают наиболее сильное влияние на себестоимость добычи руды, какие находятся от нее в прямой, а какие в обратной зависимости. Для этого проведем регрессионный анализ.

Основные факторы, которые влияют на себестоимость добычи руды: способ добычи руды, качество руды, производительность труда, потребление электроэнергии. Данные факторы являются экзогенными переменными регрессии. В результате проведения анализа получено следующее уравнение регрессии:

$$\hat{y} = 2231,4 + 2,15x_1 - 6,17x_2 - 0,83x_3 + 0,002x_4 + 588,9x_5,$$

где x_1 — добыча руды на Учалинском месторождении;

x_2 — добыча руды подземным способом;

x_3 — добыча руды на Узельгинском месторождении,

x_4 — производительность труда,

x_5 — потребление электроэнергии,

y — себестоимость добычи руды.

Значимость полученного уравнения регрессии показывают коэффициент детерминации, в нашем случае равный 92 %, и статистика Фишера ($F_{\text{расч}} = 27,42 > F_{\text{крит}} = 3,34$) [3].

Рассчитав коэффициенты эластичности для выявления силы связи факторов с результатом, приходим к выводу, что факторы оказывают различное влияние на себестоимость руды. Так, в частности, при увеличении добычи руды на Учалинском подземном руднике на 1 % себестоимость руды увеличивается на 0,2 %, на Узельгинском же подземном руднике вследствие увеличения добычи руды себестоимость уменьшается. В то же время с ростом добычи руды подземным способом себестоимость 1 тонны руды уменьшается на 1,1 %.

Мы видим, что добыча руды на Узельгинском подземном руднике оказывает благоприятное влияние на эффективность деятельности предприятия. Что касается Учалинского рудника, можно наблюдать обратный эффект.

Данное заключение можно сделать также, если определить производственные мощности указанных рудников.

Применяя экономико-математическую модель определения оптимальной производственной мощности рудника, получен показатель, равный 4712000 [2]. Производственная мощность Учалинского рудника — 1560 тыс. т, а Узельгинского рудника — 3650 тыс. т. Оптовая цена продукции Учалинского месторожде-

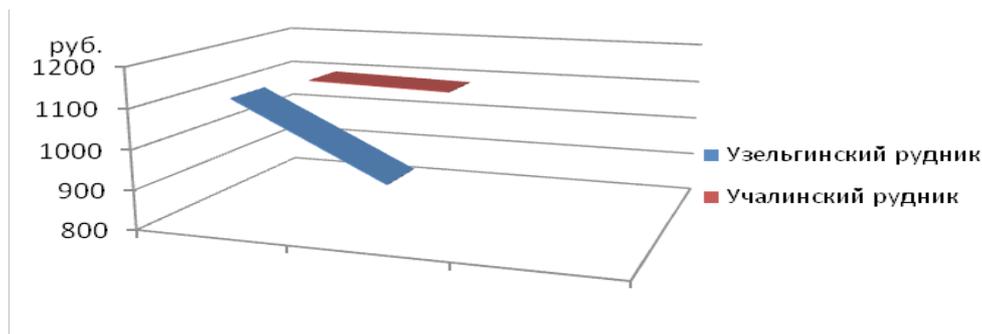


Рис. 2. Сравнительные характеристики Учалинского и Узельгинского рудников

ния составляет 1096 р. при ее себестоимости, равной 1085,6 р. В то время, как на Узельгинском руднике оптимальная цена — 1116 р., а себестоимость — 932,8.

Можно сделать вывод, что Учалинское месторождение теряет свою рентабельность. Поэтому постепенно на смену Учалинскому месторождению, которое сейчас находится в стадии доработки, приходит Ново-Учалинское месторождение.

По модели Уилсона — Харриса, в которой рассматривается управление производством, выражение для общих затрат на производство продукции имеет следующий вид [7]:

$$D = \frac{c_1 q t_s}{2} \cdot n = \frac{c_1 q T}{2},$$

где c_1 — стоимость производства единицы продукции в единицу времени, q — объем продукции, t_s — время между пополнениями, $n = T/t_s$ — количество периодов пополнения.

Для решения такой задачи продукты нескольких типов производятся одновременно так, чтобы к началу следующего этапа производства предыдущая партия продуктов стала бы равной нулю. Графически процесс изменения величины производства при таком предположении можно представить в следующем виде (рис. 3) [4].

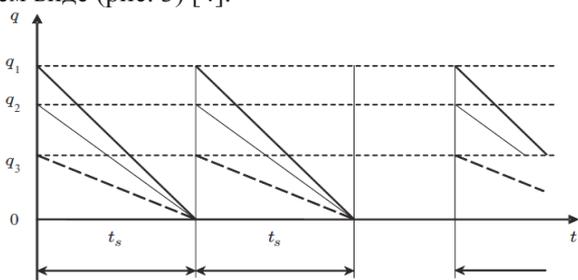


Рис. 3. График изменения величины производства при одновременной поставке разных продуктов

Затраты на производство продукции в течение периода между пополнениями составят

$$\tilde{D} = \sum_{i=1}^L \frac{c_i q_i t_s}{2},$$

где L — количество типов продуктов в группе, q_i — количество единиц i -го продукта, t_s — интервал времени, c_i — стоимость производства единицы продукта i -го типа в единицу времени.

Поскольку спрос r_i на i -й продукт постоянен, то объем заказываемой продукции должен быть равен количеству продукции, которое будет израсходовано в течение времени t_s , т. е. $q_i = r_i t_s$.

Проведя соответствующий анализ производства ОАО «Учалинский ГОК», был получен оптимальный план производства: оптимальное производство меди — 77961,4 р.; оптимальное производство цинка — 17975,66 р.

Для определения оптимальной стратегии деятельности предприятия в условиях неопределенности и риска были рассмотрены различные критерии игр с природой. В результате применения данных критериев выявлено, что оптимальная стратегия деятельности данного предприятия — стратегия дальнейшего развития [5].

Таким образом, учитывая все полученные результаты, можно сказать, что ОАО «УГОК» является самодостаточным, выбирает оптимистичный путь развития своей деятельности — осваиваются новые месторождения, увеличиваются объемы производства.

Список литературы

1. Годовой отчет ОАО «УГОК» с 2009–2011 г.
2. Гребенюк, В. А. Справочник по горнорудному делу. М. : Недра, 1993.
3. Елисеева, И. И. Эконометрика. М. : Финансы и статистика, 2007.
4. Калинин, Н. М. Модели управления многопродуктовыми запасами. / Н. М. Калинин, Е. Н. Хоботов. М. : Ин-т систем. анализа РАН.
5. Красс, М. С. Математические методы и модели для магистрантов экономики : учеб. пособие. 2-е изд. доп. / М. С. Красс, Б. П. Чупрынов. СПб. : Питер, 2010.
6. Ломкова, Е. Н. Экономико-математические модели управления производством : учеб. пособие / Е. Н. Ломкова, А. А. Эпов. Волгоград: Политехник, 2005.
7. Методические рекомендации по планированию, формированию, учету затрат на производство и реализацию продукции (работ, услуг) предприятия металлургического комплекса.
8. Методические указания по технологическому проектированию горнодобывающих предприятий металлургии с подземным способом разработки [Электронный ресурс]. URL: <http://www.nchkz.ru/lib/58/58123/index.htm>.

ОЦЕНКА УРОВНЯ ЗНАНИЙ СТУДЕНТОВ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ СОГЛАСОВАННОГО МНЕНИЯ ЭКСПЕРТОВ

Описана модель подбора курсов дисциплин с учетом уровня знаний студентов в условиях дистанционного обучения. Модель уровня знаний студентов рассмотрена на всех этапах ее формирования. В автоматизированной обучающей системе осуществляется выявление исходного уровня знаний, умений и навыков студентов, их индивидуальных способностей; предъявление учебного материала, адаптацию его по уровню сложности, темпу предоставления информации и др. В статье рассматривается аппарат нечеткой логики и согласования мнений экспертов

Введение

В условиях устойчивой тенденции к возрастанию объема и сложности знаний, умений и навыков, получаемых студентами в процессе обучения в высшем учебном заведении, повышается значимость проблемы рациональной организации образовательного процесса.

