

Министерство образования и науки РФ
Администрация Смоленской области
Смоленский государственный университет

Системы компьютерной математики и их приложения

*Материалы XI международной научной
конференции, посвященной 70-летию профессора
В.П. Дьяконова*

Выпуск 11

Смоленск
Издательство СмолГУ
2010

УДК 621.396.218
ББК 32.97
С 409

*Печатается по решению
редакционно-издательского
совета СмолГУ*

Редакционная коллегия: *К.М. Расулов*, д-р физ.-мат. наук, проф. (ответственный редактор); *Р.Е. Кристалинский*, канд. физ.-мат. наук, доц. (заместитель ответственного редактора); *С.Н. Андреев*, д-р филол. наук, проф.; *В.П. Дьяконов*, д-р техн. наук, проф.; *В.И. Мунерман*, канд. техн. наук, доц.; *Г.Е. Сенькина*, д-р пед. наук, проф.; *Н.М. Тимофеева*, канд. пед. наук, доц.; *Я.А. Васильев*, аспирант кафедры математического анализа.

Системы компьютерной математики и их приложения:
С 409 материалы XI международной научной конференции, посвященной 70-летию профессора В.П. Дьяконова. – Смоленск: Изд-во СмолГУ, 2010. – Вып. 11. – 342 с.
ISBN 978-5-88018-445-3, *продолжающееся издание*

В сборнике публикуются тексты научных докладов и сообщений, представленных на XI Международной научной конференции «Системы компьютерной математики и их приложения», проходившей 17-19 мая 2010 года в г. Смоленске на базе физико-математического факультета Смоленского государственного университета. В работе конференции приняли участие научные работники и преподаватели вузов ряда стран СНГ и Прибалтики.

В материалах сборника рассматриваются вопросы применения систем компьютерной математики и их приложений в различных областях науки и техники, в математическом, техническом и гуманитарном образовании.

Сборник рекомендуется научным работникам, преподавателям вузов, аспирантам и студентам старших курсов университетов.

УДК 621.396.218
ББК 32.97

ISBN 978-5-88018-445-3,
продолжающееся издание

© Авторы, 2010
© Издательство СмолГУ, 2010

К 70-летию профессора В.П. Дьяконова



7 февраля 2010 года исполнилось 70 лет крупному ученому, заслуженному работнику высшей школы Российской Федерации, доктору технических наук, профессору Владимиру Павловичу Дьяконову.

В 1980 году он первым в Смоленской области стал доктором технических наук. Под его руководством были организованы кафедры в Смоленском филиале МЭИ и в Смоленском государственном университете, создан Смоленский областной центр новых информационных технологий в образовании. Владимир Павлович – автор более 600 научных трудов, в том числе 61 изобретения, и более 110 книг. Большая часть его книг издана в крупных столичных издательствах. Научные работы профессора В.П. Дьяконова широко известны в России и за рубежом. Круг его интересов и сфер их приложения очень широк: это высокоскоростная электроника и микроэлектроника, транзисторная техника, компьютерная математика, цифровая обработка сигналов и изображений и современная радиоизмерительная техника. Профессор В.П. Дьяконов и его научная школа в Смоленске внесли существенный вклад в науку и образование.

От всей души желаем нашему юбиляру дальнейших творческих успехов в научной и педагогической деятельности.

*Оргкомитет XI Международной
научной конференции
«Системы компьютерной математики и их приложения»*

СЕКЦИЯ 1

Системы компьютерной математики

ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛИ ГРАВИМАГНИТНЫХ УДАРНЫХ ВОЛН В НЕОДНОРОДНОЙ ПЛАЗМЕ В ПАКЕТЕ MATHEMATICA

А.А. АГАФОНОВ

Татарский государственный гуманитарно-педагогический университет
e-mail: a.a.agathonov@gmail.com

Гравимагнитными ударными волнами (ГМВ) был назван класс точных решений самосогласованной системы уравнений гидродинамики и уравнений Максвелла на фоне плоской гравитационной волны [1, 2]. Эти решения содержат физическую сингулярность на некоторой волновой поверхности, на которой инвариантные физические характеристики плазмы сингулярны. Для устранения сингулярности было построено модельное уравнение энергобаланса, учитывающее процесс трансформации энергии плоской гравитационной волны в электромагнитную энергию плазмы [2]:

$$\Delta'^2 + \xi^2 \Upsilon^2 (\Delta^{-p} - 1) = \Upsilon^2 g^2(x), \quad (1)$$

где $\Delta(x)$ – управляющая функция, ξ^2 и Υ – первый и второй параметры ГМВ, $g(x)$ – нормированная амплитуда падающей гравитационной волны, $p \in [4, 8]$ – параметр анизотропии плазмы.

Уравнение (1) является существенно нелинейным и с трудом поддается исследованию. Поскольку не удалось найти точное решение уравнения энергобаланса, возникла необходимость его численного исследования.

Данная работа посвящена выяснению влияния модели неоднородной магнитоактивной плазмы на параметры ГМВ. Построена программная процедура численного решения уравнения энергобаланса на основе неявного метода Адамса второго порядка в пакете Mathematica. Созданная процедура позволила провести численное исследование решений (1) в зависимости от параметров модели неоднородной плазмы и построить более полную математическую модель отклика магнитоактивной плазмы на гравитационную волну.

Рассчитаны физические характеристики гравимагнитной ударной волны для неоднородной магнитоактивной плазмы, полная наблюдаемая интенсивность магнитотормозного излучения и его спектральное распределение. Была найдена зависимость коэффициента усиления полной

интенсивности магнитотормозного излучения плазмы от параметров модели неоднородной плазмы. Также была построена численная модель возбуждения ГМВ затухающей гравитационной волной в неоднородной плазме.

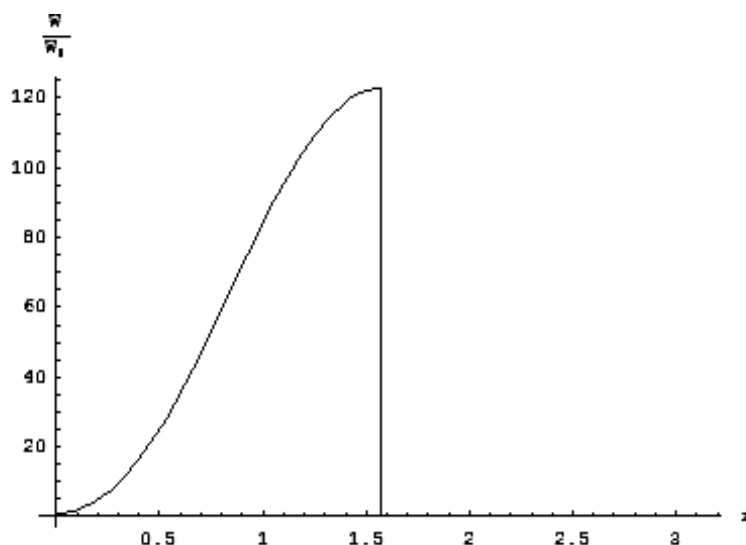


Рис. 1. Полная наблюдаемая интенсивность магнитотормозного излучения для модели неоднородной плазмы с параметрами: H_0/r – магнитное поле, n_0/r^2 – плотность числа частиц плазмы, β_0/r – амплитуда гравитационной волны.

Литература

1. Ignat'ev Yu.G. Gravitation & Cosmology. 1995. Vol. 1, №4. P. 287.
2. Ignat'ev Yu.G. Gravitation & Cosmology. 1996. Vol. 2, №4. P. 213.

СИСТЕМА АНАЛИТИЧЕСКОГО ТЕСТИРОВАНИЯ В ФОРМЕ МАПЛЕТОВ

Г.Р. АДИАТУЛЛИНА

Татарский государственный гуманитарно-педагогический университет
420021, г. Казань, ул. Татарстан, д. 2, тел. 200-09-06
e-mail: gulshaton@mail.ru

В работе [1] была предложена аналитическая система тестирования, основанная на возможности СКМ сравнивать математические выражения и выяснять их эквивалентность путем вычисления их разности. Для реализации идеи аналитического тестирования предлагается использование пакета Maplets СКМ Maple. Ранее в работе [2] была описана система аналитического тестирования, включающая несколько специализированных библиотек. В данной статье эта идея обобщена с учетом возможностей маплетов (рис.1).

Библиотека PartResearch содержит процедуры, каждая из которых является одним шагом в решении задачи изучаемой темы.

[ExtremeCoorX, QuantExtreme, ExtremeCoorY, ExtremeCoorXY, QuantMin, QuantMax, CoorMin, CoorMax, SegmentMin, SegmentMax, CoorPosInflectX, QuantPosInflect, CoorPosInflectY, CoorPosInflectXY, QuantInflect, CoorInflect, ConcavInterval, MonotonyInterval, SignConstInterval, CrossOX, EvenOddFunc, TopY, BottomY, TopX, BottomX, DrawMax, DrawMin, DrawInflect, DrawAsymptote, Graph, Complete-Research]

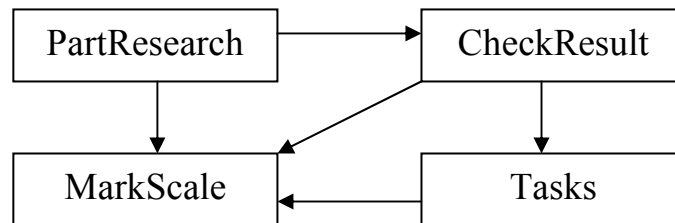


Рис.1 Схема взаимосвязей пользовательских библиотек

Библиотека CheckResult содержит процедуры, позволяющие проверить решение, полученное студентом.

[CheckQuantExtreme, CheckQuantMax, CheckQuantMin, CheckQuantInflect, CheckCoorMax1, CheckCoorMax, CheckCoorMin, CheckCoorInflect]

Библиотека Tasks содержит индивидуальные задания студентов по вариантам: [T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8, T9, T10].

Библиотека MarkScale содержит процедуры, позволяющие определить вес задачи, а также задать систему оценивания.

Маплет играет роль связующего звена между библиотеками и пользователями (преподавателями, студентами). Главное окно маплета позволяет осуществить переход к получению готовых решений, проверке решений студентов, получению заданий. Перемещение в следующее окно происходит по нажатию соответствующей кнопки в главном окне (рис. 2).

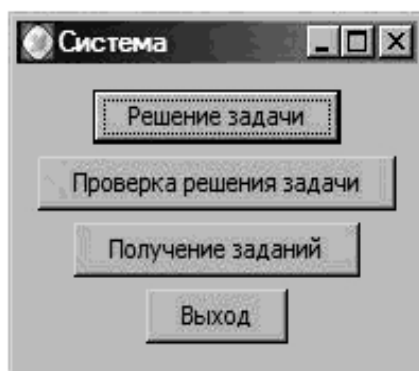


Рис. 2. Главное окно системы

В окне получения готовых решений представлены на выбор шаги исследования функции. Таким образом, можно найти только ту информацию, которая необходима на данный момент, например, координаты точек максимума. Переход к нужному элементу задачи происходит при нажатии соответствующей кнопки.

```

> maplet:=Maplet('onstartup'=Action['A1'](RunWindow('Win1')),
Window['Win1']("Система",
[Button("Решение задачи", 'onclick'=Action(RunWindow('WR'))),
Button("Проверка решения задачи",
'onclick'=Action(RunWindow('WP'))),
Button("Получение заданий",

```

```

'onclick'=Action(RunWindow('WV'))),
Button("Выход", Shutdown()))],
Window['WR']("Решение задачи",
 [Button("Координаты точек экстремума",
'onclick'=Action(RunWindow('WR2'))),
Button("Количество минимумов",
'onclick'=Action(RunWindow('WR3'))),
Button("Количество максимумов",
'onclick'=Action(RunWindow('WR4'))),
Button("Координаты минимумов",
'onclick'=Action(RunWindow('WR5'))),
Button("Координаты максимумов",
'onclick'=Action(RunWindow('WR6'))),
Button("Количество точек перегиба",
'onclick'=Action(RunWindow('WR7'))),
Button("Координаты точек перегиба",
'onclick'=Action(RunWindow('WR8'))),
Button("Промежутки выпуклости и вогнутости",
'onclick'=Action(RunWindow('WR9'))),
Button("Промежутки монотонности",
'onclick'=Action(RunWindow('WR10'))),
Button("Промежутки знакопостоянства",
'onclick'=Action(RunWindow('WR11'))),
Button("Точки пересечения с осью OX",
'onclick'=Action(RunWindow('WR12'))),
Button("Четность функции", 'onclick'=Action(RunWindow('WR13'))),
Button("Выход", 'onclick'=Action(CloseWindow('WR')))],

```

...

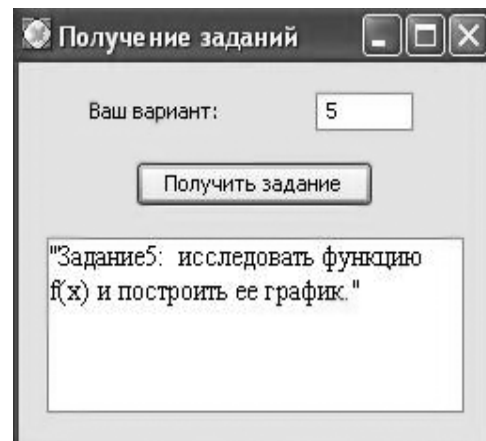
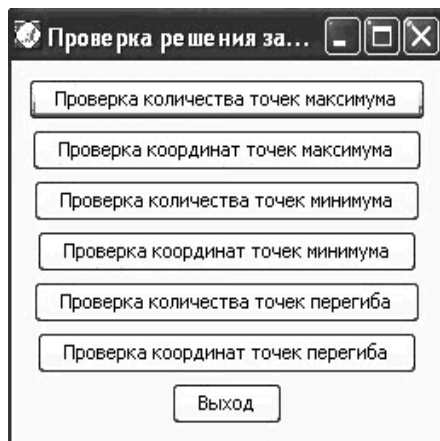


Рис. 3. Окно проверки решения задачи Рис. 4. Окно для получения задания

В окне проверки решений имеется возможность проверить полученные студентом результаты. Каждый шаг исследования проверяется отдельно. Для перехода к нужному элементу нужно нажать на соответствующую кнопку (рис. 3).

Для того чтобы получить задание, необходимо ввести вариант и нажать кнопку задание (рис. 4).

Данная система позволяет проводить тестирование знаний студентов по математическим дисциплинам по формульным ответам на задания теста, что позволяет осуществлять более глубокий анализ знаний и аналитических способностей студентов и тем самым более объективно оценивать знания. Кроме этого, система может быть встроена в балльно-рейтинговую систему оценивания знаний.

Литература

1. Игнатъев Ю.Г. Использование аналитических возможностей пакета Maple для создания программ аналитического тестирования, само-тестирования и генерации индивидуальных заданий в курсах высшей математики // Проблемы информационных технологий в математическом образовании: учебное пособие / под ред. Ю.Г. Игнатъева. Казань: ТГГПУ, 2005. С. 9-24.

2. Адиятуллина Г.Р. Библиотеки пользовательских процедур в СКМ по курсу математического анализа: «Функции» // Системы компьютерной математики и их приложения: материалы международной конференции. Смоленск: Изд-во СмолГУ, 2009. С. 11-12.

3. Дьяконов В.П. Maple 9.5/10 в математике, физике и образовании. М.: СОЛОН-Пресс, 2006.

4. Кирсанов М.Н. Maple 13 и Maplelet. Решение задач механики. М.: Физматлит, 2010.

БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩАЯ МОДЕЛЬ RS-ТРИГГЕРА ДЛЯ ПРОГРАММЫ MICRO-CAP 9

С.А. АМЕЛИН, М.А. АМЕЛИНА, В.А. ОРЕХОВ
Филиал ГОУ ВПО МЭИ (ТУ), г. Смоленск
e-mail: amlmtr@gmail.com

При построении Spice-моделей ШИМ-контроллеров особое внимание приходится уделять оптимизации функциональных узлов в плане повышения сходимости и уменьшения времени расчета. Особенно это касается тех узлов, которые работают с частотой коммутации ШИМ-контроллера. Именно от их быстродействия в наибольшей степени зависит общее время расчета, а также стабильность поведения модели в составе сложных схем имитационного моделирования устройств преобразовательной техники.

Одним из широко распространенных функциональных узлов ШИМ-контроллеров, работающих с частотой коммутации, является RS-триггер. Этот функциональный блок меняет свое состояние дважды за один период тактовой частоты. Поэтому скорость расчета модели RS-триггера существенно влияет на общее быстродействие.

Использование стандартных моделей RS-триггеров при построении ШИМ-контроллеров связано с определенными трудностями:

1. Стандартные модели являются по своей организации цифровыми, что при использовании в составе смешанных (аналого-цифровых) устройств существенно усложняет схему моделирования, поскольку в каждой точке сопряжения цифровых и аналоговых частей добавляются дополнительные интерфейсные схемы [1].

2. Логические уровни стандартных моделей жестко привязаны к потенциалу «земли», что не позволяет реализовать ШИМ-контроллеры, работающие с «подвешенным» питанием.

3. Простейшая реализация RS-триггера в виде логических элементов И-НЕ и ИЛИ-НЕ имеет запрещенные состояния, что очень отрицательно сказывается на сходимости расчетов в сложных схемах.

4. Схемы построения схем RS-триггеров с отсутствием запрещенных состояний требуют дополнительных элементов, что снижает быстродействие модели.

В связи с вышеизложенным актуальной задачей является разработка RS-триггера, состоящего исключительно из аналоговых компонентов и лишенного указанных выше недостатков.

Построение аналоговой модели RS-триггеров возможно либо с использованием функциональных источников, задающих логические взаимодействия внутри схемы и фактически имитирующих логические элементы и связи между ними, либо с использованием ключей, управляемых напряжением, связи между которыми задаются резистивными элементами.

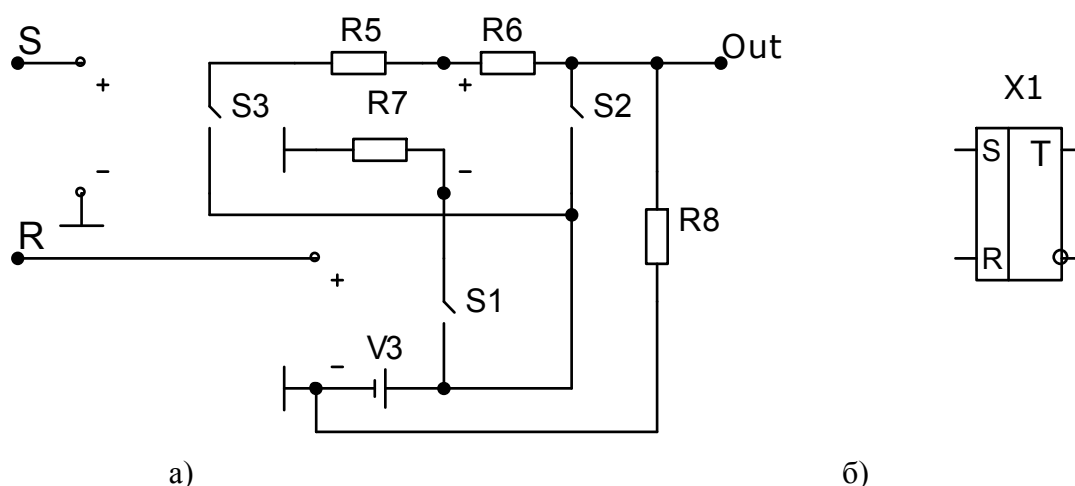


Рис. 1. Аналоговая модель RS-триггера: а) принципиальная схема, б) стандартный компонент для построения моделей ШИМ-контроллеров

Разработчики программы Micro-Cap предупреждают, что использование функциональных источников с обратными связями в узлах с быстропротекающими процессами (в частности, коммутационными) является нежелательным, поскольку возможно появление проблем со сходимостью.

стью и прерывание расчета [2]. А вот ключи с «мягкой» коммутацией как раз рекомендуются для улучшения сходимости. Поэтому для построения быстродействующей модели RS-триггера использованы ключи с «мягкой» коммутацией.

Схема, реализующая RS-триггер с приоритетом R-входа, представлена на рис. 1, а. Сравнительные испытания показали, что такая модель требует для расчета примерно в 11 раз меньше времени, чем стандартная схема на двух элементах ИЛИ-НЕ и свободна от указанных выше недостатков. Наличие положительной обратной связи и плавное изменение сопротивления ключей делают эту схему очень надежной в плане сходимости, что и было подтверждено многочисленными экспериментами.

Указанную модель легко оформить в виде стандартного компонента Micro-Cap (рис. 1, б) для дальнейшего использования при построении моделей ШИМ-контроллеров.

Литература

1. Амелина М.А., Амелин С.А. Программа схемотехнического моделирования Micro-Cap 8. М.: Горячая линия-Телеком, 2007. 464 с.: ил.
2. Micro-Cap 9 Electronic Circuit Analysis Program Reference Manual Copyright 1982-2007 by Spectrum Software. URL: www.spectrum-soft.com
3. Christophe P. Basso Switch-Mode Power Supplies Spice Simulations and Practical Designs @ McGraw-Hill Copyright © 2008.

ЗАДАЮЩИЙ ГЕНЕРАТОР ДЛЯ SPICE-МОДЕЛЕЙ ШИМ-КОНТРОЛЛЕРОВ

С.А. АМЕЛИН, М.А. АМЕЛИНА, В.В. ХЛОПОНИН
Филиал ГОУ ВПО МЭИ (ТУ), г. Смоленск
e-mail: amlmtr@gmail.com

Математическое моделирование с использованием специализированных программ схемотехнического анализа (PSpice, Orcad, Micro-cap, Multisim и др.) уже стало типовым этапом проектирования электронных устройств. Однако задача создания адекватных моделей электронных компонентов до сих пор является актуальной. В частности, достаточно серьезные проблемы возникают при построении Spice-моделей ШИМ-контроллеров. Это связано с тем, что в схеме, использующей такой контроллер, постоянные времени, а также величины токов и напряжений могут отличаться на 6–9 порядков. Причем важной является информация как о быстрых процессах, так и о медленных. Поэтому к шагу расчета вычислительного алгоритма в таких системах предъявляются противоречивые требования. С одной стороны, он должен обеспечивать точность расчета быстротекущих

процессов коммутации, с другой — обеспечивать приемлемое суммарное время расчета.

Стандартные алгоритмы численных методов автоматически меняют шаг для обеспечения оптимального времени расчета при заданной точности. Но при этом может нарушиться алгоритм функционирования устройства: из-за слишком большого шага пропускаются условия возникновения того или иного события. Поэтому приходится ограничивать максимальный шаг расчетов, что существенно увеличивает время вычислений.

Характерным примером возникновения ошибки при использовании алгоритма с автоматически изменяемым шагом являются результаты моделирования генератора пилообразного напряжения – типового задающего генератора для моделей ШИМ-контроллеров. Простая и быстро работающая модель такого устройства состоит из источника тока, заряжающего конденсатор, и управляемого гистерезисного разрядного ключа (рис 1, а). При искусственном ограничении максимального шага расчета получается стабильно работающий генератор пилообразного напряжения (рис. 1, б). Однако при отсутствии ограничения шага в такой схеме происходят сбои (рис. 1, в). Это связано с тем, что на спадающем участке шаг расчета оказывается слишком велик, расчетных точек очень мало и условие выключения ключа (достижение напряжением нулевого значения) не может отслеживаться с высокой точностью. В результате этого ключ срабатывает не при нулевом напряжении, а в следующей расчетной точке после достижения напряжением на конденсаторе нулевого значения. В результате заряд конденсатора начинается именно с этого отрицательного значения (а не от нуля), что приводит к незапланированному увеличению периода следования импульсов, а, следовательно, к их нестабильности.