В условиях дистанционного обучения эффективным средством организации учебной деятельности студентов являются автоматизированные обучающие системы. Мы будем придерживаться следующего определения автоматизированной обучающей системы. Автоматизированная обучающая система (АОС) — это комплекс технических, учебно-методических, лингвистических, программных и организационных средств, реализованных на базе ЭВМ и предназначенных для автоматизации учебного процесса. С помощью АОС осуществляют:

- 1) выявление исходного уровня знаний, умений и навыков студентов, их индивидуальных способностей;
- 2) подготовку учебного материала;
- 3) предъявление учебного материала, адаптацию его по уровню сложности, темпу предоставления информации;
- 4) управление познавательной деятельностью студентов;
- 5) определение показателей работоспособности студентов;
- 6) завершающий контроль качества усвоения учебного материала;
- 7) регистрацию и статистический анализ показателей степени обученности усвоения материала каждым учащимся и группой студентов в целом (время выполнения отдельных заданий, общее время работы в среде АОС, число ошибок и др.).

Учеными доказано, что применение автоматизированных обучающих систем, основанных на некоторой модели учебной деятельности студента, позволяет индивидуализировать учебную деятельность студентов.

Знания об обучаемом, как правило, включает в себя следующие особенности [1]:

– общие характеристики обучаемого, как физического и социального индивидуума, не зависящие от изучаемого предмета (например, психофизические данные: возраст, пол, скорость реакции, способность

к абстрактному мышлению и т. п.; социальные: уровень образования, специальность и т. п.);

– отношение обучаемого к учебному материалу, т. е. насколько глубоко и полно он владеет знаниями об изучаемом предмете и (или) умениями использовать эти знания в профессиональной деятельности;

– историю взаимодействия учителя (обучающей программы) и обучаемого.

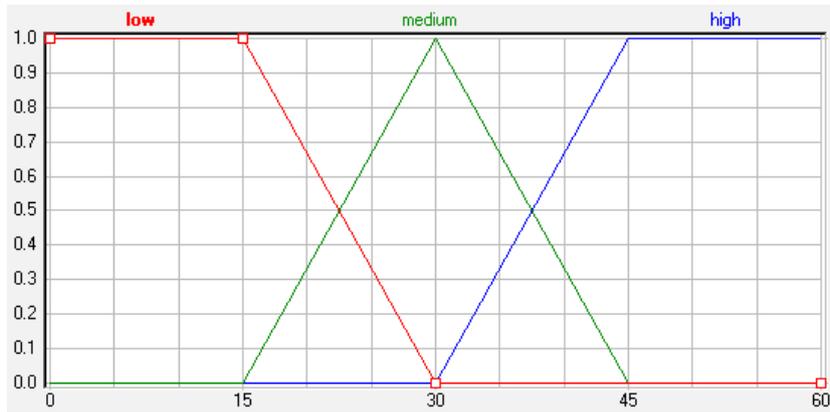
Предварительные знания и цель обучения формируются как требования к начальному и заключительному состояниям обучаемого. В общем случае процесс моделирования протекает следующим образом. Модель обучаемого включает требования к необходимым предварительным знаниям и умениям обучаемого и может уточняться преподавателем при настройке обучающей системы и в процессе предварительной диагностики знаний обучаемого. Модель формируется пошагово: на основании общей модели предметной области, с помощью знаний и умений экспертов-предметников. На основе полученной модели формируется соответствующая образовательная траектория включающая адаптированный под уровень знаний студента учебный план дисциплины.

Все эти этапы должны быть интегрированы в автоматизированную обучающую систему дистанционного обучения. Для этого необходимо разработать математическое и алгоритмическое обеспечение процесса формирования индивидуального учебного плана на основе адаптации к уровню знаний обучающегося.

Далее мы рассмотрим предлагаемый метод классификации студентов для формирования адекватного учебного плана, на основе оценки уровня их знаний, с применением нечеткой логики и деревьев решений, а также на применении мнений экспертов о значимости факторов оценки.

Метод оценки уровня знаний обучающихся

Оценивать уровень своих знаний обучающемуся предлагается самостоятельно. Для проверки студенту будет представлен тест с закрытыми вопросами по темам, соответствующим выбранной дисциплине. Ответами в данном тесте будут уровень знаний выраженный в понятной форме качественной характеристики (на пример: очень хорошо, хорошо, не хорошо, плохо). В этом случае качественные критерии



Пример графика функции принадлежности треугольного нечеткого числа

рассматриваются как лингвистические переменные, значения которых могут быть выражены как положительные треугольные нечеткие числа [2]

Треугольные нечеткие числа, представляют собой нормальные нечеткие числа с функцией принадлежности в треугольном виде. Они моделируют высказывание типа: «Параметр A равен a и находится в диапазоне (α, β) », записываясь как $A = \langle \alpha, a, \beta \rangle$, ее значение в точке x вычисляется согласно выражению

$$MF(x) = \begin{cases} 1 - \frac{b-x}{b-a}, & a \leq x \leq b; \\ 1 - \frac{b-x}{c-a}, & b \leq x \leq c; \\ 0, & \text{в остальных случаях.} \end{cases}$$

При этом весь диапазон называется универсум, а число a — супремум. Пример графика функции принадлежности в треугольном виде, представлен на рисунке.

Использование нечеткой логики в области электронного обучения был применен с использованием различных точек зрения. Некоторые нечеткие подходы к электронному обучению были представлены в [3]

Итак, перейдем к оценке обучающихся на основе выбранных критериев. Пусть мы имеем множество M критериев уровня знаний обучающихся (вопросы теста). Представленные в виде лингвистических переменных, значение которых выражены в треугольных нечетких числах. Пусть каждый элемент i , где $i = 1, \dots, m$, множества M , имеет l_i термов лингвистической переменной.

Рассчитаем показатели значимости уровня знаний студента для выбранного курса.

Шаг 1. Для этого эксперты должны проранжировать критерии уровня знаний обучающихся по важности для выбранного курса.

Шаг 2. Определим весовые коэффициенты каждого критерия.

Весовые коэффициенты критериев C_j определяются по формуле

$$C_j = 1 - \frac{R_j - 1}{M} \quad j = 1, \dots, M, \quad (1)$$

где M — число критериев.

Затем коэффициенты нормируются по формуле

$$\tilde{C}_j = \frac{C_j}{\sum_{m=1}^M C_m}. \quad (2)$$

Шаг 3. Проранжировать термы лингвистических переменных по значимости в соответствии с важностью для выбранного курса по каждому критерию.

Шаг 4. Студенты сравниваются по каждому критерию, и результаты заносятся в таблицу.

Шаг 5. Определить весовые коэффициенты каждого студента по каждому критерию и нормировать полученные показатели.

$$C_{ji} = 1 - \frac{R_{ji} - 1}{K} \quad i = 1, \dots, K; \quad j = 1, \dots, M, \quad (3)$$

где K — количество студентов, M — количество критериев.

$$C_{ji}^* = \frac{C_{ji}}{\sum_{k=1}^K C_{jk}} \quad (4)$$

где C_{ij}^* — нормированные критерии.

Таким образом, для расчета весовых коэффициентов используются отношения порядка между объектами. Однако использование порядковой информации может привести к утрате части полезной информации. При необходимости учета веса каждого термина соответствующего критерия веса рассчитываются по формуле

$$C_{ji}^* = \frac{W_{ji}}{\sum_{k=1}^K W_{jk}} \quad (5)$$

Если большие значения показателей предпочтительнее меньших, или по формуле

$$C_{ji}^* = \frac{1/W_{ji}}{\sum_{k=1}^K 1/W_{jk}} \quad (6)$$

Если меньшие значения предпочтительнее больших. При этом шаг 4 (ранжирование объектов по каждому показателю) опускается.

6. Рассчитать значения обобщенного показателя для каждого студента:

$$\bar{W}_i = \sum_{j=1}^M \tilde{C}_j^* C_{ji}. \quad (7)$$

Не менее важной является процедура согласования мнений экспертов и приход к общему консенсусу при ранжировании критериев оценки уровня знаний студентов (шаг 1) и ранжировании термов лингвистических переменных (шаг 3). Для этого предлагается использовать следующий алгоритм. Подробнее о его применении вы можете найти здесь [4].

Предположим что вектор экспертных оценок k , $k = 1, \dots, K$, представлен $R^k = (r_1^k, \dots, r_N^k)$, где r_i^k — это оценка для j -й альтернативы. Затем обозначим через $R^G = (r_1^G, \dots, r_N^G)$ объединенный рейтинг группы. Предполагая, что относительная значимость экспертов может быть измерена, введем вектор с весами $w = (w_1, \dots, w_K)$, где $w_k \geq 0$, $k = 1, \dots, K$, и $\sum_k w_k = 1$. Теперь введем группу функций расстояния, основанные на OWA:

$$D_{owa}(R^1, \dots, R^K) = \sum_k w_k d(R^{\pi(k)}, R^G), \quad (8)$$

где $d(R^{\pi(k)}, R^G) \geq d(R^{\pi(k+1)}, R^G)$, $k = 1, \dots, K-1$.

Оператор агрегации OWA был описан в [5] и его главная характеристика в том, что он выделяет веса в соответствии с входным значением, подчеркивая тем самым в нашем случае крупнейший, наименьший или средний уровень индивидуальных разногласий (расстояний).

Таким образом, мы решаем проблему нахождения группового рейтинга, который представляет собой рейтинг K экспертов как можно более точно, то есть это рейтинг, который минимизирует разногласия между людьми. Проблема представлена в виде следующей модели оптимизации

$$\text{Min } D_{owa}(R^1, \dots, R^K), \text{ s.t. } R^G \in R, \quad (9)$$

где R — подмножество возможных рейтингов в P .

Такой подход относится к классу моделей на основе расстояния для агрегирования порядковых предпочтений на множестве альтернатив в согласованный рейтинг (см., в частности, [6–9]).

Для того чтобы найти компромиссное решение мы предполагаем, что метрика d является так называемым расстоянием по правилу Спирмена, и, что расстояния между индивидуальными рейтингами и рейтингами групп не могут превысить заданный порог. Таким образом, модель оптимизации принимает вид

$$\begin{aligned} & \text{Min}_{R^k} \sum_{k=1}^K w_k \sum_{i=1}^N |r_i^{\pi(k)} - r_i^G| \\ & \text{s.t. } \sum_{i=1}^N |r_i^{\pi(k)} - r_i^G| \leq \tau_k, \quad k = 1, \dots, K. \end{aligned} \quad (10)$$

Итак, мы имеем множество студентов с само оцененным уровнем знаний по множеству критериев M и рассчитанную интегральную оценку уровня знаний студентов, на основе экспертной оценки значимости критериев. Применяя полученную оценку можно построить рейтинг студентов по уровню знаний.

Построенный рейтинг может быть использован при адаптивном подборе учебного плана выбранной студентом дисциплины. В процессе само оценки по предложенным критериям, студент формирует профиль обучающегося. Набор возможных профилей ограничен, число профилей: $\prod_{i=1}^m I_i$.

Представленную модель можно применить в качестве оценочной после пройденного курса. В это случае интересным представляется вопрос сравнение результатов до изучения курса и после.

Заключение

Все более широкое распространение в мире получает дистанционное образование, стратегическая цель которого — обеспечить людям возможность получения образования высокого уровня на месте своего проживания или профессиональной деятельности. Его уникальные возможности обеспечиваются использованием при всех формах получения образования дистанционных образовательных технологий, реализуемых в основном с применением информационных и телекоммуникационных технологий при опосредованном или не полностью опосредованном взаимодействии обучающегося и педагогического работника. Объективные потребности развития современного общества обусловили создание дистанционного образования и привели к тому, что оно приобрело черты непрерывного, обеспечивая процесс обучения человека и школе, и в вузе, и при повышении квалификации, и при освоении новой профессии

Система дистанционного образования дает возможность каждому студенту выстроить образовательную траекторию, которая наиболее полно соответствует его образовательным и профессиональным потребностям, способностям и уровню знаний, независимо от того, где бы территориально он ни находился. Каждым студентом создается собственная программа обучения, которая основывается не на едином информационном источнике, а представляет собой траекторию движения в образовательной среде.

В данной статье рассматривается адаптивный подход к выбору траектории обучения на основе анализ уровня знаний студентов, применяющий аппарат нечеткой логики, OWA агрегации. Новизна предлагаемого подхода заключается в применении OWA агрегации при поиске консенсуса среди мнений экспертов при оценке уровня знаний.

Работа выполнена при поддержке программы Европейской комиссии Erasmus Mundus, РФФИ (проект №11-07-00687). Работа является частью научных исследований, выполненных по теме «Разработка инструментальных средств поддержки принятия решений для различных видов управленческой деятельности в промышленности в условиях слабо структурированной информации на основе технологий распределенного искусственного интеллекта» по заданию Министерства образования и науки РФ.

Список литературы

1. Григорьев, Ю. В. Учет взаимодействия между студентами при обучающем контроле на ЭВМ // Информатика и образование. 2007. № 2. С. 7–9.
2. Недосекин, А. О. Нечеткий финансовый менеджмент. М. : Аудит и финансовый анализ, 2003.
3. Kazançoğlu, A. P. D. Y. A Fuzzy Logic-Based Quality Function Deployment For Selection Of E-Learning Provider / A. P. D. Y. Kazançoğlu, M. Aksoy // TOJET. 2011. Vol. 10 (4). P. 39–45.
4. Fedrizzi, Mario. A Multi-Expert Fuzzy TOPSIS-based Model for the Evaluation of e-Learning Paths / Mario Fedrizzi, Andrea Molinari // 8th Conference of the European Society for Fuzzy Logic and Technology (EUSFLAT 2013). 2013. P. 554–558.
5. Yager, R. On ordered weighted averaging aggregation operators in multi-criteria decision making // IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics. 1988. Vol. 18. P. 183–190.
6. Cook, W. A general framework for distance-based consensus in ordinal ranking models / W. Cook, M. Kress, L. Seiford // European J. of Operational Research. 1996. Vol. 96. P. 392–397.
7. Cook, W. Distance-based and ad hoc consensus models in ordinal preference ranking // European J. of Operations Research. 2006. Vol. 172. P. 369–385.
8. Contreras, I. Emphasizing the rank positions in a distance-based aggregation procedures // Decision Support Systems. 2011. № 51. P. 240–245.
9. Garcia-Lapresta, J. L. Measuring consensus in weak orders / J. L. Garcia-Lapresta, D. Perez-Roman // Consensual Processes, Studies in Fuzziness and Soft Computing. 2011. Vol. 267. P. 231–234.
10. Григорьев, Ю. В. Моделирование учебной деятельности группы студентов в условиях дистанционного обучения // Фундам. исслед. 2011. № 12. С. 474–479.
11. Карпенко, М. П. Организация самостоятельной познавательной деятельности студентов в условиях дистанционного обучения [Электронный ресурс]. URL: <http://viperson.ru/wind.php?ID=216090>.
12. Chang, Yi-Chun. A learning style classification mechanism for e-learning / Yi-Chun Chang, Wen-Yan Kao, Chih-Ping Chu et al. // Computers & Education. 2009. № 53. P. 273–285.
13. Esposito, F. Discovering Student Models in e-learning Systems / F. Esposito, O. Licchelli, G. Semeraro // J. of Universal Comp. Science. 2004. Vol. 10, № 1. P. 47–57.
14. Юсупова, Н. И. Классификация клиентов на основе нечеткой информации / Н. И. Юсупова, Ю. Ф. Ахметова, Д. Р. Богданова // Вестн. Уфим. гос. авиац. техн. ун-та. 2013. Т. 17, № 5 (58). С. 167–176.
15. Сметанина, О. Н. Вопросы управления образовательным маршрутом с использованием интеллектуальных технологий // Вестн. Уфим. гос. авиац. техн. ун-та. 2012. Т. 16, № 6 (51). С. 226–233.