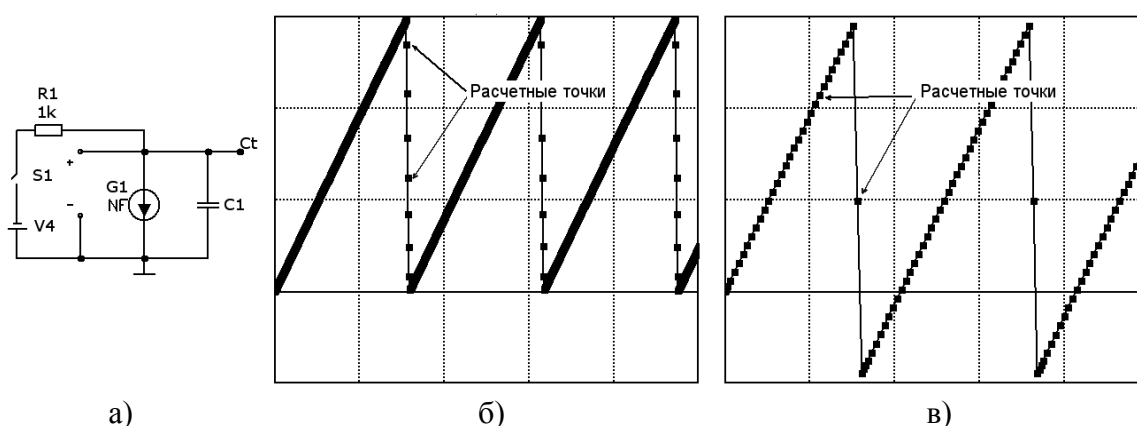


Рис.1: а) схема генератора, б) временные диаграммы с ограниченным шагом расчета, в) временные диаграммы с автоматическим шагом расчета

Для того чтобы устранить эту проблему, необходимо использовать нелинейный резистор в разрядной цепи (рис. 2, а). В этом случае программа автоматически уменьшает шаг на критически важных участках.

Расчетных точек на этих участках становится значительно больше (рис. 2, б).

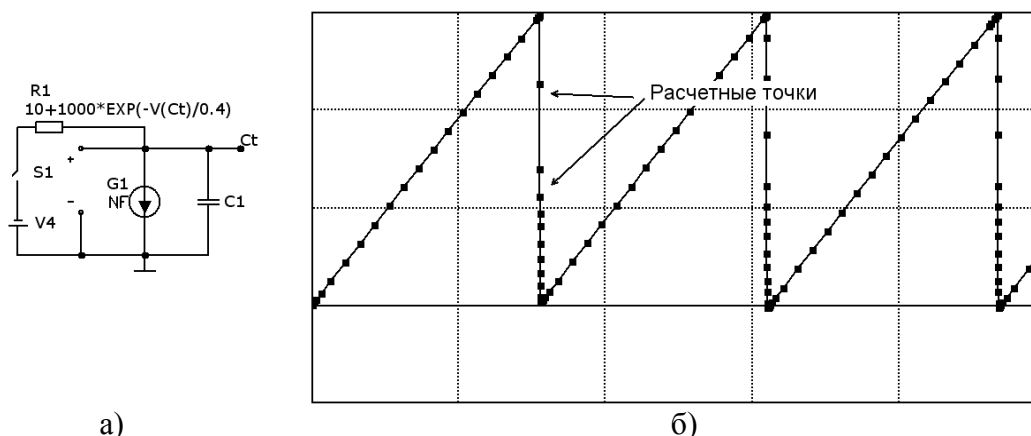


Рис. 2. а) схема модернизированного генератора,
б) временные диаграммы с автоматическим шагом расчета

В результате точно отслеживается условие переключения и генератор с нелинейным разрядным элементом стабильно работает без принудительного ограничения шага расчетов. Это способствует тому, что суммарное время расчета с использованием оптимизированной модели оказывается в разы меньше, чем в случае использования исходной модели.

Пример моделирования задающего генератора показывает, что при разработке моделей ШИМ-контроллеров следует особое внимание уделять оптимизации любых, даже самых простых функциональных узлов. Только такой подход позволяет получить модели, стабильно работающие в составе сложных схем преобразовательных устройств.

Литература

1. Christophe P. Basso Switch-Mode Power Supplies Spice Simulations and Practical Designs @ McGraw-Hill Copyright © 2008.

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПСЕВДОСЛУЧАЙНЫХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ СРЕДСТВАМИ MATHCAD

А.А. БУБНОВ

Балашовский институт Саратовского государственного университета,
412315, г. Балашов, ул. Ленина, д. 118, кв. 72
e-mail: ernesth@yandex.ru

Генерация качественных последовательностей псевдослучайных чисел является весьма важным прикладным аспектом программирования, охватывающим как вопросы безопасности информации, так и вопросы математического моделирования.

Как правило, формирование псевдослучайных последовательностей осуществляется по следующей формуле:

$$x_{n+1} = (A \cdot x_n + B) \bmod m, \quad (1)$$

где A , B и m – параметры, от которых зависит их “случайность”.

В [1] приведено множество различных критериев, по которым можно оценить качество получаемых по формуле (1) чисел. Среди всех методов следует выделить так называемый спектральный критерий, поскольку последний является наиболее известным и часто применимым, все хорошие линейные конгруэнтные генераторы проходят подобную проверку. Его суть заключается в исследовании свойств совместных распределений t последовательных элементов последовательности.

В простейшем случае исследование заключается в построении двумерной решетки, образованной парами последовательных точек (x_n, x_{n+1}) . Для примера рассмотрим генератор $x_{n+1} = (137 \cdot x_n + 187) \bmod 256$ (см. рис. 1, а), который заведомо удовлетворяет спектральному критерию.

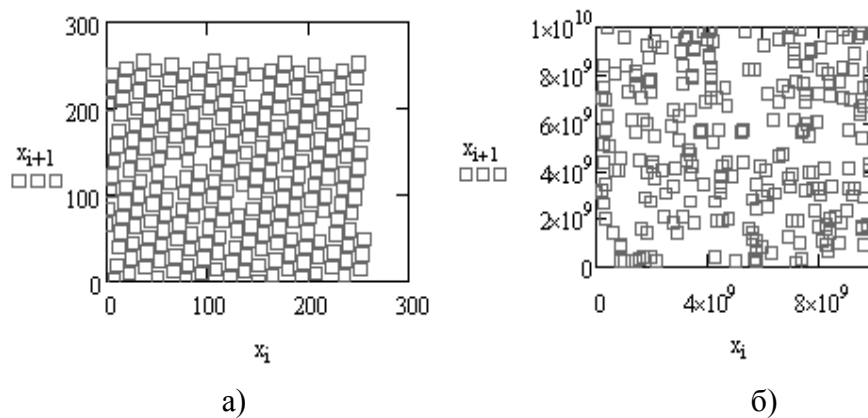


Рис. 1. Двумерные решетки для различных последовательностей

Именно наличие некоторой регулярности в полученной решетке и говорит об адекватности генератора (на рис 1, б представлен генератор, не отвечающий спектральному критерию).

Детальная формализация определения параметров совместного распределения приводит к вычислению величины ν_t , называемой t -мерной точностью генератора исходя из следующих соотношений:

$$\nu_t = \min \left\{ \sqrt{\sum_{i=1}^t x_i^2} \mid \bmod(x_1 + ax_2 + \dots + a^{t-1}x_t, m) \equiv 0 \right\}. \quad (2)$$

Для того чтобы окончательно охарактеризовать генератор, используется следующее соотношение:

$$\mu_t = \frac{\pi^{t/2} \nu_t^t}{(t/2)! m}. \quad (3)$$

Считается, что множитель A удовлетворяет спектральному критерию, если $\mu_t = 0,1$ или больше для $2 \leq t \leq 6$ (оптимальный критерий – $\mu_t \geq 1$). При этом важно еще брать в расчет параметр m : при малом m период последовательности будет также малым [1].

Для практического определения μ_2 была создана функция в Mathcad, осуществляющая численное решение задачи (2). Результат равен 3,36, что вполне удовлетворяет спектральному критерию. Однако и для генератора из рис. 1, б значение μ_2 получено вполне приемлемым – 1,438. Для более адекватной оценки следует вычислять следующие значения μ_t или положиться на графическое представление двумерной решетки.

Следует отметить, что вычисление двумерной точности осуществить значительно легче, нежели определение соответствующих параметров для высших мер точности и затруднительно средствами Mathcad.

Литература

1. Кнут Д. Искусство программирования. М.: Вильямс, 2007. Т. 2.

РЕАЛИЗАЦИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНО НЕУСТОЙЧИВЫХ АЛГОРИТМОВ В MAPLE

Е.Ю. ВОЛУШКОВА, А.В. МАТРОСОВ

Санкт-Петербургский государственный университет,
198504 г. Санкт-Петербург, Петергоф, Университетский просп., 35
e-mail: ada291@mail.ru, avmatrsov@mail.ru

Многие прикладные задачи приводят к решению систем линейных алгебраических уравнений. Для их решения разработано большое число методов, начиная от известного со школьной скамьи точного метода Гаусса и заканчивая приближенными итерационными методами. Однако для определенного типа и размера матриц эти методы могут давать неверные результаты, что связано как с накоплением ошибок в процессе вычислений на подмножестве вещественных чисел с ограниченной мантисой в их представлении, так и с распространением малых ошибок в представлении компонентов матрицы и вектора свободных членов [1].

Подобный класс систем линейных алгебраических уравнений известен как класс систем с плохо обусловленными матрицами, у которых число обусловленности $\mu = \|A\| \|A^{-1}\|$, представляющее максимальный коэффициент усиления ошибки исходных данных, является достаточно большим. Для решения подобных задач академиком А.Н. Тихоновым был разработан метод регуляризации операторных уравнений [2], при-

менимый и к системам линейных алгебраических уравнений с плохо обусловленной матрицей.

В настоящее время разработаны алгоритмы решения дифференциальных уравнений механических систем, приводящие к решению системы линейных алгебраических уравнений с последующим использованием полученных результатов для вычисления значений неизвестных искомых величин задачи. К подобным алгоритмам можно отнести метод начальных параметров для одномерных задач и метод начальных функций для двумерных и трехмерных задач механики. Причем коэффициенты линейных систем представляются числами большой размерности — порядка 10^{11} и выше, то есть ошибка исходных данных в них может быть больше 10^3 при вычислениях с одинарной точностью. Полученные решения в дальнейшем используются в вычислениях с числами больших порядков, поэтому желательно решения систем линейных уравнений получать с максимально возможной точностью. Метод регуляризации здесь не работает из-за больших погрешностей в исходных данных. Единственным на настоящий момент подходом, как видится авторам, является выполнение вычислений с вещественными числами с большой мантиссой. И системы компьютерной математики подходят для этого как нельзя лучше всего. На примере реализации метода начальных функций (МНФ) для плоской задачи теории упругости [3] показана эффективность выполнения расчетов в системе компьютерной математики Maple.

Методом начальных функций решалась задача определения напряженно-деформированного состояния (НДС) упругого изотропного квадрата со стороной a , на верхней и нижней гранях которого действуют нормальные и касательные напряжения: $\sigma_x^0 = q_0 \sin(\pi y/a)$, $\tau_x^0 = \tau_0 \cos(\pi y/a)$ на верхней грани, $\sigma_x^a = q_a \sin(\pi y/a)$, $\tau_x^a = \tau_a \cos(\pi y/a)$ на нижней грани, $q_0 = -1$, $\tau_0 = 0$ и $q_a = -2$, $\tau_a = -0.5$. Для вычисления вектора НДС в любой точке упругого тела используется соотношение МНФ

$$\mathbf{U} = \mathbf{L}\mathbf{U}^0, \quad (1)$$

в котором $\mathbf{U} = \{u, v, \sigma_x, \sigma_y, \tau_{xy}\}$, $\mathbf{U}^0 = \{u^0, v^0, \sigma_x^0, \tau_{xy}^0\}$, $\mathbf{L} = [L_{ij}]$ — матрица размерности 5×4 операторов МНФ, зависящих от оператора дифференцирования по переменной y , упругих констант материала и переменной x . Неизвестные коэффициенты в представлении начальных функций перемещений $u^0 = u_0 \sin(\pi y/a)$ и $v^0 = v_0 \cos(\pi y/a)$ вычисляются из системы уравнений, получаемой в результате удовлетворения граничным условиям на нижней грани квадрата. При $m = 7$, $a = 1$ и переменной `Digits=10` система имеет вид:

$$\begin{aligned}
& -0.3175282498 \cdot 10^{29} u_0 + 0.3244124968 \cdot 10^{29} v_0 + 0.4328672288 \cdot 10^{22} = -2 \\
& -0.3244124968 \cdot 10^{29} u_0 + 0.3312967437 \cdot 10^{29} v_0 + 0.4423629656 \cdot 10^{22} = -0.5
\end{aligned}
\tag{2}$$

Результаты решения системы в зависимости от длины мантиссы представлены в таблице 1.

Таблица 1

Digits	Вычисленные значения правых частей уравнений (2)	
	первого	второго
10	-17.	-.8507405062e-96
12	-1.99210	-.42026
14	-2.00185228	-.50126888
16	-2.000000071312904	-.4999923041379909

Литература

1. Воеводин В.В. Ошибки округления и устойчивость в прямых методах линейной алгебры. М.: МГУ, 1969. 153 с.
2. Тихонов А.Н., Арсенин В.Я. Методы решения некорректных задач. 2-е изд., М.: Наука. 1979. 288 с.
3. Матросов А.В. Численно-аналитический алгоритм решения задач плоской деформации линейно-упругих тел сложной конфигурации // Вестн. С.-Петербур. ун-та. Сер. 10: Прикладная математика, информатика, процессы управления. 2008. Вып. 3. С. 70-84.

АНАЛИЗ НИЗКОЧАСТОТНЫХ СИГНАЛОВ ЦИФРОВЫМИ АНАЛИЗАТОРАМИ СПЕКТРА РАДИОЧАСТОТ

В.П. ДЬЯКОНОВ

Смоленский государственный университет, г. Смоленск

Некоторые современные цифровые анализаторы спектра способны анализировать низкочастотные сигналы звукового диапазона частот [1]. Однако такие приборы, имеющие нижнюю граничную частоту спектра 0 или 20 Гц, достаточно редки и имеют высокую стоимость. Массовые цифровые анализаторы спектра, например, АКТАКОМ АКС-1301/1601 (рис. 1), имеют диапазон частот от 9 Гц до 3/6 ГГц [2].

Однако граница в 9 кГц является скорее рекламной, чем реально достижимой. Это связано с наличием паразитных частот в диапазоне частот до 100 кГц и спадом чувствительности анализатора в этом диапазоне. На рис. 2 показан спектр паразитных частот анализатора АКС-1301. Паразитные частоты помечены маркерами, а приведенная таблица измерений позволяет судить о частотах и уровнях паразитных сигналов. Из рис. 2 видно, что, помимо нерабочего участка спектра на частотах ниже

9 кГц и шумовой дорожки, в спектре обнаружено по крайней мере 4 паразитных сигнала. При этом пики 3 и 4 явно относятся ко второй и третьей гармоникам паразитного сигнала 1. Уровень пиков мал, что видно из таблицы параметров пиков.



Рис. 1. Анализатор спектра АКТАКОМ АКС-1301

Оценить спад чувствительности анализатора спектра на низких частотах можно, просматривая спектр импульсов сигнала $\sin(t/\tau)/(t/\tau)$ – рис. 3. Уникальным свойством такого сигнала является постоянство амплитуд гармоник вплоть до частоты $f_B=1/\tau$. Такой сигнал позволяют получать многие современные цифровые генераторы сигналов произвольной формы, например AFG3000 фирмы Tektronix [3]. На рис. 3 хорошо видно, что амплитуда пиков падает по мере уменьшения их частоты, начиная примерно со 100 кГц. Пик на частоте 10 кГц на 40 дБм меньше пика на частоте 100 кГц (среднего).

Предлагаемый ниже метод построения спектров в низкочастотном диапазоне (практически до 100 – 200 кГц) основан на построении спектра амплитудно-модулированного (АМ) синусоидального сигнала:

$$s(t) = A(t) \cdot \sin(2\pi ft).$$

Здесь модулирующий сигнал $A(t)$ играет роль исследуемого низкочастотного сигнала в общем произвольной формы, а высокочастотный сигнал с частотой f – это несущая частота АМ-сигнала, подаваемого на вход анализатора спектра радиочастотных сигналов.

Как хорошо известно, спектр АМ сигнала состоит из спектральной линии (или реально пика) на частоте f несущей и двух боковых полос, представляющих спектр модулирующего сигнала $A(t)$ и его зеркальное отражение. Выделив правую боковую полосу, мы получаем спектр низкочастотного сигнала $A(t)$ со сдвигом на частоту несущей. При синусои-

дальной модуляции синусоидального сигнала уровень боковых пиков (в вольтах) составляет $m/2$ от уровня пика несущей, где m – глубина модуляции (от 0 до 1).

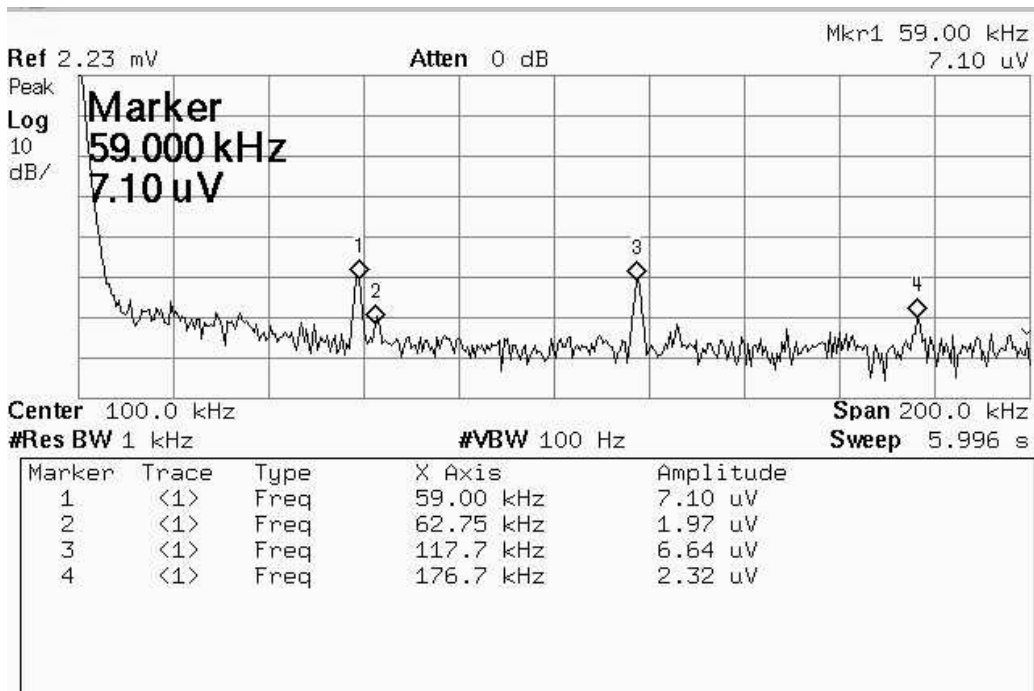


Рис. 2. Спектр при отсутствии сигнала на входе анализатора АКС-1301 в диапазоне частот обзора от 0 до 100 кГц

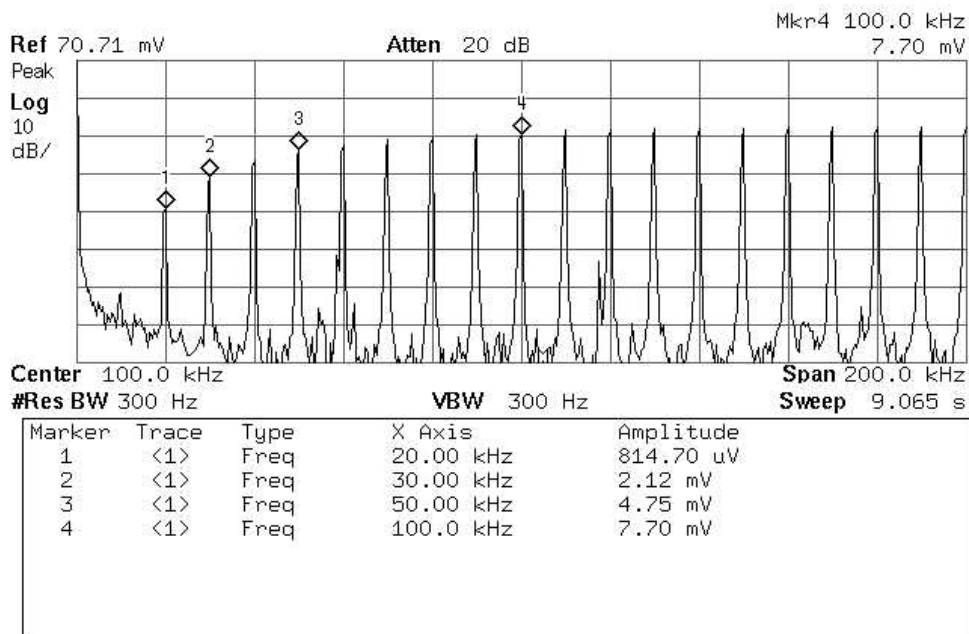


Рис. 3. Спектр сигнала $\sin(t/\tau)/(t/\tau)$ с частотой повторения 10 кГц, выявляющий спад чувствительности на частотах ниже 100 кГц

До сих пор этот метод не находил широкого применения из-за трудностей обеспечения линейной и точной модуляции, жестких требований к частотной стабильности анализатора спектра и широкой полосы частот фильтров анализатора ResBW. В старых поколениях аналоговых анализа-

торов спектра это вело к невозможности реализации метода в диапазоне частот до 100 кГц. Однако в новейших цифровых анализаторах спектра и генераторах все эти недостатки успешно преодолены. Например, генераторы серии AFG способны генерировать синусоидальные сигналы с частотами до 100-240 МГц с глубиной АМ до 100 % и нестабильностью частоты несущей порядка $1 \cdot 10^{-6}$ [3]. Подобную нестабильность частоты имеют и цифровые анализаторы спектра.

Для реализации данного метода надо выбрать частоту несущей f в 10-50 раз выше максимальной частоты сигнала $A(t)$, который подается на вход внешней модуляции генератора. Выход генератора подается на вход анализатора спектра. У анализатора спектра начальная частота Start задается равной f , а конечная $End=Start+Span$, где Span – полоса обзора. Таким образом, на экране анализатора строится спектр только правой боковой полосы частот АМ-сигнала генератора. Для предотвращения роста нелинейных искажений глубину модуляции стоит выбирать от 50% до 80%.

На рис. 4 показан спектр синусоидального сигнала с частотой 10 кГц, который модулирует несущую с частотой 1 МГц. Просматривается область частот от 1 до 1,05 МГц, т.е. полоса обзора составляет 50 кГц. Спектральный пик исследуемого сигнала с частотой 10 кГц четко выделяется, никаких паразитных частот не видно, и есть лишь очень маленький пик второй гармоники сигнала. Его уровень меньше 60 мкВ, и это говорит о высокой чистоте сигнала последнего.

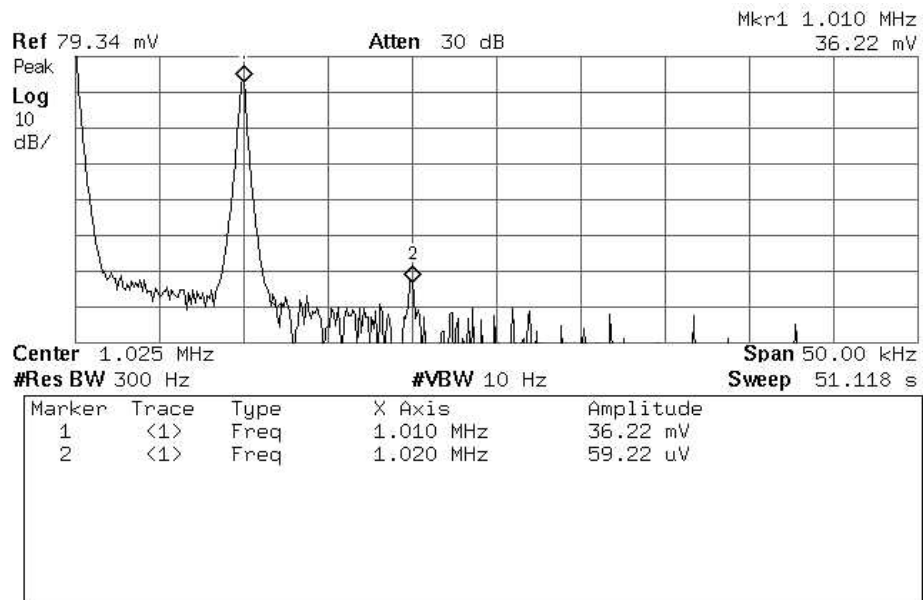


Рис. 4. Построение спектра синусоидального сигнала с частотой 10 кГц

Теперь рассмотрим спектр низкочастотного меандра (рис. 5). Тут сразу видно, что в спектре отчетливо присутствуют только нечетные гармоники. На пики их спектра установлены маркеры, позволяющие оценить уровень 1, 3 и 5 гармоник. Уровень четных гармоник не отличим от шумов. Такой результат вполне соответствует теоретическому представле-

нию о спектре меандра, у которого амплитуда нечетных гармоник пропорциональна $1/n$, где n – номер гармоники.