ABSTRACTS

Секция 1. Математические модели и алгоритмы

К. В. Альтергот, Е. С. Исакова, А. Т. Латипова

МОДЕЛЬ ОЖИДАЕМОЙ ЗАРАБОТНОЙ ПЛАТЫ ТРУДОУСТРОЕННОГО СТУДЕНТА

We consider estimation of regression of expected salary for employed graduates using statistic data on graduates employment of South Ural State University for time period 2012–2013 and applying methods of panel data analysis.

В. Е. Гвоздев, М. А. Абдрафиков, К. Б. Ахуньянова

ОЦЕНИВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК НАДЕЖНОСТИ ПО КРИТЕРИЮ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ НА ОСНОВЕ FMEA МЕТОДОЛОГИИ

Considered the development of FMEA methodology in the cases when the of components elements reliability characteristics are represented by the interval estimates. The dependences of interval estimates change for different standard configurations of fault trees are obtained.

О. Н. Дементьев

УСТОЙЧИВОСТЬ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО СЛОЯ ЖИДКОСТИ С ТЯЖЕЛОЙ ПРИМЕСЬЮ

The problem of convective stability of a flat layer of a medium containing setting heavy solid particles are discussed. A study is made of the stability of a layer of a medium containing an additive which is heated from below. It is shown that the presence of setting solid particles has a significant stabilizing effect on convective stability.

А. А. Каширин, М. Ю. Талтыкина

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОЗАИЧНО-СКЕЛЕТОННОГО МЕТОДА ПРИ ЧИСЛЕННОМ РЕШЕНИИ ТРЕХМЕРНЫХ ЗАДАЧ ДИРИХЛЕ ДЛЯ УРАВНЕНИЯ ГЕЛЬМГОЛЬЦА

Describes the application of mosaic-skeleton method for solving Dirichlet problems for the Helmholtz equation. Initial problems leads to equivalent boundary integral equations. They are approximated by systems of linear algebraic equations, which are solved by an iterative method.

А. В. Панюков

ОПТИМАЛЬНОЕ РАЗМЕЩЕНИЕ ДЕРЕВА В КОНЕЧНОМ МНОЖЕСТВЕ И ПОЛИНОМИАЛЬНАЯ РАЗРЕШИМОСТЬ ЗАДАЧ КЛАССА NP

Two class location problems of tree onto finite set are distinguished: generalized Weber problem and quadratic assignment problem. Strong polynomial algorithm for Weber problem is known. Under study special quadratic assignment problem holds good strong sense NP-hard. For it solving pseudopolynomial algorithm using Weber problem algorithm is presented. It proves rencontre of classes NP and P. It is proved that computational complexity of problem «Hamilton chain» does not increase value $O(|V|6\log 2|V|)$.

Т. А. Панюкова

О ПОСТРОЕНИИ МАРШРУТА ДВИЖЕНИЯ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА ПРИ УСЛОВИИ ВЫРЕЗАНИЯ ТОЛЬКО СОСЕДНИХ ДЕТАЛЕЙ

Considers an algorithm for constructing an Eulerian trail for a plane Eulerian graph satisfying one global condition for the edges order. Such a graph and such a trail can be considered as a mathematical model for a cutting plan. The condition on edges order means that a part cut-off a sheet does not require additional cuttings and the cut path does not intersect any not-cut path.

Е. А. Савицкий

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АЛГОРИТМА ПОИСКА В ШИРИНУ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УРОВНЕЙ ВЛОЖЕННОСТИ РЕБЕР ПЛОСКОГО ГРАФА

Considers an algorithm for constructing an Eulerian trail for a plane Eulerian graph satisfying one global condition for the edges order. Such a graph and such a trail can be considered as a mathematical model for a cutting

plan. The condition on edges order means that a part cut-off a sheet does not require additional cuttings and the cut path does not intersect any not-cut path.

В. Н. Симонов, О. К. Красильникова, Д. А. Власов

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КОЛЕБАНИЙ УПРУГОЙ ПЛАСТИНЫ С ТОНКОЙ ВЯЗКО-УПРУГОЙ ПЛЕНКОЙ НА ПОВЕРХНОСТИ

By the methods of the classical theory of oscillations of viscoelastic media mathematical model was implemented, which sets out the analytical relations between the frequency acoustic losses in the oscillatory system «elastic plate — visco-elastic film» — on the one hand, and the complex modulus of elasticity and the size of the film — with another. The results of comparing the calculated values of the change in frequency and acoustic losses first and second harmonics of the changes found experimentally that show good agreement between theory and experiment.

И. М. Ячиков, И. В. Портнова

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ТЕПЛОМАССОПЕРЕНОСА В ВАННЕ ДУГОВОЙ ПЕЧИ ПОСТОЯННОГО ТОКА ПРИ ЭЛЕКТРОВИХРЕВОМ ПЕРЕМЕШИВАНИИ РАСПЛАВА

The mathematical model of non-stationary heat and mass transfer in the bath melt at DC arc furnace. Give an algorithm for determining the parameters of the mixing of the melt and estimating the minimum time needed for the refining process are metal. Software is created allowing identifying a non-stationary temperature and concentration fields in the tub arc furnace with regard to at the electrovortex currents. Software is created allowing identifying a non-stationary temperature and concentration fields in the tub arc furnace with regard to the electrovortex flow.

Секция 2. Искусственный интеллект и интеллектуальные системы

Н. А. Бленда

КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА СЕМАНТИЧЕСКОГО РАССТОЯНИЯ МЕЖДУ НАУЧНЫМИ ПУБЛИКАЦИЯМИ

Semantic representation of publications, analysis of semantic nets of text documents, notion and numeric measures of semantic distance of documents, difference between semantic distance of ontologies and semantic nets are considered in the article.

Н. М. Боргест

ВВЕДЕНИЕ В ОНТОЛОГИЮ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

The report discusses the theoretical basis of a new scientific field, achieving a synthesis of design practices in various domains based on ontologies.

A. Vokhmintsev, A. Melnikov

APPLICATION OF FACTUAL ANALYSIS OF FULL TEXT DOCUMENTS IN THE FIELD OF BUSINESS INTELLIGENCE

Present a method of extracting factual data (objects, their attributes and relationships) from natural language texts using ontological knowledge base model. Subject area is represented through ontological model extended by fuzzy links between objects. Using this ontology-based approach, we have created “Cyber-analytic”, information analysis system which is capable of extracting facts from natural-language texts in Russian and English, and representing them as object relationships (person, organization, action, attribute, etc.). We use i2 Analyst’s Notebook as a visualization tool.

Е. А. Горбатова, М. В. Зарецкий

ОНТОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД К РАЗРАБОТКЕ ГИБРИДНЫХ ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ В ГИДРОМЕТАЛЛУРГИИ

The ontology that allows to combine deterministic and fuzzy approaches to the development of decision support systems in hydrometallurgy has been proposed.

Г. Г. Куликов, В. В. Антонов, Д. В. Антонов

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ ИЗВЛЕЧЕНИЯ АНАЛИТИЧЕСКИХ ЗНАНИЙ ИЗ ФОРМАЛЬНОЙ МОДЕЛИ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ НЕЙРОСЕТЕВЫМИ МЕТОДАМИ

Considers the problem of extracting knowledge, based on construction of mathematical and information models of the subject area for the various aspects of taking into account the existing ambiguities of the description of object. It is shown that for the description of cybernetic the properties of the object it is expedient to use these methods.

А. Ю. Маковецкий, В. И. Кобер

ЧАСТОТНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДА ГРАДИЕНТНОГО СПУСКА В ЗАДАЧАХ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ И ЛИНЕЙНАЯ ВАРИАЦИЯ

In the work, the problem of restoration of signals blurred by a linear operator is considered. An image as a function of two variables can be well described with two variations. One of them is a metrical characteristic of continuously differentiable functions. Another one is called a linear variation. The linear variation is a topological characteristic of a function of two variables. We carry out a detailed analysis of the gradient descent method for signal restoration. Restoration errors of the method can be overcome by using linear variations. Computer simulation illustrates restoration results by the gradient descent method.

Ч. Т. Нгуен, С. Д. Двоенко

УСТРАНЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ОТ ДИКТОРА И ОТ ВЛИЯНИЯ ПОМЕХ ПРИ РАСПОЗНАВАНИИ РЕЧЕВЫХ КОМАНД

The problem of recognizing of a voice commands is discussed. To improve the quality of recognition the changing of amplitude spectra of signals of unfamiliar speakers to amplitude spectra of signals of familiar speaker is proposed. A heuristic technique is also proposed, which is to increase the sample values of the amplitude spectra of speech signals by a constant. The results of experiments are reported.

А. Р. Нургатин

ПОИСК УСТОЙЧИВЫХ ПРИЗНАКОВ ИЗОБРАЖЕНИЙ. АЛГОРИТМ SPEED UP ROBUST FEATURE

The author considers the problem of finding the features in the image, as well as methods for its solution, in algorithm SURF. Consideration of the problems encountered in descriptor image processing in general and the problems encountered in the selected algorithm. Consideration of the strengths of this algorithm and possible ways of its optimization. The algorithm is divided into semantic modules for further use in other works.

Д. А. Ризванов

УПРАВЛЕНИЕ РЕСУРСАМИ В СЛОЖНЫХ СИСТЕМАХ НА ОСНОВЕ МНОГОАГЕНТНОГО ПОДХОДА

The use of multi-agent and knowledge engineering technologies for resource management in complex systems are discussed in this paper. The prototypes of decision support system for the resource management for various practical problems are implemented. The use of multi-agent technology improves the adequacy and efficiency of resource management in complex systems.

О. В. Савченко, Д. В. Куреннов

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ РОБОТОМ: СИНТЕЗ ИНСТРУМЕНТОВ ПРОГРАММИРОВАНИЯ — КОНЕЧНЫХ АВТОМАТОВ И НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

This project's goal is the creation of intelligent system to control the robotic object, which combines both traditional and innovative programming methods.

The main software component of the system is a finite state machine. A neural network as one of the parts of the finite state machine is designed to detect various images and modelling the behavior of the robot depending on the type of the detected object. The system can be applied to the solution of tasks and in other technological areas.

С. В. Смирнов

МНОГОЗНАЧНАЯ И НЕЧЕТКАЯ ЛОГИКИ В ОНТОЛОГИЧЕСКОМ АНАЛИЗЕ ДАННЫХ

The thesis investigates the problem of the automatic creation of ontological specifications for conceptually structuring domains of interest on the basis of Ontological Data Analysis. In particular, sources, description and processing of nonstrict formal contexts in the construction of ontologies by the Formal Concept Analysis are being analyzed. For work with the uncertain and inconsistent data multiple-valued logic VTF and fuzzy logic is used.

Ш. Д. Сулейманов, О. А. Невзорова, М. М. Аюпов

МОДЕЛЬ ГЕНЕРАЦИИ УЧЕБНЫХ ВОПРОСОВ НА ОСНОВЕ ОНТОЛОГИЧЕСКОГО ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ

Describes the model of automatic question generation which is based on all kinds of forms of database queries. The applied «Informatics» ontology is presented in the tables of the relational database. Every test question is described on three levels (ontological level, lexical level and implementing level).

Л. Р. Черняховская, Н. И. Федорова, И. П. Владимирова

УПРАВЛЕНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВУЮЩИМИ ПРОЦЕССАМИ НА ОСНОВЕ ИНТЕГРИРОВАННОЙ МОДЕЛИ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ЗНАНИЙ

The process of integrated presentation model making and knowledge processing in interactive processes with the purpose of simple concept comprehension provision used in the interactive business process management is considered.

**Секция 3. Системы поддержки принятия решений,
интеллектуальные системы и распределенные вычисления**

Д. В. Вербов

УПРАВЛЕНИЕ МНОЖЕСТВЕННЫМИ БАЗАМИ ДАННЫМИ ЕДИНЫМИ СРЕДСТВАМИ

Describes methods of monitoring and managing information systems in condition of transformation and integration. Introduced metrics and approaches to monitoring information systems extending functions of system Oracle Enterprise Manager.

В. Е. Гвоздев, О. Я. Бежаева

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТРЕБОВАНИЙ К ПРОГРАММНЫМ СИСТЕМАМ

Proposes the requirements formation methodology for software systems and projects on the basis of different approaches. The structure of requirements formation methodology is considered.

Д. Б. Козырев, Е. М. Абакумов

ВОПРОСЫ СОЗДАНИЯ ЭЛЕКТРОННОЙ КОНСТРУКТОРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ ПРИ КОМПЛЕКСНОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ CREO PARAMETRIC И PDM-СИСТЕМЫ WINDCHILL

Presents the main advantages of using and questions of creation electronic design documentation in CAD Creo Parametric and PDM-system Windchill in the conditions of FSUE “VNIIA”, which is the developer and manufacturer of production.

В. Ю. Мельцов, Г. А. Чистяков

ФОРМАЛЬНАЯ ВЕРИФИКАЦИЯ АЛГОРИТМОВ С ПОМОЩЬЮ ТЕХНИКИ ПРОВЕРКИ МОДЕЛЕЙ И МАТЕМАТИЧЕСКОГО АППАРАТА ЛОГИЧЕСКОГО ВЫВОДА

Proposes a method of formal verification of parallel algorithms based on model checking techniques and the inference theory. The method reduces the overall verification time due to the high degree of parallelism of the apparatus in use.

Н. С. Мясников

ОБЗОР ТЕХНОЛОГИИ BIG DATA

Presents the concept of Big data. Describes the characteristics of Big data, and also reviews the main approaches, technologies and methods that allow Big data process.

С. А. Петунин

ИСТОРИЯ И ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ СУПЕРКОМПЬЮТЕРНОГО СИСТЕМНОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Supercomputer software design trends are presented in this article.

Г. Р. Шахмаметова

ПРИНЦИПЫ ИНТЕГРАЦИИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ УПРАВЛЕНИИ СЛОЖНЫМИ ОБЪЕКТАМИ НА ОСНОВЕ АНТИКРИЗИСНОГО ПОДХОДА

The basic principles of intelligent technologies integration for the solution of problems of decision-making support for control on the basis of crisis approach by complex objects, which are organizational-technical systems, economic objects and complex technical objects, are considered in the article.

Н. И. Юсупова, К. Р. Еникеева

КОНЦЕПЦИЯ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ СТРАТЕГИЧЕСКОМ ПЛАНИРОВАНИИ И УПРАВЛЕНИИ СИЛАМИ И СРЕДСТВАМИ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫМ СИТУАЦИЯМ

Considers the problem of strategic management of forces and resources for emergency situations counteraction. Presented the concept of intellectual information decision support system based on the system approach and integration of modern information technologies.