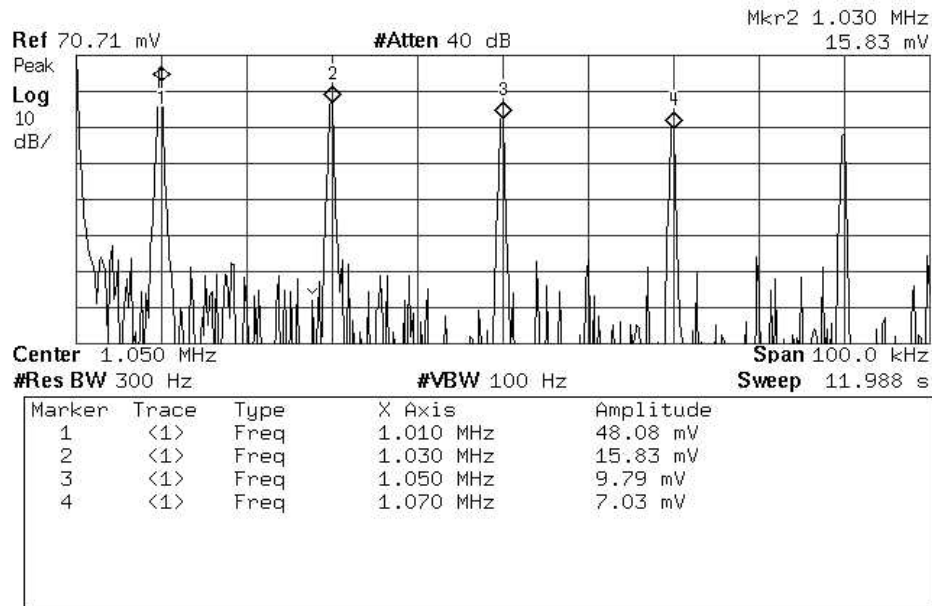


Рис. 5. Спектр низкочастотного меандра

Спектр низкочастотного треугольного сигнала показан на рис. 6. С первого взгляда он напоминает спектр меандра – видны только нечетные гармоники, уровень которых уменьшается по мере роста номера. Но полученные с помощью маркеров данные об их амплитуде показывают, что уровень гармоник в этом случае значительно меньше такового для меандра. И это полностью соответствует теоретическому представлению о спектре этих сигналов.

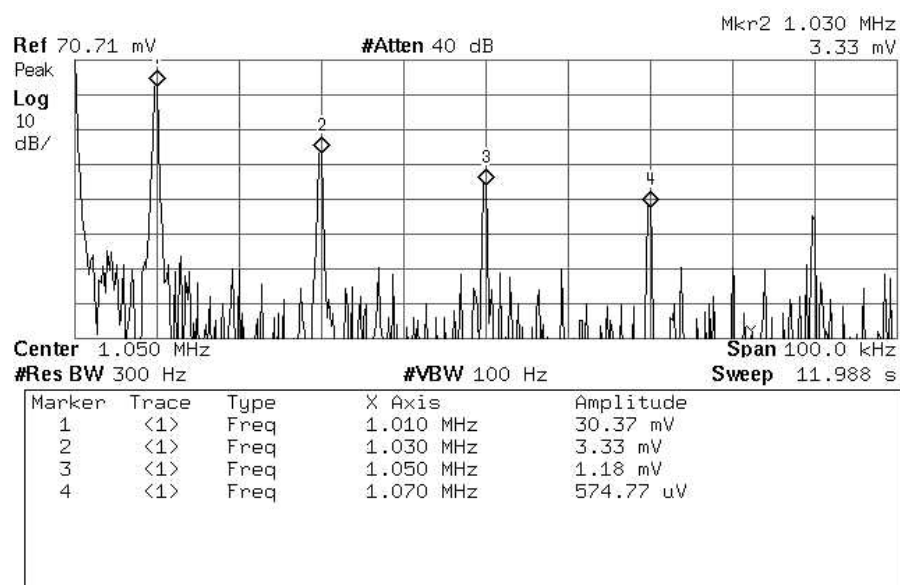


Рис. 6. Спектр низкочастотного треугольного сигнала

Рассмотрим еще один пример – на построение спектра низкочастотного пилообразного (линейно-нарастающего с быстрым спадом) сигнала.

В его спектре (рис. 7) присутствуют все гармоники – как четные, так и нечетные. Их уровень постепенно падает пропорционального $1/n$. Первые четыре гармоники помечены маркерами.

Если нужно оценивать коэффициент нелинейных искажений низкочастотного сигнала, то следует задать измерения высоты пиков спектра в вольтах (что и сделано в приведенных выше примерах). Коэффициент нелинейных искажений оценивается по известной формуле:

$$k_z = \frac{\sqrt{U_2^2 + U_3^2 + U_4^2}}{U_1} \cdot 100\%,$$

где U_i – амплитуда i -ой гармоники сигнала.

Приведенные примеры наглядно показывают, что совместное применение цифрового генератора произвольных функций и массового и сравнительно дешевого унифицированного цифрового анализатора спектра радиочастот позволяет анализировать спектры низкочастотных сигналов любой (в том числе стандартной) формы. При этом исключается влияние спада чувствительности анализатора на низких (ниже 100 кГц) частотах и влияние паразитных частотных составляющих. Разрешающая способность при использовании массовых анализаторов составляет 100-300 Гц, но у более дорогих моделей может достигать 1-10 Гц [1, 4]. Это позволяет решать задачи анализа спектра сигналов с частотами ниже 100 кГц без влияния искажений сигнала в этом диапазоне и наличия в нем паразитных сигналов (см. рис. 1 и 2). В частности, описанный метод позволяет оценивать и измерять параметры ВЧ-генераторов с амплитудной модуляцией стандартными низкочастотными сигналами и оценивать величину их коэффициента нелинейных искажений.

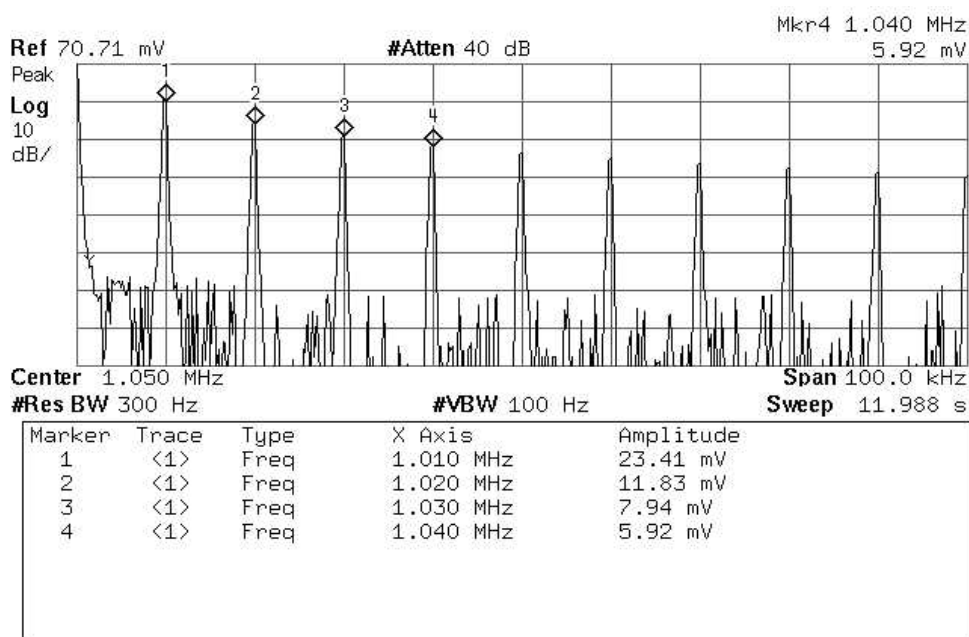


Рис. 7. Спектр низкочастотного пилообразного сигнала

Литература

1. Афонский А.А., Дьяконов В.П. Цифровые анализаторы спектра, сигналов и логики / под ред. проф. В.П. Дьяконова. М.: СОЛОН-Пресс, 2009.
2. Афонский А.А. Новые анализаторы спектра АКТАКОМ // Контрольно-измерительные приборы и системы. 2008. № 2.
3. Дьяконов В.П. Генерация и генераторы сигналов. М.: ДМК-Пресс, 2009.
4. Дьяконов В. П. Современные методы Фурье- и вейвлет-анализа и синтеза сигналов // Контрольно-измерительные приборы и системы. 2009. № 2.

ПРОГРАММНЫЕ ПРОЦЕДУРЫ СО СПЛАЙНАМИ В MAPLE

Ю.Г. ИГНАТЬЕВ

Татарский государственный гуманитарно-педагогический университет
420021, г. Казань, ул. Межлаук, д. 1
e-mail: ignatev_yu@rambler.ru

В СКМ Maple, по крайней мере, начиная уже с 1997 года, с 5-й версии встроены процедуры сплайновой и В-сплайновой интерполяции функций, а также их графического представления. В СКМ Mathematica процедуры сплайновой интерполяции функций появились лишь в 2008 году, в версии 7. Вследствие этого в СКМ Maple процедуры сплайновой и В-сплайновой интерполяции функций разработаны глубже, чем в Mathematica. Тем не менее и в Maple программное обеспечение работы с функциями, представленными в формате сплайнов и В-сплайнов, отсутствует, что затрудняет доступ пользователя к сплайновым методам. При этом немногочисленные процедуры сплайновой интерполяции функций: `spline(X, Y, z, d)`, `CurveFitting[Spline](xydata, v, dgr, endpts)`, `CurveFitting[BSpline](k, v, opt)`, `CurveFitting[BSplineCurve](xydata, v, opts)` сами по себе хорошо продуманы разработчиками и позволяют добиваться хороших результатов в интерполяции.

В данной работе представлена пользовательская библиотека программных процедур работы со сплайнами `SplineOperations`, содержащая ряд программных процедур работы со сплайнами:

[`BSplineF`, `BiSplineFunction`, `ConvBSpline_Piece`, `Conv_List`, `Conv_Piece`, `Conv_SplinePiece`, `MyHeaviside`, `SplineDefInt`, `SplineDiff`, `SplineF`, `SplineFunction`, `SplineFunctionPoint`, `SplineUndefInt`]

В этой библиотеке процедуры `SplineF`, `BSplineF` генерируют кубический сплайн и В-сплайн, соответственно, по заданной функции и заданному числу интервалов; процедура `Conv_List` конвертирует заданный

сплайн в список, Conv_Piece – конвертирует список в кусочно-заданную функцию, Conv_SplinePiece – конвертирует сплайн в кусочно-заданную функцию, ConvBSpline_Piece – B-сплайн в параметрически-кусочно-заданную функцию, SplineFunctionPoint – вычисляет функцию от сплайна и независимой переменной, конвертируя результат в кубический сплайн, SplineFunction вычисляет функцию от сплайна и независимой переменной, конвертируя результат в кусочно-заданную функцию, SplineDiff – вычисляет производные от сплайнов, SplineUndefInt и SplineDefInt вычисляют неопределенный и определенный интегралы от сплайнов, BiSplineFunction – вычисляет функцию двух сплайнов и независимой переменной.

Таким образом, создан пакет программ, позволяющий пользователю работать со сплайнами. Это дает, например, возможность проведения аналитических вычислений с дискретными базами данных, полученных в результате проведения численных расчетов. В докладе будут представлены конкретные примеры операций со сплайнами.

Литература

1. Дьяконов В.П. Maple 9.5/10 в математике, физике и образовании. М.: Солон-Пресс, 2006. 720 с.

ПРОГРАММНЫЕ ПРОЦЕДУРЫ ЧИСЛЕННОГО РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ КОШИ ДЛЯ СИСТЕМЫ НЕЛИНЕЙНЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ В ФОРМЕ СПЛАЙНОВ

Ю.Г. ИГНАТЬЕВ, АБДУЛЛА ХАЛЕД ХУСЕЙН

Татарский государственный гуманитарно-педагогический университет

420021, г. Казань, ул. Межлаук, д. 1

e-mail: ignatev_yu@rambler.ru; khaled_alyfee@yahoo.com

В работе представлен пакет программных процедур в СКМ Maple автоматизированного численного решения задачи Коши для системы произвольного числа обыкновенных нелинейных дифференциальных уравнений произвольного порядка, разрешенных относительно старших производных, и представления решения в функциональной форме сплайнов и B-сплайнов. Предусмотрено переключение метода численного интегрирования в заданной точке. Процедуры позволяют пользователю ввод системы дифференциальных уравнений в достаточно произвольной форме, при этом вывод решений производится в форме кусочно-заданной функции, число интервалов которой можно регулировать. Формат вывода численных решений позволяет пользователю обращаться с численными решениями так же, как с аналитическими: дифференцировать и интегрировать их, вычислять различные функции. Все это

позволяет значительно расширить возможности компьютерного моделирования нелинейных механических систем.

Литература

1. Дьяконов В.П. Maple 9.5/10 в математике, физике и образовании. М.: Солон-Пресс, 2006. 720 с.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СОЗДАНИИ ЭЛЕКТРОННЫХ УЧЕБНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПО КУРСУ «АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ НА АВТОМОБИЛЬНОМ ТРАНСПОРТЕ»

Ю.Г. ИГНАТЬЕВ, Л.И. ЕРЕМОВА

Татарский государственный гуманитарно-педагогический университет
e-mail: ignatev_yu@rambler.ru; Leisan747@mail.ru

В этой работе рассматривается такой вопрос, как создание интерактивных электронных методических материалов для предмета «Автоматизированные системы управления на автомобильном транспорте» (АСУ на АТ) с помощью системы компьютерной математики Maple. Одной из центральных тем этой дисциплины является решение задач оптимизации транспортных оборотов. При решении задач данного типа в условиях среднего профессионального образования на первый план выдвигается проблема выбора простейшего программного обеспечения (ПО), позволяющего достаточно эффективно и наглядно решить поставленные задачи. На наш взгляд, таким эффективным ПО, позволяющим адекватно решать образовательные задачи, является OpenOffice.org Calc в OpenOffice.org при выборе Linux в качестве операционной системы.

В работе рассматриваются примеры решения стандартных задач оптимизации применительно к транспортным проблемам на основе OpenOffice.org Calc. Как показывают эти примеры, ввод условий таких задач и оформление ответа производятся в простой наглядной форме, доступной для уровня специального технического образования. Выбор программы OpenOffice.org Calc в качестве базовой для изучения предмета АСУ на АТ обусловлена также тем обстоятельством, что ко времени прохождения данного предмета студенты имеют достаточно полное представление об этой программе, полученное ими в курсе информатики. Решение задач рассматриваемого класса требует использования лишь арифметических операций и простейших понятий о графах.

В работе представлена электронная версия курса АСУ на АТ с обучающими материалами по решению задач оптимизации на АТ. Основными средствами создания электронного учебника являются OpenOffice.org Calc в OpenOffice.org при выборе Linux в качестве операци-

онной системы, CorelDraw, HTML , а также программа создания самозапускающихся меню компакт-дисков.

Литература

1. Дьяконов В.П. Maple7. Учебный курс. СПб.: Питер, 2002.
2. Николаев А.Б. Автоматизированные системы обработки информации и управления на автомобильном транспорте. М.: Академия, 2003. 224 с.
3. Елизаров В.А. Автоматизированные системы управления на автомобильном транспорте. М.: Транспорт, 1983. 144 с.

АНИМАЦИЯ ТРИГОНОМЕТРИЧЕСКОГО КРУГА В СКМ MAPLE

Ю.Г. ИГНАТЬЕВ, Л.И. РОЗАКОВА

Татарский государственный гуманитарно-педагогический университет
e-mail: ignatev_yu@rambler.ru; GumLei@mail.ru

Использование новых информационных технологий позволяет повысить интерес и мотивацию учащихся к учению; активизировать зрительный и логический виды памяти и вместе с тем самостоятельную познавательную деятельность учащихся. Одним из абстрактных разделов школьной математики, традиционно трудным для учащихся, и вместе с тем чрезвычайно важным, как для усвоения математических знаний, так и для многочисленных приложений, является раздел алгебры «Функции», а его наиболее сложным подразделом – «Тригонометрические функции». Понятие функции, исследование функций, понятие производной функции имеют принципиально важное значение как для самой математики, так и для ее приложений к физике. Поэтому эффективное усвоение соответствующих тем учащимися средней школы невозможно без наглядных геометрических иллюстраций. Особенно ценным методическим инструментом является анимационно-графическая интерпретация ряда основных понятий и определений теории функций. Обычно эту анимационную интерпретацию исполняет на доске мелом или маркером сам преподаватель, однако качество и познавательная ценность такой интерпретации в среднем весьма низки.

Системы компьютерной математики (СКМ), в первую очередь Maple, предоставляют уникальные программные и графические возможности для реализации этой идеи. Однако попытка прямого применения стандартных процедур СКМ не дает желаемого результата. Для получения качественных графических и анимационных моделей основных математических структур анализа функций необходимо создавать пользовательские многопараметрические программные процедуры, простые для неискушенного в программировании пользователя, которые удобно

объединить в специализированной библиотеки пользовательских процедур. Тригонометрические функции представляют собой наиболее удобное и наглядное средство для изучения всех свойств функций, включая их производные, а в особенности, важного для понимания многих природных процессов свойства периодичности. Поэтому изучению этих функций следует уделить пристальное внимание. При изучении данной темы в школьном курсе возникают большие трудности из-за несоответствия между достаточно большим объемом содержания и относительно небольшим количеством часов, выделенным на изучение данной темы. Как показывают результаты ЕГЭ и вступительных экзаменов последних лет, выпускники средних школ весьма слабо знают именно этот раздел алгебры, в частности, не могут определить значения тригонометрических функций для ряда простейших значений аргумента, плохо владеют формулами приведения и т.п. Нам представляется, что это является результатом разрыва связи между математическим понятием и наглядными математическими моделями тригонометрических функций, в частности, моделью тригонометрического круга.

Продemonстрируем методы создания интерактивных учебных материалов с помощью СКМ на примере модели тригонометрического круга. На представленных в докладе слайдах показано, как математическая модель тригонометрических функций, реализованная в СКМ с помощью авторских программных процедур, помогает преодолеть указанный разрыв. Завершающим этапом создания процедуры анимации является составление последовательности, каждый член которой представляет графический кадр рисунка с заданным значением угла. Анимация осуществляется с помощью процедуры: `plots[display](seq(GC(i),i=1..n+1), insequence=true)`. Созданная многопараметрическая программная процедура позволяет эффективно управлять процессом анимации: выбирать градусную или радианную меру углов, изменять цвет элементов изображения, обозначение угла и т.д. Полученный в результате применения процедуры графический Maple-объект можно сохранять в формате gif (при этом мы получим анимационный фильм) или экспортировать в HTML (при этом получим качественную WEB-страницу). Таким образом, с помощью СКМ на основе математического и компьютерного моделирования можно создавать качественные интерактивные учебные материалы, применение которых на уроках математики позволяет существенно повысить эффективность учебного процесса и активизировать познавательную деятельность учащихся. Заметим, что рассмотренный аспект применения СКМ является одной из возможностей СКМ в физико-математическом образовании – сочетание методов математического и компьютерного моделирования в среде СКМ самими учащимися позволяет повысить креативность предметов физико-математического цикла,

сделать эти предметы наглядными и интересными и развить интерес к научному творчеству учащихся.

Литература

1. Игнатъев Ю.Г. Проблемы информационных технологий в математическом образовании: учебное пособие / под редакцией Ю.Г. Игнатъева. Казань: ТГГПУ, 2005. С. 9-24.
2. Дьяконов В.П. Maple 9.5/10 в математике, физике и образовании. М.: Солон-Пресс, 2006.

БИБЛИОТЕКА ПРОГРАММНЫХ ГРАФИЧЕСКИХ ПРОЦЕДУР ПО КУРСУ АЛГЕБРЫ И АНАЛИТИЧЕСКОЙ ГЕОМЕТРИИ В ПАКЕТЕ MAPLE

Ю.Г. ИГНАТЬЕВ, А.Р. САМИГУЛЛИНА

Татарский государственный гуманитарно-педагогический университет
420021, г. Казань, ул. Межлаука, д. 1, ауд. 44
e-mail: ignatev_yu@rambler.ru; Alsu_Sam@mail.ru

Рассмотрим пример создания графического исследования процедуры взаимного расположения прямых в пространстве $\text{graph3d}(M1, q1, M2, q2, a, b, A, B, c1, c2, c3)$, где $q1$ и $M1$ – направляющий вектор и опорная точка первой прямой, $q2$ и $M2$ – направляющий вектор и опорная точка второй прямой, a – коэффициент, который показывает, во сколько раз увеличивается базовый отрезок в отрицательном направлении, b – коэффициент, который показывает, во сколько раз увеличивается базовый отрезок в положительном направлении, A, B – обозначения прямых, $c1$ – цвет первой прямой, $c2$ – цвет второй прямой, $c3$ – цвет взаимного перпендикуляра прямых в случае их скрещивания:

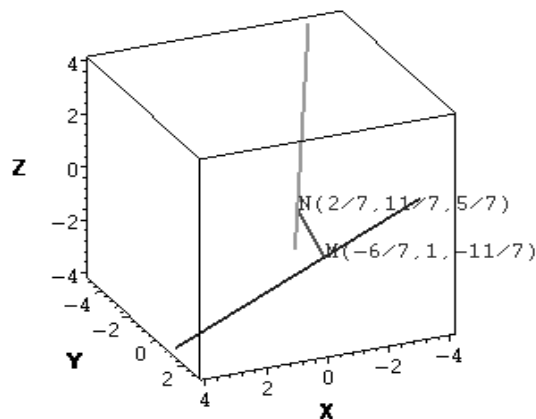
```
>graph3D:=proc(M1,q1,M2,q2,a,b,A,B,c1,c2,c3) local gd1,gd2,
M3,MM3,m3,GM3,q3,gdcr,M4,MM4,m4,GM4,GM5,GM6:
gd1:=graph_d(M1,q1,a,b,c1): gd2:=graph_d(M2,q2,a,b,c2):
M3:=cross_par(M1,q1,M2,q2)[1]: M4:=cross_par(M1,q1,M2,q2)[2]:
MM3:=convert(M3,list): MM4:=convert(M4,list):
m3:=convert(M(op(MM3)),name): m4:=convert(N(op(MM4)),name):
q3:=cross_par(M1,q1,M2,q2)[3]: gdcr:=graph_d(M3,q3,0,1,c3):
GM3:=plots[textplot3d]([op(MM3),m3],align={ABOVE,RIGHT},
color=NAVY,font=[TIMES,ROMAN,8]);
GM4:=plots[textplot3d]([op(MM4),m4],align={ABOVE,RIGHT},
color=NAVY,font=[TIMES,ROMAN,8]); GM5:=plots[textplot3d]
([M1[1]+0.2,M1[2]+0.2,M1[3]+0.2,`A`],align={
ABOVE,LEFT},color=c1,font=[TIMES,ROMAN,10]);
GM6:=plots[textplot3d]([M2[1]+0.2,M2[2]+0.2,M2[3]+0.2,`B`],align={
BELOW,RIGHT},color=c2,font=[TIMES,ROMAN,10]);
```

```
plots[display](gd1, gd2, gdcr, GM3, GM4, GM5, GM6, axes=BOXED, labels
=[X, Y, Z],
title=`Скрещивающиеся прямые a и b; прямая MN - кратчайший
перпендикуляр`): end proc:
```

Результатом применения этой процедуры с параметрами:

$[0, 1, -2], [-2, 0, 1], [-1, -1, 2], [1, 2, -1], -2, 2, \text{blue}, \text{green}, \text{red}$
является приведенный ниже трехмерный графический объект.

**Скрещивающиеся прямые a и b;
прямая MN - кратчайший перпендикуляр**



Созданные таким образом стандартные процедуры Maple удобны тем, что позволяют преподавателю, не знакомому с тонкостями программирования, легко получить результат и необходимую сопутствующую информацию. Это дает ему возможность, во-первых, простыми средствами создать качественный и индивидуальный пакет заданий по данной теме, а во-вторых, оперативно осуществлять контроль над правильностью решения задач студентами и проверять результаты контрольных работ.

Литература

1. Дьяконов В.П. Maple7. Учебный курс. СПб.: Питер, 2002.

ПРОГРАММНЫЕ И ГРАФИЧЕСКИЕ ПРОЦЕДУРЫ ПО ТЕМЕ «ВЕКТОРНАЯ АЛГЕБРА» В СРЕДЕ MAPLE

Ю.Г. ИГНАТЬЕВ, О.А. САЧКОВА

Татарский государственный гуманитарно-педагогический университет
420021, г. Казань, ул. Межлаука, д. 1
e-mail: ignatev@rambler.ru; sachkova.olga@mail.ru

В работе рассматриваются вопросы создания интерактивных электронных методических материалов по курсу векторной алгебры с помо-

щью системы компьютерной математики Maple. Описанные авторские программные процедуры осуществляют графические иллюстрации основных векторных операций, таких как: сложение векторов, умножение вектора на число, векторное и двойное векторное произведения и т.п. В большинстве случаев эти понятия и процедуры включают множество параметров, позволяющих демонстрировать конкретные задачи данного курса. Заметим при этом, что ряд встроенных в библиотеки Maple процедур, используемых при создании авторских процедур, неоднозначно взаимодействуют со средой `proc`. Простейшим примером такого конфликта является создание процедуры на основе `linalg[matadd]`. Поэтому при создании авторских программных процедур рекомендуется проверять их взаимодействие с встроенными в Maple процедурами и при необходимости создавать свои собственные.

В работе приведены примеры применения пользовательских процедур, объединенных в специализированную библиотеку программных процедур по теме «Векторная алгебра». К таким процедурам относятся процедуры графического сложения векторов, отображения трехмерных векторов с проекциями на координатные плоскости, векторного произведения векторов и т.п. Рассмотрим пример создания пользовательской процедуры графического сложения векторов:

```
sv:=proc(x1,x2) local nn,F:
nn:=nops(x1):
F:=[seq(x1[i]+x2[i],i=1..nn)]:F:
end proc:
strelka:=proc(A,a,c) local aa:
aa:=plottools[arrow](vector(A), vector(a), 0.02, 0.1,
0.1, cylindrical_arrow):
plots[display](aa, col-
or=c, scaling=CONSTRAINED, axes=BOXED):end proc:
Sum_vec:=proc(A,a,b) local f,a1,b1,c1,ab:
f:=sv(a,b):
ab:=sv(A,a):
a1:=strelka(A,a,blue):
c1:=strelka(A,f,red):
b1:=strelka(ab,b,green):
plots[display](a1,b1,c1): end proc:
```

где `strelka` – процедура рисования стрелки; `Sum_vec` – процедура сложения двух векторов.

Далее строим графическое представление сложения этих векторов (рис. 1):

```
Sum_vec([1,2,1],[1,1,-1],[2,3,2]);
```

Созданные стандартные процедуры удобны тем, что позволяют студенту легко получать результат и необходимую информацию, а также дают возможность преподавателю создать качественный и индиви-

дуальный пакет по теме векторных операций и осуществлять контроль над правильностью решаемых студентами задач.

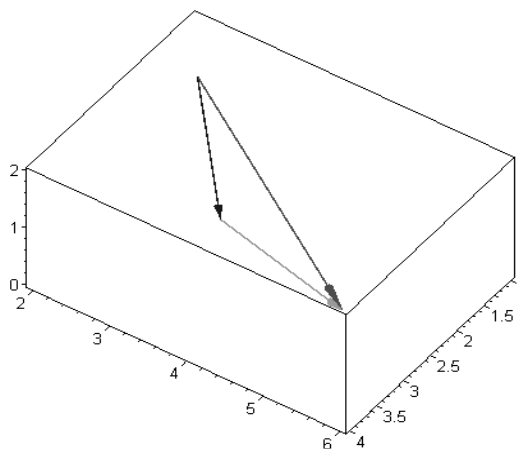


Рис. 1. Сложение векторов

Литература

1. Дьяконов В.П. Maple 9.5/10 в математике, физике и информационных технологиях в математическом образовании. М.: СОЛОН-Пресс, 2006. 720 с.

2. Сачкова О.А. Пользовательские библиотеки графических процедур в СКМ Maple для создания демонстраций по курсу математического анализа для нематематических специальностей // Системы компьютерной математики и их приложения: материалы международной конференции. Смоленск: Изд-во СмолГУ, 2009. С. 76-77.

ОПЫТ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ В СИСТЕМЕ MAPLE¹

М.Н. КИРСАНОВ

Московский энергетический институт (ТУ)
г. Москва, ул. Красноказарменная, д. 13
тел.: (495)-362-73-14, e-mail: mpei2004@yandex.ru

Задачи обработки изображений решаются во многих технических проблемах, связанных с управлением, автоматизацией, сбором и сортировкой информации, в системах безопасности, обороны, космонавтики и робототехники. В системе MATLAB для обработки изображений есть специальные пакеты. Система Maple, более предназначенная для математических расчетов, не рассчитана на такие задачи. Это, конечно, правильно, так как обработка изображений предполагает работу с больши-

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, грант 08-01-00498-а.

ми объемами памяти, быстрым счетом, чего как раз в Maple и не наблюдается. Часто задачи, отлаженные в Maple, приходится переписывать на другие языки, например С, где обработка происходит существенно эффективней. Разработчики знают об этих особенностях, вероятно, именно поэтому для перевода программ на другие языки в Maple [1] предусмотрены специальные операторы (CodeGeneration). Однако за Maple остаются огромные преимущества по стандартным процедурам, визуализации и ясности, четкости и простоте отладки программ. Рассмотрим, например, программу, реализующую алгоритм Собеля выявления контуров на изображении. Эта задача обычно идет совместно с задачей распознавания, которая легче решается на простых контурных изображениях и применяется, в частности, для управления роботами. Основой алгоритма является процедура сбора информации о точках изображения, соседних с текущей, комбинацией этих данных и занесения в матрицу изображения вместо текущей. Изображение просматривается попиксельно. Для простоты рассмотрим черно-белые изображения. Пусть текущая точка имеет цветовую скалярную характеристику a_{ij} . Соседние точки образуют подматрицу

$$A = \begin{bmatrix} a_{i-1,j-1} & a_{i-1,j} & a_{i-1,j+1} \\ a_{i,j-1} & a_{i,j} & a_{i,j+1} \\ a_{i+1,j-1} & a_{i+1,j} & a_{i+1,j+1} \end{bmatrix}.$$

Введем матрицу

$$G = \begin{bmatrix} z & z/2 & z \\ 0 & 0 & 0 \\ -z & -z/2 & -z \end{bmatrix}$$

и свернем ее с матрицей A по правилу $X = \sum_{m=j-1}^{j+1} \sum_{k=i-1}^{i+1} a_{k,m} g_{k-i+2, m-j+2}$. Потре-

буется также транспонированная матрица G^T с элементами g_{mn}^T , из ко-

торой получим другую свертку $Y = \sum_{m=j-1}^{j+1} \sum_{k=i-1}^{i+1} a_{k,m} g_{k-i+2, m-j+2}^T$. Затем остается

на место a_{ij} поставить новое значение, вычисленное по правилу

$a_{ij} = f(X, Y)$. В известном фильтре Собеля предлагается применять

функцию $f = \sqrt{X^2 + Y^2}$ и $z = 2$. Целью настоящей работы были числен-

ные эксперименты с выбором функции f и числа z для улучшения каче-

ства полученных контуров. Использован пакет ImageTools, содержащий

49 встроенных операторов. Оператор Read считывает jpg изображение,

оператор RGBtoGray переводит его в черно-белое, а операторы пакета

LinearAlgebra выполняют все действия с матрицей и подматрицами. Приведем результат (рис. 1).

Первое изображение – исходное, второе получено по классическому фильтру, третье с функцией $f = abs(\max(X, Y))$ и последнее, кажущееся наиболее предпочтительным, с функцией $f = abs(\max(X, Y))^2$. Заметим, что в процессе исследования были опробованы многие функции. Скорость работы при этом почти не менялась, а результаты были весьма различными. Замечено, что изменение параметра z влияет на яркость. Были также опробованы матрицы G большего размера (5×5), элементы которой имеют вид $g_{11} = z$, $g_{12} = 2z$, $g_{13} = 3z$, $g_{2,j} = g_{1,j}/2$, $g_{4,j} = -g_{2,j}$, $g_{5,j} = -g_{1,j}$, $j=1..5$, $g_{k,6-j} = g_{k,j}$, $g_{3,k} = 0$, $k=1..5$.

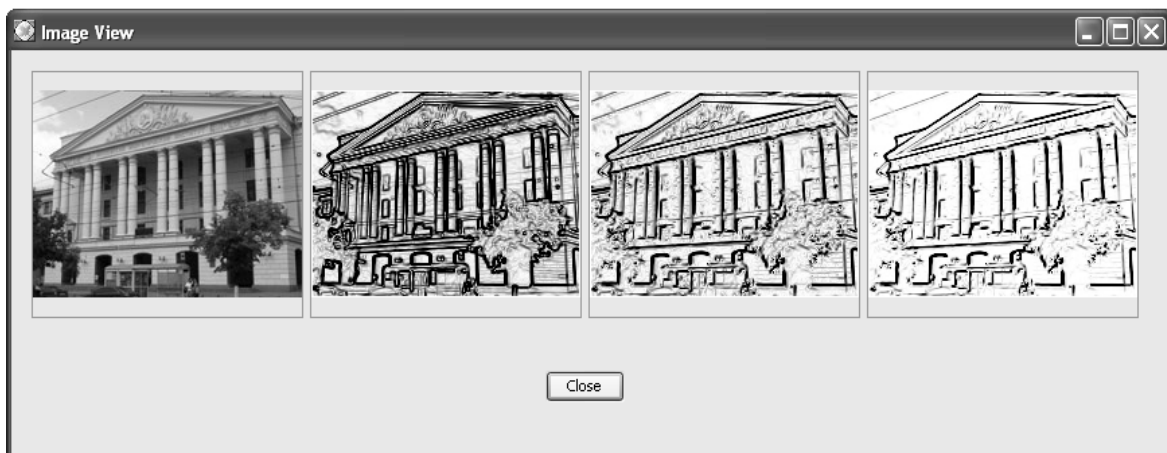


Рис. 1

Литература

1. Дьяконов В.П. Maple 9.5/10 в математике, физике и образовании. М.: Солон, 2006.

НЕКОТОРЫЕ ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ АРХИТЕКТУРЫ СКА НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ СЕМЕЙСТВА АНАЛИТИК

В.П. КЛИМЕНКО*, А.Л. ЛЯХОВ, Д.Н. ГВОЗДИК****

*Институт проблем математических машин и систем НАН Украины
03187 г. Киев-187, пр. Глушкова, 42

тел.: +38-044-526-55-76, e-mail: klimenko@immsp.kiev.ua

**Полтавский национальный технический университет им. Юрия Кондратюка
36011 г. Полтава, Первомайский проспект, 24

тел.: +38-053-256-98-02, e-mail: LAL@pntu.edu.ua; wedevelope@i.ua

Основанное академиком В.М. Глушковым направление теоретических и прикладных исследований по созданию языков семейства АНАЛИТИК продолжает активно развиваться. Коллективом разработ-

чиков, состоящим из сотрудников ИПММС НАН Украины (Киев) и ПолтНТУ имени Ю. Кондратюка (Полтава), ведется комплекс работ по созданию СКА с входным языком семейства АНАЛИТИК нового поколения [1].

На основании анализа современных тенденций развития науки и инженерии, систем компьютерной математики как средств автоматизации этой деятельности, а также опыта решения прикладных задач были сформулированы следующие основные требования к этому языку [2-5].

1. Одной из основных тенденций в современных исследованиях является стремительный рост сложности и объема данных, что ведет к падению эффективности интерактивного решения задач. Язык СКА должен иметь уровень интеллекта, достаточный для программирования автоматического выполнения всех функций решателя, включая интеллектуальные.

2. Основным объектом языка СКА должно быть не отделенное выражение, а множество выражений с отношением зависимости, обусловленным условием задачи.

3. Входной язык должен быть компактным набором базисных средств, достаточно полный для разработки автоматических программ и для проблемной ориентации пользователем ядра и интерфейса СКА.

К настоящему времени в соответствии с этими требованиями разработаны спецификации языка АНАЛИТИК нового поколения [5]. Первоначально при разработке программной реализации (версия АНАЛИТИК-2007) в качестве прототипа была взята реализация языка АНАЛИТИК-93.

Однако в процессе сборки и тестирования сборки оказалось, что такой подход не может обеспечить совокупность системных свойств, в полной мере соответствующих изложенным выше требованиям, а также соответствия современным требованиям стандартизации программных продуктов и, в частности, систем компьютерной математики.

Анализ показал, что качественного изменения требует архитектура системы. В качестве платформы была выбрана .NET 2.0, что естественным образом решает одну из самых серьезных проблем – проблем с распределением памяти и сборкой мусора. Как показали эксперименты, существенного уменьшения производительности системы это не вызывает по сравнению с подходом, используемым СКА Maple, Mathematica, у которых эти функции выполняет ядро. Вопросы кроссплатформенности на данном этапе разработки не являются приоритетными. В будущем эта проблема вполне может быть решена исходя из того, что среда .NET заявлена Microsoft как кроссплатформенная.

Архитектура предыдущих реализаций во многом продиктована парадигмой структурного программирования, которая являлась господствующей при проектировании программных систем и организации труда программистов в конце 90-х годов и к которым, по сути, относится

прототип.

В основу разработки новой архитектуры положен объектно-ориентированный подход. Ядро реализуется как динамически подключаемая библиотека с необходимым набором классов. Эти классы могут быть использованы как интерфейсом, так и любой программой, написанной на .NET. Само ядро СКА реализуется как иерархически упорядоченный набор классов. Это упрощает понимание работы ядра для конечного пользователя и обеспечивает выполнение требования п. 3 (см. выше). Новым при построении архитектуры СКА является и принцип обработки исключительных ситуаций, который заменит аппарат аварийных остановок работы программы. Для повышения производительности системы развит принцип повторного использования кода, написанного на C++ и Assembler и реализующего часто применяемые и трудоемкие методы.

Новый подход к разработке архитектуры влечет за собой определенные изменения спецификаций языка [5]. Однако этот вопрос выходит за рамки данной работы и требует отдельного рассмотрения.

Литература

1. Клименко В.П. Развитие и реализация идей ЭВМ «МИР» // Третья международная научно-техническая конференция «Компьютерная математика в науке, инженерии и образовании» (CMSEE-2009). Киев: Изд-во НАН Украины, 2009. С. 5-11.

2. Клименко В. П., Ляхов А.Л., Фишман Ю.С. Основные тенденции развития языков систем компьютерной алгебры // Математические машины и системы. 2002. № 2. С. 29-64.

3. Клименко В.П., Ляхов А.Л. Прикладная математическая задача как объект компьютерной алгебры // Математические машины и системы. 2003. № 3-4. С. 103-123.

4. Клименко В.П., Ляхов О.Л. Інтелектуалізація розв'язування складних прикладних задач методами комп'ютерної алгебри. К.: Логос, 2009. 293 с.

5. АНАЛИТИК-2000 / Морозов А.А [и др.] // Математические машины и системы. 2001. № 1-2. С. 66-99.

ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМЫ МАТЕМАТИКА ДЛЯ ВЫЧИСЛЕНИЯ СОБСТВЕННЫХ ЧИСЕЛ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ ОПЕРАТОРОВ

Р.Е. КРИСТАЛИНСКИЙ, В.Р. КРИСТАЛИНСКИЙ
Смоленский государственный университет, г. Смоленск

Метод степенных рядов уже давно успешно используется для вычисления собственных чисел линейных дифференциальных операторов.

Так, в работе [1] С.П. Тимошенко применил его для исследования устойчивости плоской формы изгиба двутавровой балки.

Схема применения этого метода была следующей. Находились рекуррентные соотношения между коэффициентами степенного ряда. При помощи этих соотношений строился отрезок ряда. После этого производились необходимые вычисления.

Применение системы Mathematica позволяет существенно упростить этот процесс. Используя эту систему, мы сразу получаем отрезок степенного ряда любой заданной длины. После этого находим алгебраическое уравнение, которому удовлетворяет искомое собственное число, и его приближённое решение.

Рассмотрим следующий пример. Требуется определить критическую нагрузку P при продольном изгибе шарнирно опёртого с обоих концов, вертикально расположенного стержня длины l постоянного сечения при учёте его собственного веса. Как известно (см. [2], с. 409), для этого нужно найти наименьшее собственное значение λ_1 для следующей задачи

$$\left. \begin{aligned} y'''' - \gamma(xy')' &= -\lambda y'', \\ y(0) = y''(0) = y(l) &= y''(l) \end{aligned} \right\}. \quad (1)$$

Тогда, если α – жесткость стержня на изгиб, то критическая нагрузка P находится по формуле

$$P = \alpha \lambda_1. \quad (2)$$

Решение рассматриваемой задачи в системе Mathematica реализуется следующим образом.

Записываем функцию.

```
U=Expand[y''''[x]-γ(y'[x]+x y''[x])+λ y''[x]];
```

Строим отрезок ряда Тэйлора этой функции.

```
U1=Normal[Series[U,{x,0,15}]];
```

Строим отрезок ряда Тейлора решения рассматриваемого дифференциального уравнения

```
T=Table[y(k)[0],{k,4,19}];
```

```
T1=Table[Coefficient[U1,x,k-1]□0,{k,1,16}];
```

```
R=Solve[T1,T];
```

```
y''[0]=0,y'[0]=a;y'''[0]=b;
```

$$y1[x_]=\sum_{k=1}^{19} \frac{y^{(k)}[0]}{k!} x^k$$

```
y1[x_]=y1[x]/.R[[1]];
```

Находим наименьшее собственное число.

```
y12[x_]=y1''[x];
```

```

 $\Delta = \text{Det}[\{\{ \text{Coefficient}[y1[l], a], \text{Coefficient}[y1[l], b] \},$ 
 $\{ \text{Coefficient}[y12[l], a], \text{Coefficient}[y12[l], b] \} \}];$ 
 $\gamma = 1; l = 2.7;$ 
 $\text{Plot}[\Delta, \{\lambda, 1, 13\}]$ 
 $R2 = \text{FindRoot}[\Delta \square 0, \{\lambda, 4\}];$ 
 $\lambda 1 = \lambda . R2[[1]]$ 
2.6170088.

```

Литература

- 1 Тимошенко С.П. Об устойчивости плоской формы изгиба двутавровой балки под влиянием сил, действующих в плоскости её наибольшей жёсткости. С.-Пб., 1906. 132 с.
- 2 Коллатц Л. Задачи на собственные значения. М.: Наука, 1965, 504 с.

ОГРАНИЧЕННОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДОВ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ

В.В. КРУГЛОВ

Смоленский филиал Российского университета кооперации, г. Смоленск
e-mail: vkrugl@sci.smolensk.ru

Доклад посвящен уточнению роли и места методов нечеткой логики [1] при решении конкретных прикладных задач. Можно выделить следующие основные классы таких задач:

- 1) распознавание образов (классификация, диагностика);
- 2) аппроксимация функций, заданных таблично;
- 3) нечеткие вычисления (так называемая нечеткая алгебра и т.п.).

Данные литературных источников (их очень много, и цитирование в данном случае представляется нецелесообразным), а также собственные исследования автора показали следующее.

1. В системах распознавания, основанных на обучении "с учителем" и использовании экспериментальных данных, средства нечеткой логики не имеют никаких преимуществ по сравнению, например, с развитым аппаратом искусственных нейронных сетей [2].

2. Аналогичный вывод справедлив и для задач аппроксимации функций.

3. В задачах, связанных с "нечеткими вычислениями", например, при решении системы уравнения с нечетко (в форме нечетких чисел) заданными коэффициентами, результат вычислений весьма существенно зависит от выбора вида функций принадлежности коэффициентов. В зависимости от такого выбора разница в результатах может быть значи-

тельной. Здесь определенное преимущество имеет интервальный анализ данных [3].

4. Методы нечеткой логики предпочтительней всего использовать в задачах распознавания (классификации) при условии, что построенные с их помощью распознающие системы функционируют на основе совокупности продукционных правил, заданных экспертным путем.

Общий вывод: методы нечеткой логики целесообразней всего применять в системах распознавания (классификации, диагностики), если имеющаяся априорная информация представлена, в основном, в лингвистической форме. Для решения других задач известны более рациональные методы.

Литература

1. Леоненков А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. СПб.: БХВ-Петербург, 2003.
2. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс. М.: Вильямс, 2006.
3. Шарый С.П. Конечномерный интервальный анализ. Новосибирск: Изд-во XYZ, 2007.

ВАРИАНТЫ ИНТЕРФЕЙСА СИСТЕМ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

В.В. КРУГЛОВ

Смоленский филиал Российского университета кооперации, г. Смоленск
e-mail: vvkru@sci.smolensk.ru

Введение. В докладе рассмотрены различные варианты пользовательского интерфейса систем поддержки принятия решений (СППР) и вытекающие из них возможные варианты структур СППР.

Постановка задачи. Предположим, что при проектировании СППР заданными считаются: множество входных информационных признаков X , множество возможных ситуаций S , множество альтернатив действий (решений) A . Необходимо: сформулировать требования к пользовательскому интерфейсу СППР и вытекающие из них возможные конфигурации структуры СППР.

Анализ задачи и предлагаемое решение. Рассмотрим типовые этапы функционирования СППР статического типа [1] в процессе выработки рекомендаций пользователю (лицу, принимающему решение, ЛПР):

- 1) ввод текущих информационных признаков $x^* \in X$, характеризующих ситуацию;
- 2) идентификация (распознавание) ситуации $s(x^*) = s^* \in S$;

3) сопоставление с данной ситуацией наилучшей альтернативы действий $a(s^*) = a^* \in A$ (иногда – нескольких возможных альтернатив);

4) выдача соответствующих рекомендаций (в виде описания альтернативы a^*) ЛПР.

Обратим внимание на разумную сложность СППР, учитывая известный принцип экономности [2], т.е. требование к созданию наиболее простой структуры. Исходя из указанного принципа, а также результатов ставшей уже классической работы [3], согласно которой человек может одновременно удерживать во внимании не более 7 ± 2 признаков, можно сделать вывод, что при проектировании СППР для различных ситуаций достаточно использовать не более 9 информационных входных признаков. Действительно, даже при бинарных 9 признаках возможна идентификация одной из $2^9 = 512$ ситуаций; если же каждый из признаков может принимать хотя бы по 3 значения, то даже при 5 признаках число возможных ситуаций – $3^5 = 243$ и т.д., что намного больше реально предполагаемых ситуаций практически для любой СППР. Итак, вывод первый: число n входных сигналов (признаков) не должно быть более 9.

А сколько же может быть самих ситуаций? Вряд ли целесообразно разрабатывать СППР, в основе которой число различных практических ситуаций $N_s > 50 \div 60$. Но это, кстати, означает, что число признаков $n \leq 4 \div 6$. Укажем далее, что, имея в виду цитированную статью [3], при числе ситуаций в несколько десятков целесообразно отображать их многоурядной иерархической структурой, при этом каждый ряд иерархии должен содержать не более 4-5 ситуаций – простых или элементарных ситуаций и сложных ситуаций или ситуаций-групп. Простая ситуация является конечной вершиной иерархического дерева ситуаций, и с ней сопоставляется набор возможных или наилучших альтернатив. Сложная ситуация порождает 4-5 других ситуаций, среди которых могут быть как элементарные, так и ситуации-группы, и т.д. ситуации на каждом уровне должны сопровождаться оценками их "предпочтительности", определяемыми подсистемой распознавания СППР на основании текущих признаков x^* . Такие же оценки должны присваиваться альтернативам из набора альтернатив, относящихся к каждой элементарной ситуации.

Такое построение СППР предполагает, что ЛПР, исходя из своих предпочтений, опыта, интуиции и т.п., вручную сначала производит переход по дереву ситуаций, пока окончательно не выделит одну из простых ситуаций, затем производит выбор одной из альтернатив, относящихся к данной ситуации. После этого – при необходимости – системой выдается детальное описание требуемых действий ЛПР, реализующих выбранную альтернативу.

Изложенное описание характеризует как варианты пользовательского интерфейса СППР, так и ее структуры. Реализация интерфейса

возможна как электромеханическим путем – с помощью набора клавиш и световых индикаторов, так и чисто программным образом с выдачей информации на дисплей ПК. Вопросы же реализации алгоритмического обеспечения СППР (подсистем распознавания, выбора альтернатив и т.п.) к настоящему времени являются достаточно проработанными [4, 5].

Резюме. Пользовательский интерфейс СППР должен обеспечивать взаимосвязь с ЛПР в интерактивном режиме, позволять ЛПР определенную свободу выбора на каждом этапе функционирования системы, отражать иерархическую структуру ее базы знаний и многозначность альтернатив для каждой возможной ситуации.