Секция 4. Информационные технологии в экономике, промышленности и образовании

Т. И. Батталов, А. Р. Насибуллин

СИСТЕМЫ ОЦЕНИВАНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ОБРАЗОВАНИИ И ЭКОНОМИКЕ

Discusses the software implementation of the staff evaluation by technology «360 degrees» to assess the teachers' activity in educational institutions by students. The information model and the information system are described.

Н. М. Боргест, М. Д. Коровин, Ф. Ю. Кукуев

ИНТЕРАКТИВНЫЙ МОНИТОР РОБОТА-ПРОЕКТАНТА

Describes the concept of an interactive monitor for the intellectual designer's assistant — a decision support system in the domain of the preliminary aircraft design. A new approach to the user-CAD interaction based on the natural language implementation is proposed and described on the example on the intellectual designer's assistant. The concept of an interaction schema between the design methods, CAD metamodels and the interactive monitor of the intellectual designer's assistant is given.

М. Б. Гузаиров, А. И. Агадуллина

ИНФОРМАЦИОННОЕ И МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ УПРАВЛЕНИИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Describes the information and methodological foundation of decision making support system in environmental safety management for industrial enterprise. The environmental risk-based audit is considered as a tool to assess the environmental safety level of enterprise. The functional model and information model of the environmental audit process are developed.

И. В. Захарова, Е. А. Жиделева

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ СОСТАВЛЕНИЕ РАСПИСАНИЯ В ВУЗЕ

Deals with the mathematical model of the task scheduling, formalizing the initial data and boundary conditions.

И. А. Лакман, З. В. Максименко

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МИГРАЦИИ НА СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКУЮ СИТУАЦИЮ В РЕГИОНАХ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Migration and its influence on the socio-economic situation in Russia is one of the most important problems that concerns our society in the recent years. In this paper, the interrelation of some socio-economic indicators with migration level in Russian regions with the use of econometric analysis of panel data, is analyzed.

А. Т. Латипова, Н. А. Краснова, В. А. Пешкова

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ МАКРОЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

There were introduced several approaches of modeling of basic macroeconomic indicators using econometric methods. Initial data for 2009–2013 time period were taken from Russian Ministry of Finance official site.

А. Т. Латипова, Д. А. Пирогов

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЧИСЛА АБИТУРИЕНТОВ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ ПОРТАЛА WWW.ABIT.SUSU.AC.RU

The article concerns actual problem of forecasting of number of high school applicants. Information from SUSU admission committee official site from 2009 to 2013 year was used as initial data. There were described several methods of forecasting along with their advantages and disadvantages.

Л. В. Массель

МЕТОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ЭНЕРГЕТИКЕ

The author proposes to use for intelligent decision support in the energy sector concept of contingency management. It's proposed for its implementation to apply semantic modeling technologies developed under the guidance of the author, primarily cognitive and event simulation. It's considered modern interpretation of contingency management and supplementing its concept of situational awareness. The problem of the development of intelligent systems of contingency management is raised. Its creating is especially actual in connection with distribution in the Russian concept of Smart Grid.

В. А. Мельников, Д. В. Курамшин

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ АУКЦИОНОВ В РАЗРАБОТКЕ АЛГОРИТМОВ ТОРГОВЫХ РОБОТОВ

Describes possibilities of applying auction theory to financial markets and building on this theory trading algorithms. Also offered variant of trading algorithm based on auction theory.

И. А. Нагимова, А. Р. Нагимов

ПРОБЛЕМЫ ПРОЦЕССА АВТОМАТИЗАЦИИ БЮДЖЕТНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ МАЛОГО И СРЕДНЕГО БИЗНЕСА

Shows the positive aspects of the introduction of an automated budgeting system for small and medium businesses, and factors that contribute to the effectiveness of their implementation. The major problems in the automation system of budgeting are considered. The recommendations to solve the problems are given.

И. Л. Надточий

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ИНСТРУМЕНТАЛЬНАЯ СРЕДА ДИСЦИПЛИНЫ ИЛИ КУРСА ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ

Considers the approach to the organization of methodical sky mate-rial discipline from a position of intellec-

tual instrumental environment in which they work, so advantages of web-technologies and intellectual technologies. Such an environment can be used for distance education.

А. Г. Никитина, Р. З. Шангареев

ОЦЕНКА РАЗВИТИЯ СЕКТОРА ИНФОРМАЦИОННЫХ И КОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В РОССИИ

One of the main directions of national development is to develop high-tech industries and high technology, which are closely associated with economics and economic growth. In particular, this applies to the sector of information and communication technologies which main part is the software development. Thus, in this paper the basic trends of this industry development and the demand for specialists in the field of software development are analyzed.

А. А. Паниюкова, Т. А. Паниюкова, В. И. Дударева

ИНФОРМАТИКА НА КАНИКУЛАХ: ТЕХНИЧЕСКОЕ, ПРОГРАММНОЕ И МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЗАНЯТИЙ ПО КОМПЬЮТЕРНОЙ ГРАФИКЕ В ЛЕТНЕЙ ШКОЛЕ

To organize the studying of computer graphics (pictures and photo editing, animation, video editing) on the base of Linux operation system we created an installer, run-CD (so called Live-CD) and the installer for a system with all needed software, tutorials and the course studying plan.

Е. Ю. Рассадникова

О ПЛАНИРОВАНИИ И УПРАВЛЕНИИ ТРАНСПОРТНЫМ ПРОЦЕССОМ ПРИ ПЕРЕВОЗКЕ ГОТОВОЙ ПРОДУКЦИИ НЕФТЕХИМИЧЕСКОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

The problem of planning of transport process for transportation of finished products, produced by petrochemical company is considered. Decision support is based on optimization methods, decision making theory, discrete mathematics and modern information technologies.

Л. Ф. Розанова, З. В. Максименко, К. Б. Чендулаева

МЕХАНИЗМ УЧЕТА СЛУЧАЙНЫХ ФАКТОРОВ ПРИ ОБЪЕМНОМ ПЛАНИРОВАНИИ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМАХ

Production program planning consists of definition of the enterprise future condition which is characterized by uncertainty due to the probabilistic nature of modern economic conditions. Therefore, in this paper the model of the production plan optimization with regard of random changes of the production environment and the results of the developed model approbation are considered.

М. С. Фокина

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ НА ПРИМЕРЕ ОАО «УГОК»

In this article, based on an econometric analysis of the organization production, we made justification for making optimal management decisions in the mining activities on the example of “Uchalinsky mining enterprise”.