Литература

1. Статические и динамические экспертные системы / Э.В. Попов [и др.]. М.: Финансы и статистика, 1996.
2. Бокс Дж., Дженкинс Г. Анализ временных рядов: Прогноз и управление. Вып. 1, 2. М.: Мир, 1974.
3. Miller G.A. The Magic Number Seven plus or Minus Two: Some Limits on Our Capacity for Processing Information // Psychological Review. 1956. № 63. P. 81–97.
4. Люгер Дж.Ф. Искусственный интеллект: стратегии и методы решения сложных проблем. М.: Вильямс, 2003.
5. Черноруцкий И.Г. Методы принятия решений. СПб.: БХВ-Петербург, 2005.

ВОЗМОЖНОСТИ РАЗЛИЧНЫХ ПАКЕТОВ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧИ МЕЖОТРАСЛЕВОГО БАЛАНСА ЛЕОНТЬЕВА

О.А. КУЗНЕЦОВ

Балашовский институт Саратовского государственного университета
Саратовская обл., г. Балашов
e-mail: oakuzn@yandex.ru

Для решения многих задач могут использоваться с одинаковым эффектом различные программные средства компьютерной математики. Однако можно предложить ряд задач, с которыми могут справиться только некоторые из них, и то только при определённых начальных условиях и умении пользоваться этим средством. Рассмотрим модель межотраслевого баланса и возможности реализации её в различных средах. В первую очередь рассмотрим такие пакеты, как *Mathcad* и *MATLAB*.

Кратко сформулируем исходную задачу. Предположим, что исследуемую экономическую систему можно разделить на несколько секторов, производящих определённые товары и услуги, при этом каждая отрасль является чистой, то есть производит только один продукт. Всего

производятся, потребляются и инвестируются n продуктов, то есть экономическая система состоит из n отраслей.

При производстве товаров и услуг в каждом секторе расходуются ресурсы, которые производятся как в других секторах хозяйства, так и в данном секторе. Это означает, что каждый сектор экономики выступает в системе межотраслевых связей одновременно производителем и потребителем. В каждом секторе удельный выпуск и соотношение затрат предполагаются постоянными.

Валовой выпуск каждого сектора распадается на *производственное потребление*, которое определяется через a_{ij} как количество продукции i -го сектора, которое расходуется при производстве одной единицы продукции j -го сектора, и *конечный спрос* y_i , который состоит из конечного потребления, экспорта и инвестиций.

Соотношения баланса, записанные через коэффициенты прямых затрат, имеют вид:

$$x_i = \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j + y_i, \quad i = 1, 2, \dots, n.$$

Конечный спрос y_i можно рассматривать как заданный вне модели, то есть являющийся экзогенной переменной.

Таким образом, модель межотраслевого баланса состоит в определении валового выпуска отраслей на основании известных значений конечного потребления и фиксированных технологических возможностей. Данную систему можно представить в матричном виде: $Ex - Ax = y$, где E – единичная матрица размера $n \times n$. Если существует обратная матрица для $(E - A)$, то данное уравнение можно разрешить относительно x в виде:

$$x = (E - A)^{-1} y. \quad (1)$$

Система межотраслевого баланса является *продуктивной* или *работоспособной*, если $x_i \geq 0$, $i = 1, 2, \dots, n$. Для того чтобы выполнялось данное условие, необходимо чтобы аналогичные условия выполнялись и для матрицы D . Модель Леонтьева продуктивна тогда и только тогда, когда все собственные значения данной матрицы не превосходят значение, равное 1, то есть $0 < \lambda_A < 1$. Можно сформулировать более простое достаточное условие неотрицательности элементов матрицы $(E - A)^{-1}$. Если сумма элементов строки структурной матрицы A не превышает единицы $r_i = \sum_{j=1}^n a_{ij} \leq 1, i = 1, 2, \dots, n$, и хотя бы одна из этих сумм строго меньше единицы $r_i = \sum_{j=1}^n a_{ij} < 1$, то элементы d_{ij} матрицы $(E - A)^{-1}$ неотрица-

тельны, $d_{ij} \geq 0$. Также для любого вектора конечного спроса $y \geq 0$ вектор валового выпуска можно определить по формуле:

$$x = y + Ay + A^2y + \dots \quad (2)$$

Реализация данной модели в среде *Mathcad* может иметь следующий вид, представленный на рисунке 1.

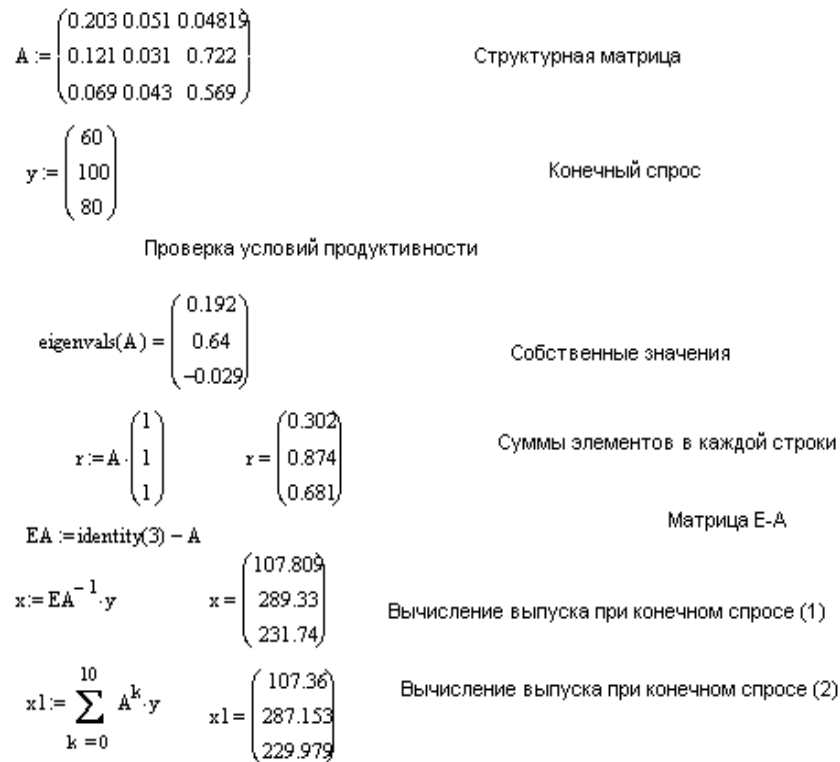


Рис. 1. Реализация модели в среде MATLAB

В данном документе используются стандартные средства *Mathcad*, такие как ввод или обращение матриц, а также вычисления произведений и сумм. Для выполнения всей работы понадобилось только две функции, такие как *eigenvals* – нахождение собственных значений матрицы и *identity* – генерация единичной матрицы. Как видно из данного документа, модель продуктивна, поскольку $r_i < 1$ и вычисление конечного выпуска реализуется достаточно просто как на основании формулы (1), так и на основании (2). Значение валового продукта в данном примере, найденного на основании (2), несколько отлично, что обусловлено наличием 10 элементов суммирования.

Рассмотрим возможности реализации данной модели в среде MATLAB.

```
disp('Межотраслевой баланс ') % Выводим заголовок задачи
A=[0.203 0.051 0.04819
    0.121 0.031 0.722
    0.069 0.043 0.569]; % Структурная матрица
y=[60;100;80]; % Конечный спрос
[n,m]=size(A); % Размерность исходной матрицы A
```

```

disp(' Проверка условий продуктивности')
r=A*ones(n,1) % Сумма элементов в каждой строке
E=zeros(n,n); % Генерация единичной матрицы
for i=1:n E(i,i)=1; end;
EA=E-A;
disp(' Выпуск при конечном спросе ')
x=EA^(-1)*y % Вычисление выпуска на основании формулы (1)
x1=y;
for i=1:10 x1=x1+A^(i)*y; end;
x1 % Вычисление выпуска на основании формулы (2)

```

Относительно используемых в данной программе функций можно сделать несколько незначительных замечаний, а именно: функция `size` возвращает размерность произвольной матрицы. Поскольку имеются две размерности, результатом выполнения данной функции также будут два значения, которые берутся в квадратные скобки. Это правило работает в случае всех многозначных функций. Для генерации матрицы, содержащей единицы и нули, реализованы функции `ones` и `zeros`. Первым аргументом данных функций является количество строк, а вторым – количество столбцов. Хотя при необходимости от них можно легко отказаться, сгенерировав подобные объекты на основании циклов. Функция `disp` выдает сообщение в командной среде. При запуске на исполнение данного М-файла появится следующий отчёт.

```

>> Межотраслевой баланс
Проверка условий продуктивности
r =
    0.3022
    0.8740
    0.6810
Выпуск при конечном спросе
x =
    107.8085
    289.3305
    231.7401
x1 =
    107.3600
    287.1530
    229.9794

```

Как видно из отчёта, при выполнении модели можно заключить, что она является продуктивной. При необходимости можно дописать данную программу проверкой условия продуктивности, а только в этом случае производить вычисления валового продукта.

На данном этапе изучения модели можно заключить, что каждый из этих пакетов может быть использован и явных предпочтений при выборе пакета не наблюдается. При этом можно отметить, что графический интерфейс пакета *Mathcad* делает его более предпочтительным.

Расширим данную модель. До сих пор строили модель межотраслевого баланса в предположении, что все ресурсы являются материальными и при необходимости они могут быть произвольно увеличены. Одна-

ко в данной модели можно учитывать и трудовые ресурсы. Если трудоёмкость единицы j -ой продукции обозначить через l_j , то для обеспечения валового выпуска потребуется $\sum_{j=1}^n x_j \cdot l_j$ трудовых ресурсов. Если трудовые ресурсы L изначально заданы и их нельзя менять, то не любой конечный спрос y можно удовлетворить, а только то значение конечного потребления, для которого хватает трудовых ресурсов, то есть необходимо выполнение условий:

$$(E - A)x = y, \sum_{j=1}^n x_j \cdot l_j \leq L.$$

При заданной технологической матрице A , общей трудоёмкости l и количестве трудовых ресурсов L , а также конечное потребление y можно максимизировать коэффициент пропорции α , такой, что для производства αy конечного продукта уже хватит трудовых ресурсов.

Тогда определение валового продукта можно получить из решения следующей задачи линейного программирования.

$$\begin{aligned} & \max \alpha \\ & (E - A)x \geq \alpha y, \sum_{j=1}^n x_j \cdot l_j \leq L, x \geq 0, \alpha > 0. \end{aligned}$$

Аргументами данной задачи линейного программирования является n -мерный вектор x и коэффициент пропорции α , то есть всего имеется $n+1$ переменная. Данную задачу линейного программирования, а именно ограничения, и целевую функцию распишем относительно переменных в следующем виде:

$$\begin{aligned} & \max(0 \cdot x_1 + \dots + 0 \cdot x_n + 1 \cdot \alpha) \\ & \begin{pmatrix} & & & y_1^0 \\ & -(E - A) & & \vdots \\ & & & y_n^0 \\ l_1 & \dots & l_n & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 \\ \vdots \\ x_n \\ \alpha \end{pmatrix} \leq \begin{pmatrix} 0 \\ \vdots \\ 0 \\ L \end{pmatrix}, \quad \begin{pmatrix} x_1 \\ \vdots \\ x_n \\ \alpha \end{pmatrix} \geq 0. \end{aligned}$$

Решить задачу линейного программирования в *Mathcad* возможно только при использовании вычисляемого блока (*Given*) и функции максимизации (*Maximize*). В общем случае решить данную задачу в этом пакете невозможно.

Рассмотрим возможность решения данной задачи линейного программирования в среде MATLAB. В самом общем случае задача линейного программирования имеет следующий вид:

$$\begin{aligned} & \max \langle c, x \rangle \\ & A1 \cdot x \leq b1, A2 \cdot x = b2, lb < x < ub. \end{aligned}$$

Функция `linprog` обеспечивает решение задачи линейного программирования и имеет следующие аргументы

```
linprog(c,A1,b1,A2,b2,lb,ub, x0,options),
```

где, кроме аргументов, представленных в постановке задачи, необходимо отметить `x0` – начальное приближение и `options` – параметры оптимизации.

Результатом выполнения данной функции, кроме оптимального значения `x`, может служить `fval` – значение целевой функции в точке минимума и некоторая дополнительная информация. Тогда М-файл будет иметь вид:

```
disp('Межотраслевой баланс при наличии трудозатрат ')
A=[0.203 0.051 0.04819
    0.121 0.031 0.722
    0.069 0.043 0.569];           % Структурная матрица
y=[60;100;80];                   % Конечный спрос
[n,m]=size(A);                   % Размерность исходной матрицы A
l=[17;20;15];                    % Трудоёмкость
L=9000;                           % Количество трудовых ресурсов
E=zeros(n,n);                    % Генерация единичной матрицы
for i=1:n E(i,i)=1; end;
c=[zeros(1,n) 1];                % Вектор целевой функции
A1=[-(E-A) y                     % Матрица и вектор ограничения виде
    A1x<b1 l' 0];
b1=[zeros(n,1) L];
lb=zeros(n+1,1);                 % Ограничения виде x>0
disp(' Выпуск при пропорциональном конечном спросе ')
x=linprog(c, [], [], A1,b1,lb);
x                                 % Вычисление выпуска
```

При запуске получаем следующий отчет:

```
>> Межотраслевой баланс при наличии трудозатрат
    Выпуск при пропорциональном конечном спросе
Optimization terminated successfully.
x =
    87.4481
   234.6883
   187.9744
    0.8111
```

Интерпретировать полученный результат можно следующим образом: валовой выпуск будет определяться из трех первых значений в решении, а коэффициент пропорциональности $\alpha = 0,8111$, то есть при данных трудозатратах можно реализовать только 81% конечного потребления.

Из рассмотрения данной модели очевидно, что, хотя *Mathcad* и имеет более простой в изучении интерфейс, он не позволяет решать более сложные задачи, решить которые можно в MATLAB.

ВИЗУАЛЬНЫЕ МОДЕЛИ ВЕКТОРНЫХ ПРОСТРАНСТВ И ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

С.П. КУРИЛИН*, В.Н. ДЕНИСОВ**

* Смоленский филиал Российского университета кооперации, г. Смоленск
тел.: (4812) 65-84-49, e-mail: sergkurilin@googlemail.com

** Филиал ГОУ ВПО МЭИ (ТУ), г. Смоленск
тел.: (4812) 39-11-37, e-mail: dvalnik@mail.ru

Энергосбережение в сфере производства, распределения и использования электрической энергии идёт по пути совершенствования электротехнических материалов, конструкций и технологий производства изделий. Потери энергии, соответствующие достигнутому уровню электротехнической культуры, следует признать максимально допустимыми и необходимыми для выполнения работы, совершаемой с помощью электрической энергии. Существует и другой аспект проблемы энергосбережения. Электротехнические объекты – многофазные электрические цепи, трансформаторы, генераторы, электродвигатели – зачастую неэффективно используются. В этих случаях потоки энергии, предназначенные для потребления и совершения работы, превращаются в пассивный энергетический обмен между элементами структуры объекта и источника питания. Соответствующие обмену потери энергии избыточны, так как не связаны с полезной работой. Структура энергетических потоков электротехнических объектов, возможности исключения или минимизации энергетических обменов представляются в докладе математически и визуальными моделями.

Энергетический обмен является физической реализацией структурных особенностей объекта. Многофазные электротехнические объекты принадлежат к классу линейных операторов простой структуры, осуществляющих преобразование координат $\bar{u} = Z\bar{i}$ в m -мерном векторном пространстве токов \bar{i} . Матрицей линейного оператора служит параметрическая матрица объекта Z . Выражение для мощности оператора

$$p = (\bar{i}, Z\bar{i}) = p(\bar{i})$$

представляет поле мощности объекта как скалярное поле векторного аргумента. О конфигурации этого поля дает представление запись квадратичной формы p в базисе собственных векторов матрицы Z . Здесь она приобретает канонический вид

$$p = (\tilde{i}, \tilde{Z}\tilde{i}) = \sum_{k=1}^m \lambda_k \tilde{i}_k^2,$$

свидетельствующий о том, что поле мощности симметрично относительно главных осей матрицы. Поверхностями уровня поля $p = const$ в пространстве токов являются m -мерные эллипсоиды с полуосями

$\sqrt{p/\lambda_k}$. Чем больше величина полуоси, тем меньший вклад вносит компонента тока \tilde{i}_k в мощность объекта p . В объектах, в состав которых входят подсистемы с вырожденной параметрической матрицей (симметричные электрические машины и трансформаторы), мощность токов, принадлежащих подпространствам с $\lambda_k = 0$, равна нулю. В полной параметрической матрице объекта мощность таких токов равна мощности избыточных потерь энергии. Для токовых подпространств с собственным числом $\lambda_k \approx 0$ она также невелика и, в основном, связана с энергетическими обменами и избыточными потерями энергии.

Приведенные факты свидетельствуют о том, что энергетическая эффективность токов в различных подпространствах различна. В связи с этим выделяются два подмножества токов векторного пространства. Подмножество \bar{i}_d ориентировано по градиенту поля мощности, ортогонально поверхностям уровня $p = const$. С токами, принадлежащими \bar{i}_d , связано потребление энергии и, за вычетом минимально необходимых потерь, полезная работа объекта. Подмножество \bar{i}_q ориентировано по касательным к поверхностям уровня. С токами, принадлежащими \bar{i}_q , связаны энергетические обмены и избыточные потери энергии.

Далее в докладе приводятся визуальные изображения (топологические модели) векторных пространств и поверхностей уровня $p = const$ для симметричных и несимметричных объектов, а также для объектов, элементам структуры которых соответствует вырожденная параметрическая матрица. Выделяются подпространства с низкой и высокой эффективностью преобразования энергии.

Рациональное питание объекта предполагает реализацию его мощности за счет токов подмножества \bar{i}_d настолько, насколько это физически возможно, технически и экономически целесообразно. На визуальных моделях оцениваются возможности реализации этого принципа для электротехнического оборудования.

Положения, выводы и результаты работы могут оказаться полезными для научного обоснования и практической реализации энергосбережения в таких областях практической электротехники, в которых имеет место существенная параметрическая неоднородность объекта или группы объектов. Это касается электротранспорта, электрооборудования сельского хозяйства, осветительных электрических сетей, производств с неполнофазным, однофазным и групповым включением электрооборудования.

Литература

1. Дьяконов В.П. Maple 9.5/10 в математике, физике и образовании. М: СОЛОН-Пресс, 2006.

2. Курилин С.П., Денисов В.Н., Круглов В.В. Матричная теория электрических машин. М: Российский университет кооперации, 2008.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПАКЕТОВ SPSS И EXCEL В ЗАДАЧАХ ОБОСНОВАНИЯ МАРКЕТИНГОВЫХ РЕШЕНИЙ

М.Ю. ЛЕБЕДЕВА, Е.А. УХНАЛЕВА
Филиал ГОУ ВПО МЭИ (ТУ), г. Смоленск
e-mail: marilieb@yandex.ru

В работе проводится анализ совокупности динамических показателей, влияющих на объект маркетингового исследования. Возможности применения адаптивной регрессии иллюстрируются на примере организации, предоставляющей сервисные услуги телефонной связи, а также осуществляющей продажу телефонных аппаратов [1]. Изучалось влияние основных факторов (общего числа абонентов – x_1 , выручки за мобильный трафик – x_2 , затрат на поддержание и обновление программного обеспечения – x_3) и их динамики на изменение прибыли организации P .

Алгоритм метода состоит из следующих этапов.

1. Ранжирование влияющих факторов.

Для определения степени влияния факторов на значение моделируемого показателя строится матрица парных коэффициентов корреляции. Далее определяются частные коэффициенты множественной корреляции r_{iP} , которые оценивают влияние i -го фактора на моделируемый показатель P при условии, что влияние других факторов на моделируемый показатель исключено.

По приведенным выше данным были найдены следующие значения частных коэффициентов множественной корреляции: $r_{1P} = 0.45$, $r_{2P} = 0.74$, $r_{3P} = -0.50$.

2. Построение мультипликативной модели.

На этом этапе для моделируемого показателя строится уравнение регрессии в виде мультипликативной функции:

$$P(t) = P_{\text{среднее}} \cdot \prod_{i=1}^m f_i(a_{0i}, a_{1i}, \dots, a_{ki}, x_i(t)).$$

Для этой цели используется метод Брандона и разработанная программа [2]. В результате уравнение для расчета прибыли организации имеет вид:

$$P(t) = P_{\text{среднее}} \cdot \prod_{i=1}^m (a_{0i} + a_{1i} \cdot x_i(t) + a_{2i} \cdot x_i^2(t)),$$

где $P_{\text{среднее}} = 26674.23$.

Результаты расчета коэффициентов регрессии представлены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты расчета коэффициентов регрессии

Номер функции	a_0	a_1	a_2
1	0.032	$5 \cdot 10^{-5}$	$-2.4 \cdot 10^{-11}$
2	1.034	$-8 \cdot 10^{-6}$	$3.54 \cdot 10^{-10}$
3	0.980	$1.1 \cdot 10^{-6}$	$-1.1 \cdot 10^{-11}$

Полученное уравнение может быть использовано для прогнозирования прибыли организации при изменении значений факторов.

3. Прогнозирование моделируемого показателя и влияющих на него факторов.

3.1. Аппроксимация значений моделируемого показателя и значений факторов функциями от времени.

Аппроксимация выполнена в программе электронных таблиц Microsoft Excel. В качестве аппроксимирующих функций $g(t)$ для моделируемого показателя и значений факторов x_1 и x_2 был выбран полином 6 степени в виде:

$$g(t) = a \cdot t^6 + a \cdot t^5 + a_4 \cdot t^4 + a_3 \cdot t^3 + a_2 \cdot t^2 + a_1 \cdot t + a_0,$$

а для значений фактора x_3 – полином 4 степени:

$$g(t) = a_4 \cdot t^4 + a_3 \cdot t^3 + a_2 \cdot t^2 + a_1 \cdot t + a_0.$$

Значения коэффициентов аппроксимации и коэффициенты детерминации приведены в таблице 2.

Таблица 2

Результаты аппроксимации

Фактор	Коэффициенты аппроксимации							Коэффициент детерминации
	a_0	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	
P	21025	-15151	7056,3	-1321,2	114,4	-4,524	0,066	0,97
x_1	31160	-20037	8852,7	-1594,1	134,07	-5,178	0,075	0,98
x_2	17048	-13510	5974,6	-1088,6	92,919	-3,651	0,054	0,98
x_3	1540,5	1429,5	-257,72	19,986	-0,438	-	-	0,99

Прогнозные значения моделируемого показателя и влияющих на него факторов приведены в таблице 3.

Таблица 3

Прогнозные значения

Квартал	Прибыль, тыс. руб.	Число абонентов, чел.	Выручка за мобильный трафик, тыс. руб.	Затраты на поддержание и обновление программного обеспечения, руб.
23	56959	74971	49125	18684

3.2. Вычисление значений производных (в том числе с использованием символьных вычислений в системах компьютерной математики).

3.3. Приведение факторов и их производных к безразмерному виду.

Значения факторов и их производные приводятся к диапазону [0,1] по следующей формуле:

$$X_k = \frac{x_k - \inf(x_k)}{\sup(x_k) - \inf(x_k)},$$

где $k = 1, 2, \dots, 2m$.

В качестве нижней и верхней границ по переменным принят 10% интервал.

Далее с использованием универсального статистического пакета SPSS были вычислены частные коэффициенты множественной корреляции при совместном влиянии статики и динамики $r_{1P} = 0.55$, $r_{2P} = 0.58$, $r_{3P} = -0.56$, $r_{4P} = 0.02$, $r_{5P} = 0.02$, $r_{6P} = -0.19$, а также частные коэффициенты множественной корреляции с учетом динамики $r_1 = 0.86$, $r_2 = -0.89$, $r_3 = 0.03$.

Прокомментируем полученные результаты.

Частные коэффициенты множественной корреляции (п. 1) показывают, что первые два фактора оказывают положительное влияние на рост прибыли, а третий – отрицательное. При этом самое сильное влияние на прибыль оказывает величина выручки за мобильный трафик, вторым по степени влияния следует первый фактор «затраты на поддержание и обновление программного обеспечения», третьим – «общее число абонентов».

Исследование влияния факторов на прибыль при совместном влиянии динамики и статики показывает несколько другие результаты. Степень влияния факторов на прибыль организации и направление влияния не изменяется, а изменяются величины частных коэффициентов множественной корреляции. Динамика факторов оказывает незначительное влияние на прибыль организации.

Полученные результаты показали, что характер воздействия динамической составляющей для второго и третьего фактора противоположен действию факторов, а для первого фактора – совпадает.

Таким образом, на основании представленного выше анализа можно сделать вывод о том, что для принятия маркетинговых решений необходимо учитывать влияние на моделируемый показатель не только значений факторов, но и их изменение во времени.

Обработка маркетинговой информации при помощи нелинейного регрессионного и корреляционного анализов дает возможность адекватно оценить влияние динамических показателей на объект маркетингового исследования. Реализация рассмотренного метода математического моделирования с помощью информационных технологий расширяет круг задач, решаемых в практическом маркетинге, и позволяет осуществлять перспективный анализ.

Литература

1. Давнис В.В., Тинякова В.И. Современные методы анализа и прогнозирования в задачах обоснования маркетинговых решений // Маркетинг в России и за рубежом. 2006. № 2.
2. Холоднов В.А., Лебедева М.Ю. Программа для построения статистических моделей методом Брандона. № ОФАП-4397 от 05.03.05, № госрегистрации – 50200500248 от 10.03.05.
3. Лебедева М.Ю. Использование методов моделирования и оптимизации в задачах обоснования маркетинговых решений // Маркетинг в России и за рубежом. 2007. № 3. С. 13-19.

О ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НОВОЙ ВЕРСИИ СКА АНАЛИТИК ПРИ РАЗРАБОТКЕ ОБУЧАЮЩИХ ПРОГРАММ

А.Л. ЛЯХОВ, С.А. ЗАХАРОВ

Полтавский национальный технический университет им. Юрия Кондратюка
36011 Украина, г. Полтава, Первомайский пр-т, 24
тел.: +3 0532 569802, e-mail: LAL@pntu.edu.ua; zah_se@mail.ru

Качество и интенсивность работы преподавателей и студентов на практических занятиях могут быть существенно повышены с помощью обучающих программ. Вместе с тем программные средства мало используются в учебном процессе.

Причины установлены достаточно давно [1]. Обучающие программы навязывают в процессе обучения преподавателю и ученику отношения, схема которых не соответствует естественным отношениям.

В работе [2] сформулирован принцип наследования, в соответствии с которым спецификации обучающих программ должны быть направлены не на замену преподавателя программой, а на автоматизацию и усиление его функций и функций студента, сохраняя при этом структуру естественных отношений между ними.

Один из аспектов этой проблемы состоит в том, что обучающая программа должна поддерживать любые действия обучаемого в пределах предметной области. Он действует неточно очерченными средствами и может создавать при этом объекты с неизвестной наперед синтаксической формой и свойствами. Или же обучаемый может применять процедуры, которые являются не правильными, или же правильными по сути, но отражающими его собственные представления о способе решения. Программа должна отличать правильные формы и действия от неправильных.

Формализация такой проблемной ситуации полностью соответствует определению понятия «сложная задача» [3].

В работе [4] доказано, что описание процесса решения сложных за-

дач программой возможно лишь языками на основе аналитической, а не порождающей грамматики.

В настоящее время подобными средствами обладают входные языки СКА [5]. Однако полнотой базисных средств, достаточной для создания аппарата распознавания и преобразования при решении сложных задач, обладает лишь язык АНАЛИТИК [5,6]. Представляется целесообразным использовать этот язык при разработке среды, в которой будут разрабатываться сценарии занятий и проходить процесс обучения.

Согласно принципу наследования [2] язык программной среды не должен выводить преподавателя из привычной проблемной области и заставлять его подстраивать свои методики под программную систему. Программная заготовка (сценарий) для занятия должна осуществляться преподавателем, непрофессионалом в программировании в процессе планирования и подготовки занятия. Таким образом, среда должна быть оснащена макроязыком, семантика и прагматика которого соответствует языку, естественному при описании методик обучения.

Язык АНАЛИТИК обладает средством – «именованная процедура» – для решения семантически завершенных фрагментов задач. Этот аппарат позволяет естественным образом объединять несколько процедур в группу совместного применения, которой присваивается уникальное имя, что в целом соответствует определению макроса.

Обобщенность синтаксических форм АНАЛИТИКА дает возможность описывать сценарий в терминах макроязыка, придавая терминам необходимые мнемонические имена, чем и будет обеспечено выполнение одного из требований принципа наследования.

АНАЛИТИК разрабатывается как язык для интеллектуализации программного обеспечения решения сложных задач. Пользователю предоставляется достаточно полный набор базисных средств, который не предназначен для разработки обучающей среды в целом. Графические средства АНАЛИТИКА, например, ограничены графикой примитивов, что не позволит продуктивно подходить к разработке GUI с нужным функционалом, и др.

Таким образом, общая архитектура обучающей среды, как программной системы, представляется в виде ядра АНАЛИТИКА, решающего вопросы связанные со сложностью задачи обучения, базу данных и программы-монитора. Программа-монитор поставляет пользователю макроязык, графические возможности и интерфейс пользователя, а также координирует работу всех подсистем при разработке или реализации сценариев занятий.

Литература

1. Нокс Дж. Что могут дать компьютеры педагогике: Взгляд из американской школы // Информатика и образование. 1990. № 1. С. 107-112.

2. Ляхов А.Л., Захаров С.А. Принципы разработки спецификаций компьютерных обучающих систем // Радиоэлектронные и компьютерные системы. 2009. № 7. С. 200-206.

3. Ляхов А.Л. Некоторые современные проблемы применения численно-аналитических методов // Математические машины и системы. 2003. № 2. С. 54-65.

4. Клименко В.П., Ляхов А.Л. Прикладная математическая задача как объект компьютерной алгебры // Математические машины и системы. 2003. № 3-4. С. 103-123.

5. Клименко В.П., Ляхов А.Л., Фишман Ю.С. Основные тенденции развития языков систем компьютерной алгебры // Математические машины и системы. 2002. № 2. С. 29-64.

6. АНАЛИТИК-2000 / Морозов А.А. [и др.] // Математические машины и системы. 2001. № 1-2. С. 66-99.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КОСМОЛОГИЧЕСКОЙ ЭВОЛЮЦИИ ВЫРОЖДЕННОЙ ФЕРМИ-СИСТЕМЫ СО СКАЛЯРНЫМ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕМ В СИСТЕМЕ КОМПЬЮТЕРНОЙ МАТЕМАТИКИ

Р.Ф. МИФТАХОВ

Татарский государственный гуманитарно-педагогический университет
420021, г. Казань, ул. Межлаука, д. 1
e-mail: rustor@bk.ru

В данной работе рассматривается космологическая ситуация, когда материя представлена двухкомпонентной самосогласованной системой, состоящей из массивного скалярного поля и частиц, имеющих скалярный заряд, с помощью которого статистическая система может управлять фундаментальным скалярным полем. В этом случае самосогласованная система уравнений Эйнштейна и Клейна-Гордона со скалярным источником в метрике принимает вид (см., например, [2]):

$$ds^2 = dt^2 - a^2(t)(dx^2 + dy^2 + dz^2),$$
$$3\frac{\dot{a}^2}{a^2} = 8\pi\varepsilon; \quad 3\frac{\dot{a}}{a} = -\frac{\dot{\varepsilon}}{\varepsilon + P}.$$

В работе [2] показано, что в этом случае плотность энергии и давление Ферми-системы представимо в элементарных функциях:

$$\mathcal{E}_f = \frac{m_*^4}{8\pi^2} \left[\psi \sqrt{1 + \psi^2} (1 + 2\psi^2) - \ln(\psi + \sqrt{1 + \psi^2}) \right],$$

$$P_f = \frac{m_*^4}{24\pi^2} \left[\psi \sqrt{1 + \psi^2} (2\psi^2 - 3) + 3 \ln(\psi + \sqrt{1 + \psi^2}) \right].$$

Тензор энергии-импульса скалярного поля имеет вид тензора энергии импульса идеальной жидкости с макроскопическими величинами:

$$\mathcal{E}_s = \frac{1}{8\pi} (\dot{\Phi}^2 + \mu_s^2 \Phi^2); \quad P_s = \frac{1}{8\pi} \left(\frac{1}{3} \dot{\Phi}^2 - \mu_s^2 \Phi^2 \right).$$

В результате численного интегрирования найдено отношение давления к плотности энергии (соотношение баротропы) для системы частиц со скалярным взаимодействием:

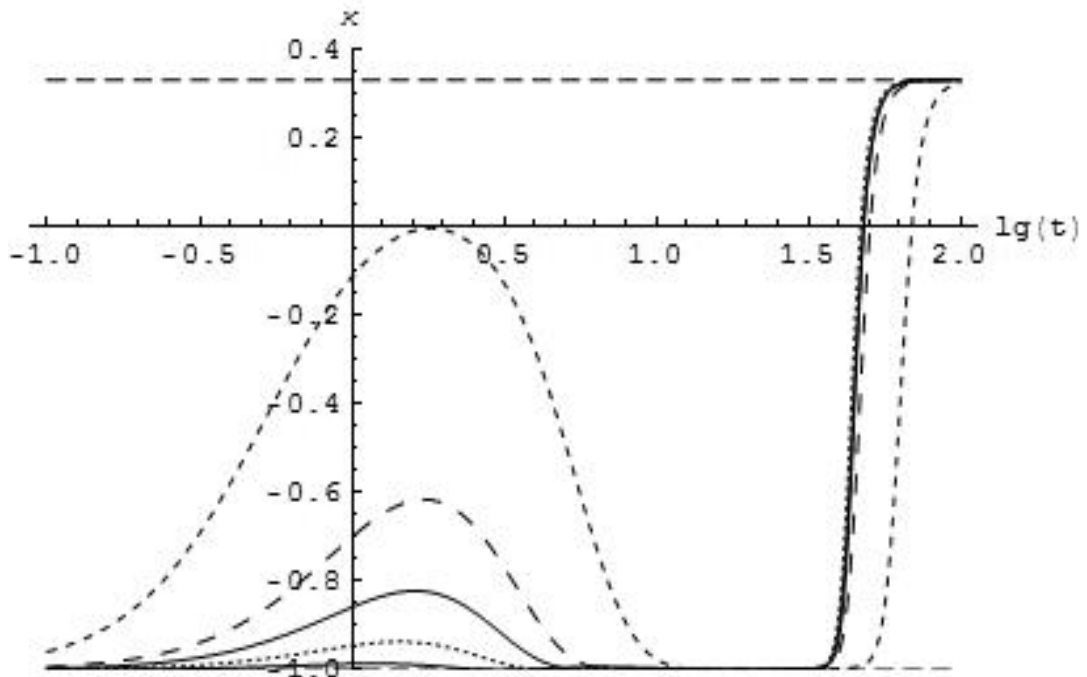
$$\kappa(t) = \frac{1}{3} - \frac{m_*^4 \left[4\psi \sqrt{1 + \psi^2} - 3 \ln(\psi + \sqrt{1 + \psi^2}) \right] + 4\pi \mu^2 \Phi^2}{24\pi^2 (\mathcal{E}_s + \mathcal{E}_f)} \leq \frac{1}{3}.$$

Так же было найдено космологическое ускорение из соотношения:

$$w := -1/2(1 + 3\kappa(t)) .$$

В системы компьютерной математики Mathematica были разработаны пользовательские процедуры для исследования численных решений полученных уравнений Эйнштейна-Клейна-Гордона.

Использование средств компьютерной математики позволило изучить влияние различных параметров на поведение полученной математической модели. Ниже приведен один из результатов численного решения, эволюция коэффициента баротропы при различных значениях массы скалярного поля μ :



Литература

1. Игнатьев Ю.Г. Релятивистские кинетические уравнения для неупруго взаимодействующих частиц в гравитационном поле // Известия ВУЗов. Физика. Казань. 1983. Т. 24. №. 8. С. 15
2. Ignat'ev Yu.G., Miftakhov R.F. Statistical systems of particles with scalar interaction in cosmology // Gravitation & Cosmology. M. 2006. V. 12. №.4. С. 185
3. Wolfram St. The Mathematica 5. Champaign, USA: Wolfram Media, Inc., 2003.

ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИСТЕМ КОМПЬЮТЕРНОЙ МАТЕМАТИКИ ПРИ ИЗУЧЕНИИ МАТЕМАТИЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИН

А.П. НЫРКОВ, М.Ю. ЯСТРЕБОВ

Санкт-Петербургский государственный университет водных коммуникаций
198035, г. Санкт-Петербург, ул. Двинская, д. 5/7
тел.: (812) 3343814; e-mail: NyrkowAP@spbuwc.ru; kaf.koib@mail.ru

В настоящее время любой выпускник как технического, так и гуманитарного вуза обязан владеть информационными технологиями. Дисциплина «Информатика» обычно изучается в первом семестре. В качестве одного из разделов этой или аналогичной дисциплины полезно включать изучение и практическое использование одного из математических пакетов: MATLAB, Mathcad, Mathematica, Maple.

Чрезвычайная простота интерфейса пакета Maple, огромное количество дополнительных программных библиотек сделали его одним из самых популярных в студенческой среде. Этот программный комплекс предоставляет пользователю разнообразнейший набор инструментов для реализации аналитических, численных и графических методов решения математических задач.

Так, в курсе аналитической геометрии на плоскости с помощью уравнений изучаются геометрические объекты: прямая, окружность, эллипс, парабола и гипербола. Для выполнения построений используется пакет *geometry*. В нем можно определять точки, линии, отрезки, треугольники и прочие геометрические объекты. При этом для каждого объекта существуют как общие для всех, так и свои команды, позволяющие вычислять различные характеристики этих объектов, например, уравнение объекта или расстояние между ними. Естественно, что все эти объекты могут быть представлены графически, как по отдельности, так и в совокупности.

Объекты аналитической геометрии в пространстве реализуются пакетом *geom3d*. Его команды и возможности во многом аналогичны ко-

мандам пакета *geometry*, хотя есть и присущие лишь этому пакету команды. Имеется возможность графического представления пространственных объектов после того, как определены их характеристики. Изображение можно вращать и рассматривать совместное расположение с различных точек пространства.

Для изучения линейной алгебры используется один из пакетов: *linalg* или *LinearAlgebra*. С помощью функций этих пакетов можно решать практически все задачи стандартного курса: операции с матрицами, нахождение определителей, решение систем линейных уравнений матричным способом и методом Крамера.

Для решения основных задач дифференциального и интегрального исчисления, начиная с вычисления пределов и заканчивая нахождением интегралов, полезно использование пакета *student*. Средствами этого пакета можно проводить полное исследование функции: область определения, четность–нечетность, периодичность, точки разрыва и пересечения с осями координат, промежутки знакопостоянства, монотонность, экстремумы, выпуклость–вогнутость и точки перегиба, асимптоты; в заключение строится график функции, отражающий ее свойства.

Для решения дифференциальных уравнений в Maple включен специальный пакет *DEtools*. С его помощью можно находить как общие, так и частные решения. В случае невозможности получения решения в аналитическом виде его можно построить в приближенной форме в виде степенного ряда Тейлора или Маклорена. В набор основных команд Maple входят команды разложения в степенные ряды.

Хотя в нем нет специальных команд для разложения функций в ряды Фурье, есть возможность, зная, как находятся их коэффициенты, построить соответствующую процедуру имеющимися средствами.

Теория вероятностей и математическая статистика, начиная с ранних версий Maple, поддерживается скромным пакетом *stats*. Последние версии включают в себя более обширный набор команд пакета *Statistics*. Для решения задач теории вероятностей применяются команды комбинаторного пакета *combinat*, позволяющие вычислять количество размещений, перестановок, сочетаний.

Команды пакета *Statistics* позволяют генерировать случайные величины с различными законами распределения вероятностей, по имеющимся выборкам можно строить гистограммы, находить оценки числовых характеристик, осуществлять корреляционный и регрессионный анализ.

Кроме встроенных пакетов к Maple можно подключать специализированные пакеты, разработанные сторонними организациями.

Maple имеет прекрасный язык программирования, с помощью которого можно создавать отсутствующие в нем, но необходимые процедуры.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПЬЮТЕРНОЙ АЛГЕБРЫ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ ПРОЧНОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

А.Н. ПАВЛИКОВ, О.В. БОЙКО, С.С. ЖАРЫЙ

Полтавский национальный технический университет им. Юрия Кондратюка
36011 Украина, просп. Первомайский, 24, г. Полтава
тел. (05322) 2-99-30; e-mail: v62@pntu.edu.ua

Как правило, во многих случаях задачи по определению несущей способности железобетонных элементов (ЖБЭ), испытывающих сложное деформирование, решаются на практике численными методами. При этом из-за необходимости выполнения значительных объемов вычислений большую часть задач в конечном счете проектировщики вынуждены приводить к характерным случаям в зависимости от формы сжатой зоны поперечного сечения, то есть задачи упрощают. С целью усовершенствования расчетов прочности балочных элементов, используя численно-аналитические методы ЭВМ, решение задачи по определению несущей способности M_u в нормальной к нейтральной линии плоскости получено в виде единой зависимости

$$M_u = R_s A_s \left(H_0 - \frac{\omega_i - \varphi_i}{\omega_i^2} \cdot \frac{2 \cos \theta}{2 - \gamma_i} \cdot \frac{A_s R_s}{R_b b} \right), \quad (1)$$

в которой R_s, A_s – соответственно расчетное сопротивление арматуры и ее площадь; H_0, b – соответственно рабочая высота сечения и его ширина; R_b – призменная прочность бетона на сжатие; θ – угол наклона нейтральной линии к горизонтальной оси сечения; $\omega_i, \varphi_i, \gamma_i$ – параметры, которые соответственно характеризуют полноту эпюры напряжений в бетоне сжатой зоны, относительное значение координаты приложения равнодействующей напряжений R_b , форму сжатой зоны с высотой X .

Параметр γ_i , как показали исследования, может изменяться в диапазоне значений $1 \dots 0$. При этом, если $\gamma_i = 0$ ($\theta = 0$), то форма сжатой зоны – прямоугольник, и расчет по формуле (1) будет соответствовать плоскому изгибу, при $\gamma_i = 1$ ($\theta = \arcsin(X/b)$) форма сжатой зоны – треугольник, и расчет по формуле (1) становится справедливым для любого изгиба со сжатой зоной в виде треугольника.

Параметры $\omega_i, \varphi_i, \gamma_i$ имеют функциональную зависимость от уровня η_{mi} фибровых деформаций бетона (в составе железобетонного элемента) сжатой зоны и его коэффициента упругопластических свойств K : $\omega_i = f_1(\eta_{mi}, K_j)$; $\varphi_i = f_2(\eta_{mi}, K_j)$; $\gamma_i = f_3(\eta_{mi}, K_j)$. В момент достижения

балочным элементом предельного состояния уровень фибровых деформаций η_{mi} достигает предельного η_u , значение которого можно найти из построенной в [1] при помощи методов компьютерной алгебры диаграммы (рис. 1).

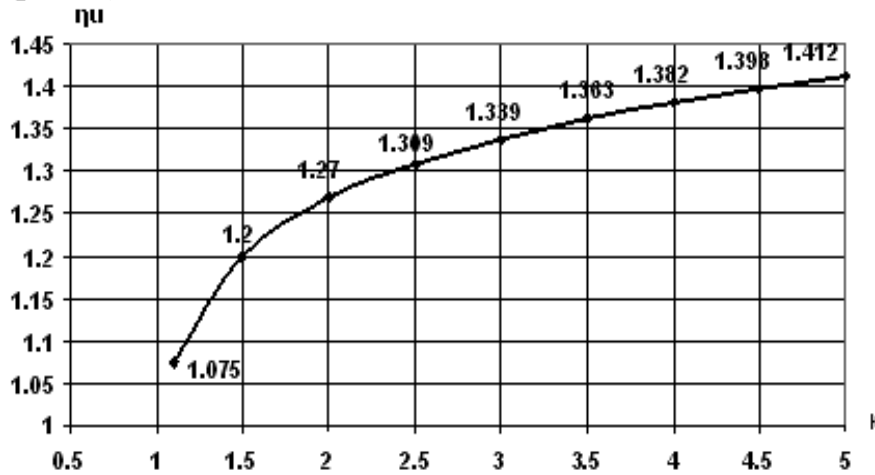


Рис. 1. График уровня предельных фибровых деформаций бетона сжатой зоны ЖБЭ в зависимости от параметра K

Поскольку в полученной зависимости (1) параметры ω_i , φ_i , γ_i могут достигать предельных значений при $\eta_{mi} = \eta_u$, то для удобства их использования в расчетах искомые параметры, например для ЖБЭ с прямоугольным поперечным сечением, сведены в таблицу в зависимости от значений K и значений η_u (табл. 1).

Таблица 1

Значения параметров ω_i , φ_i , γ_i в зависимости от значений K и η_u

	K								
	1,18	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
η_u	1,075	1,200	1,268	1,309	1,339	1,363	1,382	1,398	1,412
ω	0,587	0,673	0,732	0,768	0,792	0,811	0,825	0,838	0,566
φ	0,383	0,421	0,443	0,455	0,462	0,467	0,471	0,474	0,476
φ/ω	0,652	0,625	0,605	0,592	0,586	0,576	0,574	0,566	0,561

Таким образом, при помощи методов компьютерной алгебры удалось обобщить расчетные формулы для разных форм сжатой зоны бетона и вывести единую зависимость, которая справедлива как при плоском изгибе, так и в случае косоугольного деформирования. Полученный график уровня предельных фибровых деформаций бетона (рис. 1) и таблица расчетных коэффициентов (табл. 1) дают возможность проводить дальнейшие расчеты прочности балочных ЖБЭ без использования численных методов.

Литература

1. Павліков А.М., Ляхов О.Л. Методи комп'ютерної алгебри в задачах міцності залізобетонних елементів // Матеріали Всесоюзної науково-технічної конференції „Комп'ютерна математика в науці, інженерії та освіті (GMSEE-2007)“. Полтава, 2007. С. 23.

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ ОДНОТАКТНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ НАПРЯЖЕНИЯ В ПРОГРАММЕ MICROCAP 9

А.А. ПЕНЬКОВ, Е.А. ПЕТРУШИНА

Филиал ГОУ ВПО МЭИ (ТУ), г. Смоленск

e-mail: katerina296@mail.ru

Для моделирования и исследования электронных схем используются специализированные приложения компьютерной математики, которые представляют собой целые системы автоматизированного проектирования. Одной из таких сред является программа MicroCap 9 (MC9), позволяющая анализировать работу сложных аналого-цифровых устройств. Например, рассматривать проблемы, возникающие в силовой части импульсных преобразователей.

Потеря энергии на ключевом элементе – транзисторе, влияние паразитных параметров электронных компонентов, в том числе паразитной индуктивности рассеяния трансформатора, – все это может стать причиной выхода из строя реальной схемы. Поэтому практической реализации всегда должно предшествовать исследование происходящих процессов с помощью моделирования. Рассмотрим, процессы, происходящие, например, в схеме одноконтурного прямоходового конвертера – Forward (рис. 1) [1].

В реальной схеме на работу конвертера оказывает влияние индуктивность рассеяния L_s (рис. 1, а, б) — уменьшает динамические потери в ключе при его включении и увеличивает при выключении. Здесь (рис. 1, а) энергия, накопленная в индуктивности рассеяния L_s , может только заряжать паразитную емкость ключевого МДП-транзистора, что и наблюдается в виде колебательного процесса с достаточно большой величиной выброса напряжения (рис. 2).

Фронты тока (I_d) и напряжения (V_{ds}) силового ключа разнесены при включении благодаря наличию индуктивности рассеяния. И наоборот, из-за нее же фронты тока (I_d) и напряжения (V_{ds}) силового ключа (СК) не разнесены при выключении (рис. 2, внизу слева). Траектория рабочей точки СК на плоскости I_d - V_{ds} свидетельствует о возможном выходе за пределы области безопасной работы (ОБР) при выборе транзистора без запаса (выпуклая траектория выключения). Мгновенная

мощность на ключе превышает 500 Вт при выключении при мощности нагрузки 50 Вт.

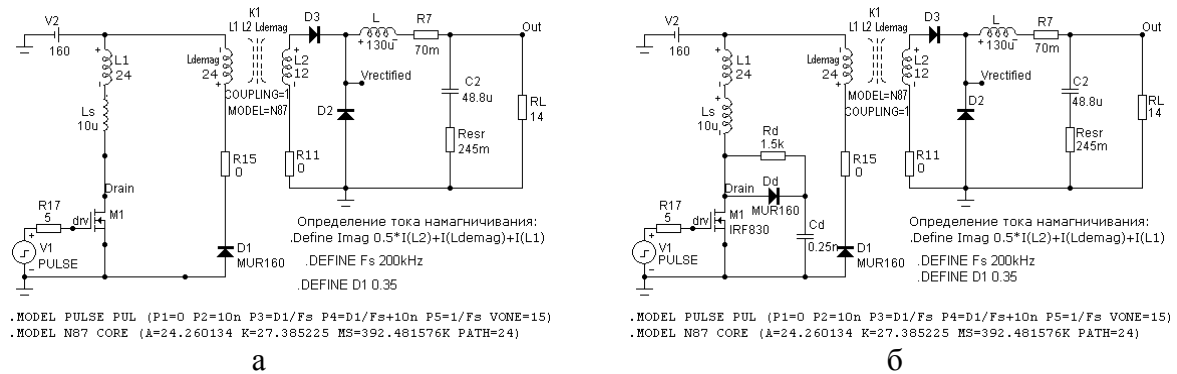


Рис. 1. Схема реального преобразователя Forward без демпфирующей цепи (а) и с демпфером (б)

В результате использования демпфирующей DRC-цепи (рис. 1, б) удалось разнести фронты тока (I_d) и напряжения (V_{ds}) СК при выключении.