The result of research is identifying the optimal production plan of the enterprise. Based on it we offer further development strategies of the enterprise and thus will maintain the mineral — raw complex of the region.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Абакумов Евгений Михайлович — кандидат технических наук, начальник отделения ИТ Всероссийского научно-исследовательского института автоматизации им. Н. Л. Духова

E-mail: abakumov@vniia.ru

Абрафиков Михаил Асхатович — кандидат технических наук, ассистент кафедры автоматизации проектирования информационных систем Уфимского государственного авиационного технического университета

E-mail: keramzitufa@yandex.ru

Агадуллина Айгуль Ильдаровна — ассистент кафедры вычислительной математики и кибернетики Уфимского государственного авиационного технического университета

E-mail: aygul.agadullina@gmail.com

Альтергот Ксения Владимировна — студент Южно-Уральского государственного университета (национального исследовательского университета)

E-mail: ksenya174@mail.ru

Антонов Вячеслав Викторович — кандидат технических наук, доцент кафедры автоматизированных систем управления Уфимского государственного авиационного технического университета

E-mail: antono_vv@gmail.com

Антонов Дмитрий Вячеславович — кандидат технических наук, преподаватель кафедры автоматизированных систем управления Уфимского государственного авиационного технического университета

E-mail: antonov.d88@gmail.com

Ахметова Юлия Флюоровна — преподаватель кафедры автоматизированных систем управления Уфимского государственного авиационного технического университета

E-mail: yulka2005@mail.com

Ахуньянова Ксения Борисовна — аспирант кафедры автоматизации проектирования информационных систем Уфимского государственного авиационного технического университета

E-mail: akhunyanova.k@gmail.com

Аюпов Мадехур Масхатович — научный сотрудник НИИ «Прикладная семиотика» Академии наук Республики Татарстан

E-mail: madehur@mail.ru

Батгалов Тимур Ильнурович — магистрант I курса Уфимского государственного авиационного технического университета

E-mail: timurb90@gmail.com

Бежаева Оксана Яковлевна — кандидат технических наук, доцент Уфимского государственного авиационного технического университета

E-mail: obezhaeva@gmail.com

Бленда Николай Андреевич — преподаватель кафедры информационных технологий Институт информационных технологий Челябинского государственного университета

E-mail: bna@csu.ru

- Богданова Диана Радиковна** — кандидат технических наук, доцент кафедры вычислительной математики и кибернетики Уфимского государственного авиационного технического университета
E-mail: dianochka7bog@mail.ru
- Blessing Bernhard** — профессор Университета прикладных наук, Австрия
E-mail: bernhard.blessing@fhv.at
- Боргест Николай Михайлович** — кандидат технических наук, профессор Самарского государственного аэрокосмического университета им. акад. С. П. Королева
E-mail: borgest@yandex.ru
- Вербов Денис Валерьевич** — начальник отдела ИТ Всероссийского научно-исследовательского института автоматики им. Н. Л. Духова
E-mail: verbov@vniia.ru
- Владимирова Ирина Павловна** — аспирант кафедры технической кибернетики Уфимского государственного авиационного технического университета
E-mail: ooo-flaming@mail.ru
- Власов Дмитрий Александрович** — старший лаборант Института физической химии и электрохимии им. А. Н. Фрумкина РАН
E-mail: russia-2005@mail.ru
- Вохминцев Александр Владиславович** — кандидат технических наук, заведующий научно-исследовательской лабораторией Челябинского государственного университета
E-mail: vav@csu.ru
- Гаянова Майя Марсовна** — кандидат технических наук, доцент кафедры вычислительной математики и кибернетики Уфимского государственного авиационного технического университета
E-mail: maya.gayanova@gmail.com
- Гвоздев Владимир Ефимович** — доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой автоматизации проектирования информационных систем Уфимского государственного авиационного технического университета
E-mail: wega55@mail.ru
- Горбатова Елена Александровна** — кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой геологии и маркшейдерского дела Магнитогорского государственного технического университета им. Г. И. Носова»
E-mail: mark10000110@gmail.com
- Гузайров Мурат Бакеевич** — доктор технических наук, профессор кафедры вычислительной техники и защиты информации, ректор Уфимского государственного авиационного технического университета
E-mail: guzairov@rb.ru
- Двоенко Сергей Данилович** — доктор физико-математических наук, профессор Тульского государственного университета
E-mail: dsd@tsu.tula.ru
- Дементьев Олег Николаевич** — доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой вычислительной механики и информационных технологий Челябинского государственного университета
E-mail: dement@csu.ru

Дударева Валентина Ивановна — кандидат технических наук, доцент кафедры экономико-математических методов и статистики Южно-Уральского государственного университета (национального исследовательского университета)

E-mail: vdvd12@mail.ru

Еникеева Карина Рафаэлевна — кандидат технических наук, доцент кафедры вычислительной математики и кибернетики Уфимского государственного авиационного технического университета

E-mail: enikeevka@rambler.ru

Жиделева Елена Александровна — программист управления информатизации образования Челябинского государственного университета

E-mail: helen@csu.ru

Зарецкий Марк Валентинович — доцент кафедры вычислительной техники и программирования Магнитогорского государственного технического университета им. Г. И. Носова

E-mail: mark10000110@gmail.com

Захарова Ирина Викторовна — кандидат физико-математических наук, доцент кафедры информационных технологий Челябинского государственного университета

E-mail: iren@csu.ru

Исакова Елена Сергеевна — аспирант кафедры экономико-математических методов и статистики Южно-Уральского государственного университета (национального исследовательского университета)

E-mail: lena-is88@mail.ru

Каширин Алексей Алексеевич — доцент, старший научный сотрудник Вычислительного центра ДВО РАН

E-mail: elomer@mail.ru

Кобер Виталий Иванович — профессор Национального университета Мексики

E-mail: vkober@cicese.mx

Козырев Денис Борисович — начальник лаборатории Всероссийского научно-исследовательского института автоматики им. Н. Л. Духова

E-mail: kozirev@vniia.ru

Коровин Максим Дмитриевич — аспирант Самарского государственного аэрокосмического университета им. акад. С. П. Королева

E-mail: maks.korovin@gmail.com

Костылева Елизавета Марковна — инженер-программист управления информационных технологий и АСУ Магнитогорского государственного технического университета им. Г. И. Носова

E-mail: ezaretskaya@yandex.ru

Красильникова Ольга Константиновна — кандидат химических наук, ведущий научный сотрудник Института физической химии и электрохимии им. А. Н. Фрумкина РАН

E-mail: krasilnikovaok@inbox.ru

Краснова Наталья Александровна — студент кафедры экономико-математических методов и статистики Южно-Уральского государственного университета (национального исследовательского университета)

E-mail: kras_nata_1990@mail.ru

Кукуев Федор Юрьевич — студент, Самарского государственного аэрокосмического университета им. акад. С. П. Королева

E-mail: fedor_kukuev@mail.ru

Куликов Геннадий Григорьевич — доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой автоматизированных систем управления Уфимского государственного авиационного технического университета

E-mail: kulikov@asu.ugatu.ac.ru

Курамшин Джавит Валерьевич — кандидат технических наук, доцент кафедры вычислительной математики и кибернетики Уфимского государственного авиационного технического университета

E-mail: autorbdja@mail.ru

Куреннов Дмитрий Валерьевич — доцент, заведующий кафедрой информационных технологий и автоматизации проектирования Механико-машиностроительный института Уральского федерального университета

E-mail: dmitriy-v-k@yandex.ru

Лакман Ирина Александровна — кандидат технических наук, доцент кафедры вычислительной математики и кибернетики Уфимского государственного авиационного технического университета

E-mail: lackmania@mail.ru

Латипова Алина Таиховна — кандидат физико-математических наук, доцент Южно-Уральского государственного университета (национального исследовательского университета)

E-mail: latipova.alina@gmail.com

Маковецкий Артем Юрьевич — кандидат физико-математических наук, доцент кафедры вычислительной механики и информационных технологий Челябинского государственного университета

E-mail: artemmac@csu.ru

Максименко Зоя Викторовна — кандидат технических наук, доцент кафедры вычислительной математики и кибернетики Уфимского государственного авиационного технического университета

E-mail: zubazzz@mail.ru

Массель Людмила Васильевна — доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник, заведующая лабораторией информационных технологий в энергетике Института систем энергетики им. Л. А. Мелентьева СО РАН

E-mail: massel@isem.sei.irk.ru

Матвеев Сергей Владимирович — доктор физико-математических наук, член-корреспондент РАН, профессор, заведующий кафедрой компьютерной топологии и алгебры Челябинского государственного университета

E-mail: matveev@csu.ru

Мельников Андрей Витальевич — доктор технических наук, проректор по научной работе Челябинского государственного университета

E-mail: mav@csu.ru

Мельников Виталий Андреевич — кандидат экономических наук, заместитель директора по общим вопросам Института информационных технологий Челябинского государственного университета

E-mail: protei300@gmail.com

Мельцов Василий Юрьевич — кандидат технических наук, доцент кафедры ЭВМ Вятского государственного университета

E-mail: meltsov69@mail.ru

Мясников Николай Сергеевич — аспирант Снежинского физико-технического института Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»,

E-mail: myasnikovnikolay@gmail.com.