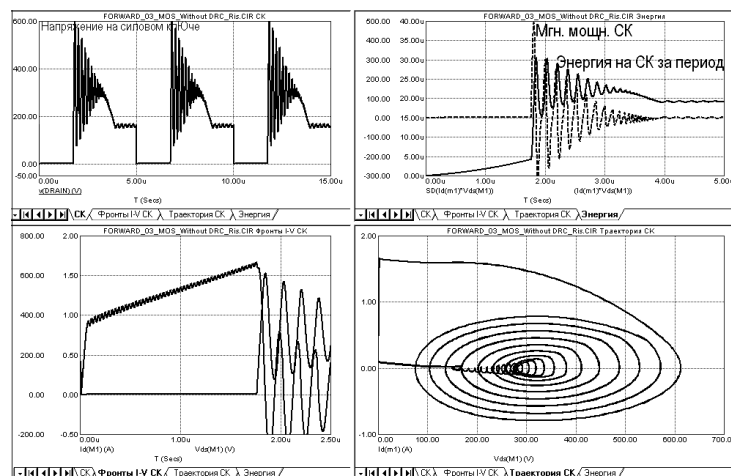


Рис. 2. Временные диаграммы реального Forward без демпфера

Траектория движения рабочей точки на плоскости I_d - V_{ds} стала безопасной (вогнутой) (рис. 3). Снизилась максимальная мгновенная мощность на ключе (при выключении) до 90 Вт. Появились новые потери — энергия выделяется на резисторе демпфирующей цепи R_d при разряде демпфирующего конденсатора C_d через открытый силовой ключ.

Таким образом, удалось исследовать работу конвертера с минимальным количеством физических и материальных затрат, а также подобрать защитную цепь для корректной работы преобразователя, не используя сложные математические расчеты. Моделирование в программе МС9 обеспечивает хорошую повторяемость результатов натурального эксперимента.

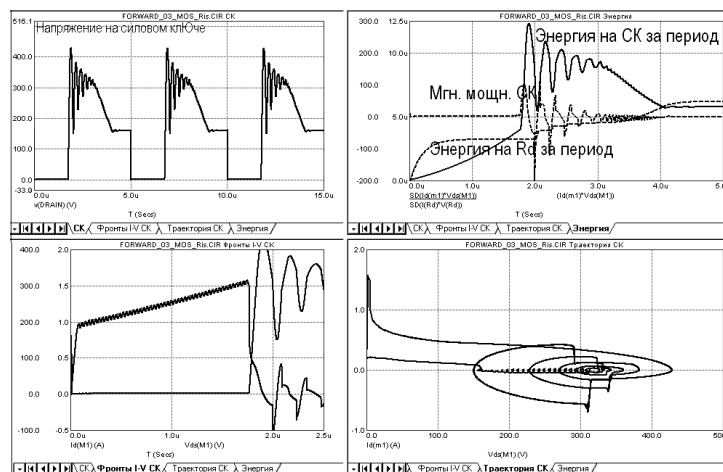


Рис. 3. Временные диаграммы реального Forward-конвертера с демпфером

Литература

1. Волович Г.И. Схемотехника аналоговых и аналого-цифровых электронных устройств. М.: Додека XXI, 2005. 528 с.

ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ИМПУЛЬСНЫМИ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯМИ НА ОСНОВЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СООТНОШЕНИЙ В СРЕДЕ MATLAB+SIMULINK

А.А. ПЕНЬКОВ, К.Н. СТРОЕВ, Н.Н. СТРОЕВ
 Филиал ГОУ ВПО МЭИ (ТУ), г. Смоленск

Задача совершенствования динамических свойств импульсных источников питания остается актуальной и в настоящее время. Система управления (СУ) источником должна обеспечивать выполнение жестких требований минимизации выбросов и провалов выходного напряжения, подавления субгармонических составляющих в пульсациях в индуктивных элементах схем при заданных точностных характеристиках. Разработке методов синтеза и моделей СУ импульсными преобразователями, обеспечивающих выполнение указанных требований, уделяется большое внимание [1].

Для имитационного моделирования импульсных преобразователей с новыми нестандартными алгоритмами СУ наиболее удобно использование среды интегрированного пакета компьютерной математики MATLAB+Simulink. Проблемой в предшествующих версиях пакета [2] при построении моделей СУ являлась необходимость их описания с помощью блоков математических операций и ряда стандартных функций, имеющихся в библиотеках Simulink. Это приводило к громоздким и ненаглядным структурным схемам вычислений, неудобным для модификации и анализа. Применение же в модели блоков, вызывающих пользо-

вательские функции на языке программирования MATLAB, приводило к резкому замедлению вычислений.

В версии MATLAB R2009b скорость счета значительно возросла. Таким образом, в сочетании с производительностью современных ПК на многоядерных процессорах появилась возможность построения моделей СУ, алгоритм работы которых практически полностью описан программами на встроенном языке MATLAB. Это значительно ускоряет отладку моделей, упрощает внесение изменений, облегчает перенос алгоритма на платформу целевого сигнального процессора. Важное значение имеет включение в библиотеки Simulink моделей компонентов в формате PSpice. Такие модели позволяют исследовать влияние неидеальностей компонентов силовой части преобразователя на работу СУ.

Ранее в ряде работ [3, 4] был предложен принцип синтеза систем управления импульсными преобразователями на основе энергетических соотношений. Закон управления преобразователем должен обеспечивать в среднем поддержание баланса энергии в системе: на каждом периоде работы в установившемся режиме избыточная энергия, накопленная в элементах схемы на одних интервалах времени, полностью расходуется на последующих интервалах работы за счет отдачи в нагрузку или первичный источник питания. Уравнения, описывающие энергетические соотношения в системе, справедливы для любого её состояния и любого момента времени независимо от её импульсного или непрерывного характера.

В докладе рассматривается построение модели для повышающего регулятора напряжения с СУ на основе рассмотрения энергетических процессов в силовой части преобразователя. На основе предложенной методики был получен закон управления ШИМ. При достижении током дросселя $i_L(t)$ значения $I_{L \text{ макс}}$, обеспечивающего выполнение уравнения энергетического баланса, ключ регулятора должен быть разомкнут, то есть это значение является искомой переменной для СУ. Работа регулятора поддерживается на границе режима непрерывных токов. В традиционных системах управления реализация такого режима затруднена, а обычно используемый режим прерывистых токов имеет ряд известных недостатков. В алгоритме предусмотрены меры для ограничения пускового тока, а также возможных переходных токов при набросе нагрузки. Наиболее эффективным из известных алгоритмов управления повышающими преобразователями является алгоритм с T-регулированием, где в качестве сигнала формирования ШИМ используется нарастающий ток через индуктивный реактор во время импульса накопления энергии. Но даже этот алгоритм, реализованный в большинстве серийно выпускаемых интегральных схем модулей управления, не вполне отвечает требованиям баланса энергий стадий накопления-передачи, что на практике заставляет увеличивать инерционность цепи обратной связи и тем

самым ухудшать динамические показатели преобразователя. Предложенная микропроцессорная система, способная точно учитывать поэтапное прохождение энергии через накопительный индуктивный реактор, позволяет значительно улучшить динамические показатели преобразователя при сохранении устойчивости регулятора.

Исследование имитационной модели регулятора с синтезированной по предложенной методике системой управления подтвердило ее эффективность. Метод синтеза позволяет обеспечить максимально возможное быстрое действие преобразователя, близкое к минимально возможной длительности переходных процессов.

Литература

1. Мелешин В.И. Транзисторная преобразовательная техника. М.: Техносфера, 2005. 632 с.
2. Дьяконов В.П. MATLAB 6.5 SP1/7 + Simulink 5/6 в математике и моделировании. М.: СОЛОН-Пресс, 2005. 576 с.
3. Пеньков А.А. Принцип синтеза систем управления импульсными преобразователями на основе энергетических соотношений // Практическая силовая электроника. 2006. Вып. 22. С. 28-33.
4. Пеньков А.А., Строев Н.Н., Строев К.Н. Подходы к построению алгоритмов цифрового управления импульсными преобразователями на основе энергетического баланса // Вестник МЭИ. 2009. Вып. 5.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПСЕВДООБРАЩЕНИЯ МАТРИЦ В МАТЕМАТИЧЕСКОМ ПАКЕТЕ MAPLE¹

П.В. САРАЕВ

Липецкий государственный технический университет
398600 г. Липецк, ул. Московская, д. 30
(4742) 32-80-02; e-mail: psaraev@yandex.ru

Псевдообращение матриц играет важную роль в задачах идентификации моделей и оптимизации [1]. Для матрицы $A \in R^{m \times n}$ матрица $A^+ \in R^{n \times m}$ – псевдообратная (обратная матрица по Муру-Пенроузу), если выполняются соотношения:

$$AA^+A = A, \quad (1a)$$

$$(AA^+)^T = AA^+, \quad (1б)$$

$$(AA^+)^T = AA^+, \quad (1в)$$

$$(A^+A)^T = A^+A. \quad (1г)$$

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, грант N 09-07-97531 - р_центр_a.

Соотношения (1a) – (1г) однозначно определяют единственную матрицу A^+ , существующую для любой матрицы A . Для квадратной невырожденной матрицы псевдообратная матрица совпадает с обратной матрицей.

Недостатком псевдообращения является то, что нахождение псевдообратной матрицы относится к классу некорректных, по Адамару, задач, так как не является устойчивой: небольшие изменения в матрице A могут привести к существенным изменениям в матрице A^+ . Важным вопросом является исследование численных методов псевдообращения матриц, оценка степени чувствительности и близости полученной матрицы к истинной псевдообратной.

Существует ряд алгоритмов псевдообращения – прямых и итерационных. В данной работе изучаются алгоритмы:

- Гревилля (Greville);
- на основе QR -разложения;
- на основе сингулярного (SVD) разложения;
- Фаддеева;
- Бен-Израиля (Ben-Israel).

Первые четыре алгоритма относятся к прямым, а пятый, алгоритм Бен-Израиля, является итерационным. Описание алгоритмов можно найти в работах [1, 3, 4].

В [1] справедливо отмечено, что «возникает нетривиальная задача: определить, является ли вектор в действительности нулевым». Во всех алгоритмах необходимо учитывать приближенный характер вычислений. В алгоритме Гревилля необходимо сравнивать векторы a_1 и c_1 с нулевым; в алгоритме Фаддеева с нулем сравниваются числа φ_k . Алгоритм Бен-Израиля является итерационным, поэтому для проверки критерия останова нужно сравнивать с нулем норму разности матриц на последовательных итерациях $\|A^{+(k+1)} - A^{+(k)}\|$. С подобными задачами приходится сталкиваться в QR - и в сингулярном разложении матриц. В таких случаях вместо нуля происходит сравнение по модулю с каким-то малым положительным числом. В проводимых исследованиях проверялось, насколько такие модификации влияют на точность работы алгоритмов псевдообращения.

Точность работы алгоритмов t по нахождению псевдообратной матрицы A^+ для матрицы A оценивалась в соответствии с выполнением соотношений (1a) – (1г):

$$t = \|AA^+A - A\| + \|A^+AA^+ - A^+\| + \|(AA^+)^T - AA^+\| + \|(A^+A)^T - A^+A\|. \quad (2)$$

Исследования проводились в математическом пакете *Maple* версии 8. Для QR - и сингулярного разложения матриц использовались функции Maple из пакета *LinearAlgebra QRDecomposition* и *SingularVa-*

lues соответственно. Использование математического пакета позволяет не задумываться о реализации стандартных процедур разложения матриц. Алгоритмы псевдообращения реализованы в виде функций, принимающих аргумент и возвращающих значения типа *Matrix*. Параметры работы алгоритмов (допуск близости к нулевому значению и т.д.) указаны в телах функций. Для проведения эксперимента была реализована функция, возвращающая случайную числовую матрицу заданных размеров и заданного ранга, состоящую из чисел с плавающей запятой. В основном теле цикла реализован расчет псевдообратной матрицы различными алгоритмами, сохранение результатов вычислений, включая найденную матрицу, точность t и время расчёта, в файл. Для вычисления точности по формуле (2) использовалась функция расчета нормы Фробениуса *Norm* с параметром *Frobenius*. Применение евклидовой нормы матриц *Norm* с параметром *Euclidian* приводило в ряде случаев к сильно отличающимся результатам, что связано с достаточно сложным характером вычисления евклидовой нормы. Данное обстоятельство не играет существенной роли, так как в конечномерном пространстве все нормы являются эквивалентными.

В вычислительном эксперименте участвовали сгенерированные случайным образом матрицы с количеством строк от 2 до 10, а также от 20 до 110 с шагом 10. Количество столбцов изменялось от 2 до 10. Для каждой размерности матриц генерировалось по 5 матриц различных рангов – от 1 до максимального возможного ранга матриц заданной размерности. Таким образом, алгоритмы были исследованы на 4530 различных матрицах, из которых 3675 являлись матрицами неполных рангов. Сводные данные по проведённым вычислительным экспериментам можно найти в [2].

Алгоритмы псевдообращения на основе сингулярного разложения и Бен-Израиля показали отличные результаты на всех задачах. Алгоритм Гревия лишь на небольшом классе задач (менее 1,5%) не смог точно вычислить псевдообратные матрицы. Плохие результаты показали алгоритмы на основе QR -разложения и Фаддеева. Алгоритмом Гревия были получены плохие результаты только на матрицах неполного ранга. Алгоритм псевдообращения на основе QR -разложения, а тем более алгоритм Фаддеева даже для ряда матриц полного ранга показал плохие результаты.

Наилучшую точность показал итерационный алгоритм Бен-Израиля. Критерий t для алгоритма Бен-Израиля принимал значения порядка 10^{-13} , не менее 10^{-11} .

Алгоритм на основе QR -разложения работает быстрее. Дольше всего работал алгоритм Гревия. Если рассматривать самые точные алгоритмы – алгоритмы на основе сингулярного разложения и Бен-Израиля, – можно сделать вывод, что первый из них эффективнее, при-

чем эффективность особенно заметна при возрастании размерности матрицы. Скорость работы алгоритма Бен-Израиля можно увеличить за счет снижения точности вычислений, если снизить требования к точности критерия останова, используемого в программе.

По результатам проведенных вычислительных экспериментов можно рекомендовать к применению в задачах моделирования алгоритмы псевдообращения на основе сингулярного разложения и Бен-Израиля, которые показывают прекрасные результаты на плохо обусловленных задачах, несмотря на неустойчивость операции псевдообращения. Предпочтение алгоритму псевдообращения на основе сингулярного разложения может быть отдано из-за его высокой скорости работы. Итерационный алгоритм Бен-Израиля предпочтительней с точки зрения более высокого контроля точности вычислений.

Литература

1. Алберт А. Псевдоинверсия, регрессия и рекуррентное оценивание. М.: Наука, 1977. 224 с.

2. Сараев П.В. Алгоритмы псевдообращения матриц в моделировании: вычислительные аспекты // VI Всероссийская школа-семинар молодых ученых «Управление большими системами»: сборник трудов. Т.1. Ижевск: Бон Анца, 2009. С. 306-312.

3. Шевцов Г.С., Крюкова О.Г., Мызникова Б.И. Численные методы линейной алгебры: учебное пособие. М.: Финансы и статистика: ИНФРА-М, 2008. 480 с.

4. Shinozaki N., Sibuya M., Tanabe K. Numerical algorithms for the Moore-Penrose inverse of a matrix: direct methods // Annals of the Institute of Statistical Mathematics. 1972. Vol. 24. N 1. P. 193-203.

КВАНТОВЫЕ АЛГОРИТМЫ И УСКОРЕНИЕ ПРОЦЕССА ФАКТОРИЗАЦИИ ЧИСЕЛ

А.Г. СУХАНОВА, М.Б. СУХАНОВ,

Санкт-Петербургский государственный технологический институт
(технический университет)

г. Санкт-Петербург, Московский пр., д. 26

e-mail: Ann-Sukhanova@yandex.ru

Проблема факторизации, т.е. разложение числа на два множителя, каждое из которых должно быть простым числом, в настоящее время привлекает к себе много внимания. Прежде всего, это связано с тем, что современные методы шифрования предполагают использование простых чисел [1]. В работе [2] приводится разложение числа на простые множители в системе Mathcad с помощью алгоритма Евклида.

В реально применяемых системах шифрования применяются большие простые числа, чтобы дешифрование занимало огромное время. Дешифрование основано на факторизации числа. Ускорить процесс факторизации больших чисел могут квантовые алгоритмы, например, алгоритм Шора [3].

В данной работе приводятся результаты исследования зависимости роста числа операций квантового и классического алгоритмов факторизации натуральных чисел в зависимости от их величины. Все расчёты для данного исследования выполнены в системе Mathcad.

Наилучший из известных сейчас классических алгоритмов факторизации натурального числа $Z \sim 2^z$ требует выполнения порядка

$$F(z) = e^{c \cdot z^{\frac{1}{3}} \cdot (\log z)^{\frac{2}{3}}} \quad (1)$$

операций, где $c - \text{const}$, $z \in \mathbb{N}$ [3].

В случае алгоритма Шора, использующего квантовое дискретное Фурье-преобразование, требуется порядка z^3 операций [3]:

$$Z(z) = z^3. \quad (2)$$

Соотношения (1) и (2) были положены в основу компьютерного эксперимента. Константа c в формуле (1) была принята равной единице. Заметим, что в формулы (1) и (2) входит не само число Z , раскладываемое на простые множители, а его логарифм, т.е. $z = \log_2 Z$. Это даёт возможность вычислять необходимое число операций факторизации для чисел Z , больших, чем 10^{307} . Предположим, нас интересует число операций факторизации числа $Z = 2^{10000}$. Чтобы ответить на этот вопрос, не нужно вычислять, чему равно 2^{10000} , достаточно просто подставить 10000 в соотношения (1) – (2).

Когда система Mathcad не может вычислять число, то она генерирует сообщение «Found a number with a magnitude greater than 10^{307} while trying evaluate this expression». Заметим, однако, что при вычислении 2^{1023} Mathcad ещё выдаёт значение 8.988×10^{307} , которое больше, чем 10^{307} .

На рис. 1 показаны графики роста числа операций классического и квантового алгоритмов факторизации в интервале $z \in [2, 10000]$.

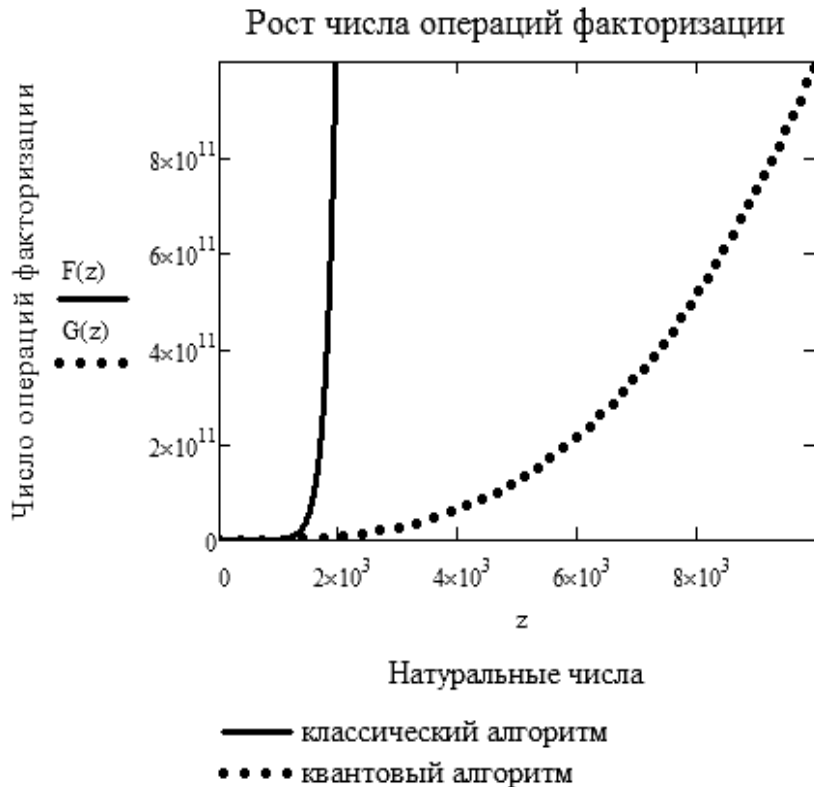
Из рис. 1 видно, что для факторизации 31-значного числа потребуется порядка 10^6 операций квантового алгоритма, что значительно больше, чем в случае применения классического алгоритма. При разложении 302-значного числа на простые множители для обоих алгоритмов требуется одинаковое число операций (порядка 10^9). Если $z = 10000$, то квантовый алгоритм даёт заметный выигрыш по сравнению с классическим алгоритмом.

$$Z(z) := 2^z \quad \text{Натуральное число } Z$$

$$F(z) := e^{z^{\frac{1}{3}} \cdot \log(z)^{\frac{2}{3}}} \quad \text{Число операций классического алгоритма факторизации числа } Z$$

$$G(z) := z^3 \quad \text{Число операций квантового алгоритма факторизации числа } Z$$

$$z := 2..10000$$



$$Z(100) = 1.268 \times 10^{30}$$

$$Z(1000) = 1.072 \times 10^{301}$$

$$F(100) = 1.585 \times 10^3$$

$$F(1000) = 1.081 \times 10^9$$

$$F(10000) = 3.777 \times 10^{23}$$

$$G(100) = 1 \times 10^6$$

$$G(1000) = 1 \times 10^9$$

$$G(10000) = 1 \times 10^{12}$$

$$\frac{F(10000)}{G(10000)} = 3.777 \times 10^{11}$$

Рис. 1. Графики роста числа операций классического и квантового алгоритмов факторизации в интервале $z \in [2, 10000]$

Из рис. 2 видно, что в интервале примерно от 2 до 1000 лучше оказываются классические алгоритмы – кривая числа квантовых операций находится выше. При z больше 1000 лучше оказываются квантовые алгоритмы – кривая числа классических операций находится выше (рис. 1, 2).

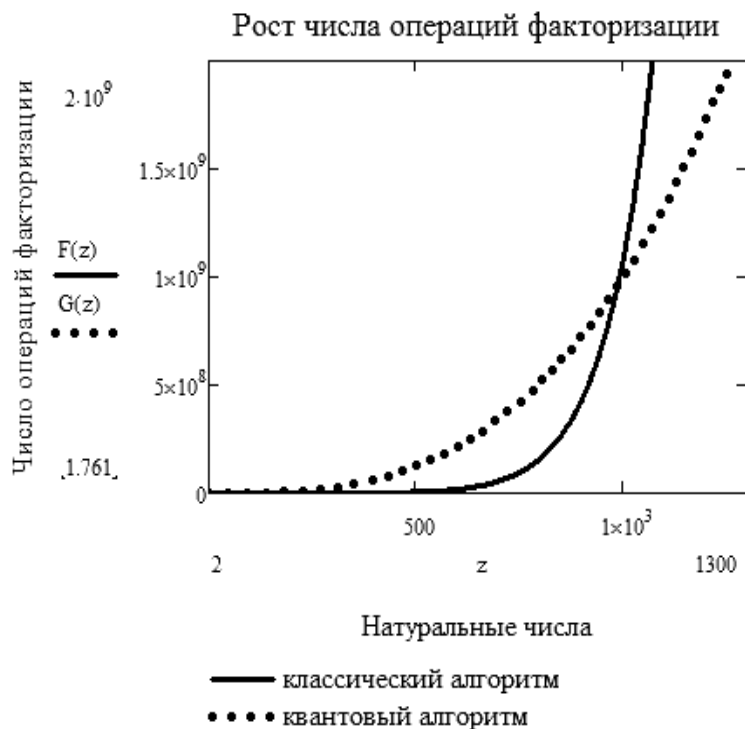


Рис. 2. Графики роста числа операций классического и квантового алгоритмов факторизации в интервале $z \in [2, 1300]$

Определим теперь значение z , при котором эффективность классического и квантового алгоритмов одинакова. Этому условию соответствует уравнение

$$F(z) - G(z) = 0. \quad (3)$$

Из рис. 1 и 2 видно, что пересечение графиков происходит примерно при $z = 987$ и при $z = 10$. Численное решение уравнения (3) дает два корня — $z = 986.977$ (при начальном приближении $z=900$) и $z=1$ (при начальном приближении $z = 10$). Символьное решение уравнения (3) дало один корень $z = 1$. Корень $z = 1$ не представляет интерес для нашего исследования, так как $2^1 = 2$, а число 2 не разложить на простые множители.