Нагимова Ирина Альбертовна — кандидат экономических наук, ассистент кафедры финансов, денежного обращения и экономической безопасности Уфимского государственного авиационного технического университета

E-mail: inagimova37@gmail.com

Надточий Ирина Львовна — кандидат технических наук, доцент кафедры ЭВМ Южно-Уральского государственного университета (национального исследовательского университета)

E-mail: il-n@yandex.ru

Насибуллин Айдар Рашитович — магистрант I курса Уфимского государственного авиационного технического университета

E-mail: Aidar8907@yandex.ru

Нгуен Чи Тхиен — аспирант Тульского государственного университета

E-mail: chithien55@tsu.tula.ru

Невзорова Ольга Авенировна — кандидат технических наук, заместитель директора по научной работе НИИ «Прикладная семиотика» Академии наук Республики Татарстан

E-mail: onevzoro@gmail.com

Никитина Анна Григорьевна — магистрант I курса Уфимского государственного авиационного технического университета

E-mail: nikitina.ag91@yandex.ru

Нургатин Антон Ренатович — аспирант Института информационных технологий Челябинского государственного университета

E-mail: nurgatin@csu.ru

Нурмухаметов Илья Анатольевич — преподаватель Челябинского государственного университета

E-mail: 89058323808@mail.ru

Осипов Геннадий Семенович — доктор физико-математических наук, профессор, заместитель директора по научной работе Института системного анализа РАН

E-mail: gos@isa.ru

Панюков Анатолий Васильевич — доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой экономико-математических методов и статистики Южно-Уральского государственного университета (национального исследовательского университета)

E-mail: anatoly.panyukov@gmail.com

Панюкова Александра Александровна — младший научный сотрудник Южно-Уральского государственного университета (национального исследовательского университета)

E-mail: 3meandme@gmail.com

Панюкова Татьяна Анатольевна — кандидат физико-математических наук, доцент кафедры экономико-математических методов и статистики Южно-Уральского государственного университета (национального исследовательского университета)

E-mail: kwark@mail.ru

- Петунин Александр Александрович** — доктор технических наук, заместитель директора механико-машиностроительного института по науке и инновациям Уральского федерального университета
E-mail: aapetunin@gmail.ru
- Петунин Сергей Александрович** — кандидат физико-математических наук, главный специалист Всероссийского научно-исследовательского института автоматизации им. Н. Л. Духова
E-mail: s.a.petunin@gmail.com
- Пешкова Виктория Андреевна** — студент кафедры экономико-математических методов и статистики Южно-Уральского государственного университета (национального исследовательского университета)
E-mail: peshvik@gmail.com
- Пирогов Данил Андреевич** — студент кафедры экономико-математических методов и статистики Южно-Уральского государственного университета (национального исследовательского университета)
E-mail: pirogov.danil@gmail.com
- Попков Юрий Соломонович** — доктор технических наук, профессор, член-корреспондент РАН, директор Института системного анализа
E-mail: popkov@isa.ru
- Портнова Ирина Васильевна** — инженер Магнитогорского государственного технического университета им. Г. И. Носова
E-mail: e-mail: iragzt@mail.ru
- Рассадникова Екатерина Юрьевна** — аспирант, ассистент кафедры вычислительной математики и кибернетики Уфимского государственного авиационного технического университета
E-mail: rassadnikova_ekaterina@mail.ru
- Ризванов Дмитрий Анварович** — кандидат экономических наук, доцент Уфимского государственного авиационного технического университета
E-mail: ridmi@mail.ru
- Розанова Лариса Федоровна** — кандидат технических наук, доцент кафедры вычислительной математики и кибернетики Уфимского государственного авиационного технического университета
E-mail: rozanova_lara@mail.ru
- Савицкий Егор Александрович** — аспирант Южно-Уральского государственного университета (национального исследовательского университета)
E-mail: egor88@inbox.ru
- Савченко Ольга Владимировна** — аспирант Уральского федерального университета им. первого Президента России Б. Н. Ельцина
E-mail: sawchenko.im@yandex.ru
- Симонов Валерий Николаевич** — кандидат технических наук, доцент Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ»
E-mail: simonov.valer@yandex.ru
- Склярова Наталья Сергеевна** — ассистент Механико-машиностроительного института Уральского федерального университета
E-mail: nack@yandex.ru

- Сметанина Ольга Николаевна** — доктор технических наук, профессор кафедры вычислительной математики и кибернетики Уфимского государственного авиационного технического университета
E-mail: smoljushka@mail.ru
- Смирнов Сергей Викторович** — доктор технических наук, директор Института проблем управления сложными системами РАН
E-mail: smirnov@iccs.ru
- Сулейманов Джавдет Шевкетович** — доктор технических наук, профессор, директор НИИ «Прикладная семиотика» Академии наук Республики Татарстан, профессор кафедры теоретической кибернетики Казанского (Приволжского) федерального университета
E-mail: dvdt.slt@gmail.com
- Таваева Анастасия Фидагилевна** — аспирант Уральского федерального университета
E-mail: tavaeva_a_f@bk.ru
- Талтыкина Мария Юрьевна** — стажер-исследователь Вычислительного центра ДВО РАН
E-mail: taltykina@yandex.ru
- Федорова Наталья Ивановна** — кандидат технических наук, доцент кафедры автоматизации проектирования информационных систем Уфимского государственного авиационного технического университета
E-mail: nf_2002@mail.ru
- Фокина Мария Сергеевна** — преподаватель кафедры экономико-математических методов и статистики Южно-Уральского государственного университета (национального исследовательского университета)
E-mail: f.mariya.s1988@gmail.com
- Чендулаева Ксения Борисовна** — магистрант I курса Уфимского государственного авиационного технического университета
E-mail: chendulaeva@mail.ru
- Черняховская Лилия Рашитовна** — доктор технических наук, профессор кафедры технической кибернетики Уфимского государственного авиационного технического университета
E-mail: lrchern@yandex.ru
- Чистяков Геннадий Андреевич** — аспирант кафедры ЭВМ Вятского государственного университета
E-mail: gennadiychistyakov@gmail.com
- Шангареев Рамзил Зифелович** — старший преподаватель кафедры вычислительной техники и защиты информации Уфимского государственного авиационного технического университета
E-mail: rmsrb@mail.ru
- Шахмаматова Гюзель Радиковна** — кандидат технических наук, доцент кафедры вычислительной математики и кибернетики Уфимского государственного авиационного технического университета
E-mail: shakhgouzel@mail.ru
- Юсупова Нафиса Исламовна** — доктор технических наук, профессор, декан факультета информатики и робототехники Уфимского государственного авиационного технического университета
E-mail: yussupova@ugatu.ac.ru
- Ячиков Игорь Михайлович** — доктор технических наук, профессор кафедры вычислительной техники и программирования Магнитогорского государственного технического университета им. Г. И. Носова
E-mail: jachikov@mail.ru

Научное электронное издание

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И СИСТЕМЫ

Труды Третьей международной научной конференции

Банное, Россия, 26 февраля — 2 марта 2014 года

Верстка *А. И. Мезяев*

Подготовка электронного издания *А. И. Мезяев*

Подписано к использованию 24.02.14.

Уч.-изд. л. 21,7. Заказ 10

ФГБОУ ВПО «Челябинский государственный университет»
454001 Челябинск, ул. Братьев Кашириных, 129

Издательство Челябинского государственного университета
454021 Челябинск, ул. Молодогвардейцев, 57б