Найденное значение корня $z = 986.977$ соответствует 298-значному числу $Z = 1.287 \times 10^{297}$. Для факторизации числа $Z = 1.287 \times 10^{297}$ и квантовому и классическому алгоритмам необходимо 9.614×10^8 операций (рис. 3).

Для упрощения расчётов не учитывалось то, что число операций факторизации должно быть целым. Кроме того, не принимался во внимание дискретный характер исследуемой зависимости, т.е. то, что не все числа из диапазона от 2 до 2^{10000} можно разложить на простые множители. Поэтому на рис.1 и 2 показаны непрерывные кривые.

Нахождение z , при котором эффективность классического и квантового алгоритмов одинакова

$F(z) := e^{z^{\frac{1}{3}} \cdot \log(z)^{\frac{2}{3}}}$	Число операций классического алгоритма факторизации числа Z
$G(z) := z^3$	Число операций квантового алгоритма факторизации числа Z
$z := 900$	Начальное приближение
$x := \text{root}(F(z) - G(z), z)$	Численное решение уравнения $F(z) - G(z) = 0$
$x = 986.977$	Корень
$F(x) - G(x) = 2.861 \times 10^{-6}$	Проверка
$F(986.977) = 9.614 \times 10^8$	$G(986.977) = 9.614 \times 10^8$
$Z(z) := 2^z$	$Z(986.977) = 1.287 \times 10^{297}$

Рис. 3. Число операций квантового и классического алгоритмов факторизации 298-значного числа

Выполненные расчёты показывают, что для факторизации небольших чисел Z (для которых $z = \log_2 Z$ находится в диапазоне от 2 до 1000) лучше классический алгоритм. Для факторизации больших чисел (для которых $z = \log_2 Z$ находится в пределах от 1000 до 10000) более эффективны квантовые алгоритмы. Полученные результаты целесообразно использовать в учебном процессе при изучении темы «Защита информации».

Для реализации квантовых алгоритмов нужны квантовые компьютеры. Такие компьютеры находятся в стадии разработки, но уже созданы их прототипы [3].

Литература

1. Суханов М.Б., Суханова А.Г. Изучение принципов шифрования информации с открытым ключом // Информатика и образование. 2009. № 10. С.100-103.
2. Суханова А.Г., Суханов М.Б. Факторизация чисел в системе Mathcad // Системы компьютерной математики и их приложения: материалы междунар. конф. Смоленск: Изд-во СмолГУ, 2009. Вып. 10. С. 84-87.
3. Валиев К.А., Кокин А.А. Квантовые компьютеры: надежды и реальность. Москва-Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2004. 320 с.

ОБОБЩЕННАЯ МОДЕЛЬ СОЛНЕЧНОГО ЭЛЕМЕНТА В СРЕДЕ MATLAB SIMULINK

Н.О. ФРОЛКОВА, О.А. ФРОЛКОВ

Филиал ГОУ ВПО МЭИ (ТУ), г. Смоленск

214013, ул. Энергетический проезд, д. 1

e-mail: nfro@pisem.net

Солнечная батарея (СБ) является основным источником электроэнергии для большинства космических аппаратов. Для решения таких задач, как оптимизация схемы СБ, определение оптимальной рабочей точки СБ в условиях меняющейся освещенности и температуры, оценка схемных потерь, определение влияния частичного затенения на выходные характеристики СБ и изменения её мощности из-за воздействия на неё частиц высоких энергий, расчет и моделирование системы электропитания (СЭС) космических аппаратов, анализ и прогнозирование работы СЭС, необходимо моделирование ВАХ СБ. Моделирование выходной характеристики СБ выполняется на основе моделирования ВАХ солнечного элемента (СЭ).

Аналитическое описание СЭ, приведенное в выражениях (1) – (8), обеспечивает высокую точность воспроизведения выходных характеристик в широком диапазоне значимых факторов [1].

$$I = I_{ph} - I_s \left(e^{\frac{q(V+IR_s)}{nkT}} - 1 \right) \quad (1)$$

$$I_{ph} = I_{ph}(T_{ref}) + \alpha(T - T_{ref}) \quad (2)$$

$$I_{ph}(T_{ref}) = I_{sc}(T_{ref}) \frac{G}{G_{ref}} \quad (3)$$

$$I_s = I_s(T_{ref}) \cdot \left(\frac{T}{T_{ref}} \right)^{\frac{3}{n}} \cdot e^{\frac{qV_g(T_{ref})}{nk \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_{ref}} \right)}} \quad (4)$$

$$I_s(T_{ref}) = \frac{I_{sc}(T_{ref})}{\left(e^{\frac{qV_{oc}(T_{ref})}{nkT_{ref}}} - 1 \right)} \quad (5)$$

$$V_{oc} = V_{oc}(T_{ref}) + \beta(T - T_{ref}) \quad (6)$$

$$R_s = -\frac{dV}{dI_{voc}} - \frac{1}{X_v} \quad (7)$$

$$X_v = I_s(T_{ref}) \cdot \frac{q}{nkT_{ref}} \cdot e^{\frac{qV_{oc}(T_{ref})}{nkT_{ref}}} \quad (8)$$

где I_{ph} – фототок, I_s – обратный ток насыщения, q – заряд электрона, n – фактор неидеальности диода, k – постоянная Больцмана, T – рабочая температура СЭ, R_s – последовательное сопротивление (сопротивление толщи полупроводника и контактной сетки), T – фактическая температура, T_{ref} – эталонная температура; α – температурный коэффициент тока короткого замыкания; G – фактическая освещенность, G_{ref} – эталонная освещенность; I_{sc} – ток короткого замыкания; V_g – энергия запрещенной зоны полупроводника; V_{oc} – напряжение холостого хода; β – температурный коэффициент напряжения холостого хода.

Приведенные выражения описаны в Matlab Simulink при помощи блока Embedded Matlab Function (рис. 1). Входные переменные для моделирования (ток короткого замыкания, напряжение холостого хода, температурные коэффициенты) определены производителями солнечных элементов. Решая уравнение (2) методом Ньютона, получим ВАХ СЭ (рис. 2).

В качестве примера приведено моделирование СЭ из поликристаллического кремния с $I_{sc} = 3,8A$, $V_{oc} = 0,586B$, $\alpha = 0,0024\%/^{\circ}C$, $\beta = -0,003mB/^{\circ}C$ при температуре $75^{\circ}C$.

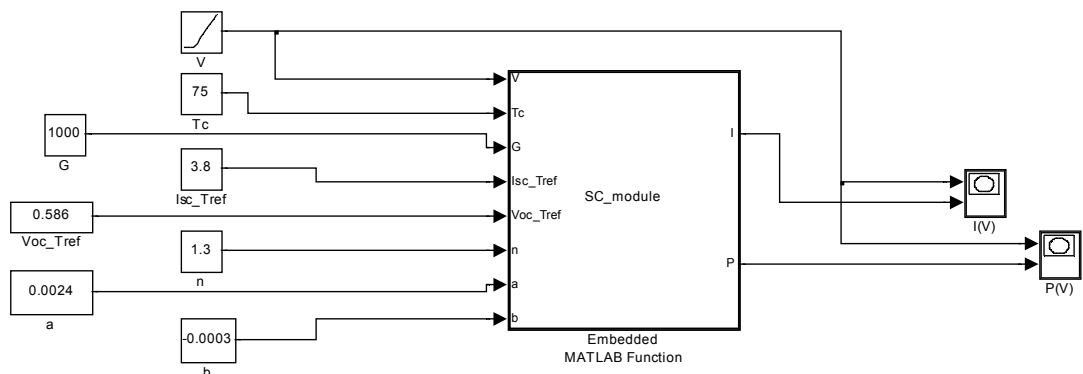


Рис. 1. Модель СЭ в среде Matlab Simulink

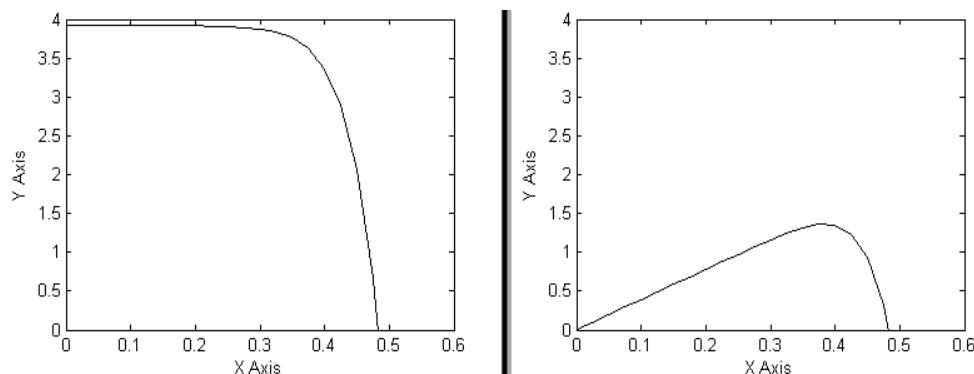


Рис. 2. ВАХ и характеристика мощности СЭ из поликристаллического кремния

Представленная модель обладает высокой точностью, гибкостью и универсальностью, позволяя воспроизводить солнечные элементы с различными параметрами и предоставляя возможность в последующем

оценить изменение ВАХ и характеристики мощности при различных внешних воздействиях.

Литература

1. Azab M. Improved Circuit Model of Photovoltaic Array // International Journal of Electrical Power and Energy Systems Engineering. 2009.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИСТЕМЫ КОМПЬЮТЕРНОЙ МАТЕМАТИКИ MATHCAD ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ОПТИМИЗАЦИИ

В.А. ХОЛОДНОВ

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (ТУ)
e-mail: holodnow@yandex.ru

Задачу оптимизации сформулируем в традиционном виде:

Найти минимум целевой функции $R(x_1, x_2, \dots, x_n)$ по поисковым переменным x_1, x_2, \dots, x_n при наличии ограничений:

- на поисковые переменные: $\inf x_n \leq x_n \leq \sup x_n, n=1(1)N$; N – число поисковых переменных.

Эти ограничения принято называть *простыми*. Они определяют допустимую область – N -мерный прямоугольный параллелепипед.

Здесь \inf, \sup обозначают точную нижнюю и точную верхнюю границу переменных;

- на поисковые переменные в виде функциональных неравенств $G_j(x_1, x_2, \dots, x_N) \geq 0, j=1(1)J$; J – число функциональных неравенств;

- на поисковые переменные в виде функциональных равенств $H_i(x_1, x_2, \dots, x_N) = 0, i=1(1)I$. I – число функциональных равенств.

При решении задач оптимизации используются компьютерные технологии нелинейного программирования [1].

В данной статье рассматривается решение задач условной и безусловной оптимизации с использованием системы компьютерной математики Mathcad. Алгоритм решения задач оптимизации в среде Mathcad традиционный:

- необходимо задать целевую функцию, экстремальное значение которой следует вычислить;
- задать начальные значения поисковых переменных;
- задать ограничения;
- выбрать метод оптимизации;
- реализовать решение;
- произвести проверку полученных результатов.

Для решения задач безусловной оптимизации в Mathcad достаточно просто реализуются необходимые и достаточные условия существования функции. Первые с помощью встроенных функций Find или Minerr для решения системы нелинейных алгебраических уравнений, вторые – достаточные условия с помощью встроенной функции eigenvals. С помощью этой функции на основе вычисления собственных значений матрицы определяется положительная определенность, отрицательная определенность или неопределенность матрицы Гессе. При вычислении частных производных используется инструмент символьной математики Mathcad. Расчет значения целевой функции может быть оформлен в виде процедуры – функции с использованием элементов программирования.

Решение задач условной оптимизации может быть осуществлено двумя способами: на основе решения уравнений условий Куна-Таккера и на основе использования методов Ньютона и сопряженных направлений.

С помощью условий Куна-Таккера задача оптимизации сводится к решению системы алгебраических уравнений и неравенств. Решение системы из I+J+N уравнений и неравенств с I+J+N неизвестными с помощью программного продукта Mathcad осуществляется, как и ранее, с помощью встроенных программ Find и Minerr.

Необходимое условие минимума для задачи Куна-Таккера требует того, чтобы все ограничения в виде равенств и неравенств содержали только линейные функции. Для встречающихся на практике задач оптимизации при выполнении необходимых условий, как правило, выполняются и достаточные условия.

В среду Mathcad введены две функции Minimize и Maximize, позволяющие решать задачи оптимизации с использованием метода сопряженных направлений. Функции Minimize и Maximize могут использоваться как самостоятельно, так и в составе блока GivenMinimize (F, x_1, \dots, x_N), где F – критерий оптимизации, оформленный как функция пользователя; x_1, x_2, \dots, x_N – поисковые переменные.

Функция Maximize записывается аналогично.

Блок GivenMinimize(F, x_1, \dots, x_N) обычно используют, если решается задача нелинейного программирования с ограничениями на поисковые переменные.

Литература

1. Холоднов В.А., Дьяконов В.П., Иванова Е.Н., Кирьянова Л.С. Математическое моделирование и оптимизация химико-технологических процессов: Практическое руководство. СПб.: АНО НПО “Профессионал”, 2003. 480 с.

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ ДЛЯ СЛОЖНОЙ СИСТЕМЫ ХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ MATHCAD

В.А. ХОЛОДНОВ, Е.С. БОРОВИНСКАЯ, А.В. ГАЙКОВ, А.Г. ХАЙДАРОВ

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (ТУ)

e-mail: holodnow@yandex.ru

Суммарная реакция преобразования одновалентного таллия Tl^+ в трехвалентный Tl^{3+} при взаимодействии с трехвалентным кобальтом Co^{3+} имеет промежуточный продукт – двухвалентный таллий Tl^{2+} .

Кинетика реакции $Tl^+ + 2 Co^{3+} \rightarrow Tl^{3+} + 2Co^{2+}$ в периодическом реакторе описывается системой из пяти дифференциальных уравнений:

$$\begin{cases} \frac{dA}{dt} = k_2 CD - k_1 AB, \\ \frac{dB}{dt} = k_2 CD - k_1 AB - k_3 BC, \\ \frac{dC}{dt} = k_1 AB - k_2 CD - k_3 BC, \\ \frac{dD}{dt} = k_1 AB - k_2 CD + k_3 BC, \\ \frac{dE}{dt} = k_3 BC. \end{cases}$$

В системе приняты следующие обозначения: $A \sim Tl^+$, $B \sim Co^{3+}$, $C \sim Tl^{2+}$, $D \sim Co^{2+}$, $E \sim Tl^{3+}$. При моделировании были приняты следующие значения концентраций веществ в начальный момент времени: при $t_0=0$, $A_0=B_0=1$, $C_0=D_0=E_0=0$ – и следующие значения констант скоростей: $k_1=1,0$, $k_2=0,25$, $k_3=0,5$.

С целью получения «точных данных» система дифференциальных уравнений была решена с использованием встроенной в MathCAD [1] процедуры Rkadapt на интервале $[0,20]$.

Из «точных данных» $ct_{i,j}$ ($i=1,2,3$), ($j=1(1)5$) для 3 веществ А, С, Е для 5 значений времени 4, 8, 12, 16, 20 с помощью встроенных функций rnd и sign MathCAD получаем «экспериментальные данные» $sexp_{i,j}$ с различной «погрешностью» $t(\%)$. «Экспериментальные данные моделируются случайным образом при помощи функции rnd с заданной «погрешностью». Функция $sign(0.5 - rnd(1))$ задаёт двусторонний интервал их изменения.

С помощью встроенной функции minimize MathCAD, используя полученные «экспериментальные данные», решаем обратную задачу.

Для этого находим значения констант скоростей реакций при температуре 283К. При этом решаем задачу минимизации суммы квадратов

относительных отклонений «экспериментальных» значений концентраций в 5 моментов времени 4, 8, 12, 16, 20 по 3 ключевым компонентам А, С и Е от расчетных значение концентраций $cr_{i,j}$:

$$R = \sum_{i=1}^5 \sum_{j=1}^3 \left(\frac{cr_{i,j} - c \exp_{i,j}}{c \exp_{i,j}} \right)^2 \rightarrow \min.$$

Были решены задачи по поиску констант для температуры 283К для значений «погрешности» $t=5, 10, 15, 20$. В качестве исходной точки поиска для всех значений «погрешности» была взята точка $k_1 = 0,8, k_2 = 0,4, k_3 = 0,7$ со значением критерия оптимизации в исходной точке $R = 1,069$. Результаты вычислительного эксперимента приведены в таблице 1.

Таблица 1

Рассчитанные значения констант для различной точности вычислительного эксперимента

Константа	Точное значение констант	Значения констант для различной точности вычислительного эксперимента t, %				
		0	5	10	15	20
k_1	1,00	0,996	0,833	0,825	0,832	0,71
k_2	0,25	0,248	0,227	0,213	0,138	0,154
k_3	0,50	0,501	0,469	0,507	0,619	0,517

Рассмотрим решение обратной задачи при различных температурах.

Предположим, что зависимость констант скоростей стадий рассматриваемого химического превращения имеет следующий вид:

$$k_1(T) = \exp\left(23 - \frac{14000}{2 \cdot T}\right), \quad k_2(T) = \exp\left(24 - \frac{16000}{2 \cdot T}\right), \quad k_3(T) = \exp\left(30 - \frac{18000}{2 \cdot T}\right).$$

Решая систему рассмотренных выше дифференциальных уравнений в рамках MathCAD, получаем «точные» значения концентраций по всем компонентам, в том числе и по ключевым компонентам А, С, Е при различных температурах 283, 293, 303, 313 в моменты времени t из промежутка [0, 20].

С помощью встроенной функции rnd MathCAD из «точных данных» получаем «экспериментальные данные» в соответствии с описанной выше методикой.

Используя найденные значения «экспериментальных данных» при 4 температурах 283К, 293К, 303К, 313К, с помощью встроенной функции

MINIMIZE MATHCAD решаем задачу оптимизации. Определяем такие значения предэкспонент и энергий активаций, чтобы сумма квадратов относительных отклонений «экспериментальных» значений концентраций при 4 температурах в 5 моментов времени 4, 8, 12, 16, 20 по 3 ключевым компонентам А, С и Е от расчетных была минимальной:

$$R = \sum_{k=1}^4 \sum_{i=1}^5 \sum_{j=1}^3 \left(\frac{cr_{i,j} - c \exp_{i,j}}{c \exp_{i,j}} \right)^2 \rightarrow \min.$$

Ниже приведены исходные и найденные с помощью процедуры оптимизации Minimize значения кинетических параметров.

В качестве исходной точки поиска была взята точка: $\ln k_{10} = 22$, $\ln k_{10} = 25$, $\ln k_{10} = 28$, $E_1 = 11100$, $E_2 = 13000$, $E_3 = 17000$ со значением $R = 0,628$.

Таблица 2

Рассчитанные значения кинетических параметров для различной точности вычислительного эксперимента

Кинетический параметр	Известное значение	Найденное значение в результате решения обратной задачи для различной точности экспериментальных данных				
		0	5	10	15	20
k_{10}	23	22,5	22,5	23,12	22,6	22,5
E_1	14000	10920	10880	13920	10910	10880
k_{20}	24	24,4	24,3	23,99	24,3	24,3
E_2	16000	13280	13280	16000	13230	13300
k_{30}	29	29,4	29,7	29,25	29,5	29,8
E_3	18000	16520	16480	17830	16400	16450

Результаты вычислительного эксперимента говорят о том, что традиционный метод вычисления лишь одного значения кинетического параметра является не совсем корректным. Как видно, речь может идти лишь об интервальной оценке этих параметров.

Литература

1. Математическое моделирование и оптимизация химико-технологических процессов: практическое руководство / В.А. Холоднов, В.П. Дьяконов, Е.Н. Иванова, Л.С. Кирьянова. СПб.: АНО НПО «Профессионал», 2003. 480 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАТНСАД ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ОПТИМАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕСА МНОГОСТУПЕНЧАТОЙ РАКЕТЫ ПО СТУПЕНЯМ

В.А. ХОЛОДНОВ, А.В. ГАЙКОВ, Р.Ю. КУЛИШЕНКО

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (ТУ)

e-mail: holodnow@yandex.ru

Многоступенчатая ракета – это аппарат, в котором части конструкции отделяются во время полета по мере их использования. N -ступенчатая ракета схематически показана на рисунке 1. По мере движения ракеты ее ступени отделяются до тех пор, пока не остается главная часть ракеты, несущая полезную нагрузку.

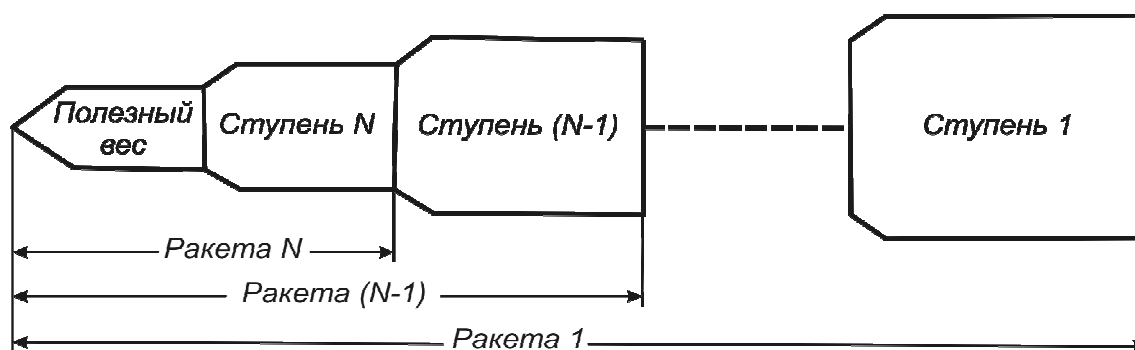


Рис. 1. Схема N -ступенчатой ракеты

Задача оптимизации ракеты состоит в таком распределении веса по ступеням, при котором определенная целевая функция достигает максимального либо минимального значения.

Здесь мы рассмотрим две задачи в предположении, что коэффициент ε_n и скорость реактивной струи C_n постоянны на каждой ступени, однако на разных ступенях могут принимать различные значения.

В обеих задачах в качестве целевой функции принят коэффициент полезной нагрузки ракеты G , который необходимо минимизировать.

Характеристики многоступенчатой ракеты можно описать двумя уравнениями, одно из которых дает выражение для коэффициента полезной нагрузки ракеты

$$G = \frac{W_N}{W_1},$$

а второе – для ее скорости V_c в момент отключения последней ступени.

Здесь W_1 – полезный вес ракеты на первой ступени после отделения $N-1$ ступеней (вес одной последней оставшейся ступени); W_N – начальный вес ракеты до отделения ступеней (вес N ступеней).

Кроме уравнения для полезной нагрузки характеристика многоступенчатой ракеты, можно записать выражение для её идеальной конечной скорости (формула К.Э. Циолковского):

$$Vc = \sum_{n=1}^N C_n \cdot \ln r_n ,$$

где

$$r_n = \frac{W_n}{W_{n-1} \cdot (1 + \varepsilon \cdot \frac{W_n}{W_{n-1}})} .$$

Рассмотрим 4-ступенчатую ракету, движущуюся в отсутствие гравитационного поля с заданными значениями идеальной конечной скорости Vc , начального веса ракеты W_4 , скоростей реактивной струи C_n и коэффициентов ε_n .

Можно поставить следующие задачи:

- найти такое распределение веса по ступеням W_3, W_2 , чтобы минимизировать коэффициент полезной нагрузки ракеты $G = \frac{W_4}{W_1}$ при заданной скорости Vc^* ;

- или найти такое распределение веса по ступеням W_3, W_2 , чтобы максимизировать идеальную конечную скорость Vc при заданном коэффициенте полезной нагрузки ракеты G .

Рассмотрим задачу минимизации коэффициента полезной нагрузки G при заданной скорости $Vc^* = 1400$ м/с и $C_n = C = 2000$ м/с.

В качестве управляющих переменных выбираем распределение веса по ступеням: W_3, W_2 при заданных значениях $W_4 = 4000$ т, $\varepsilon_n \equiv \varepsilon = 0.3$.

Представим формулу для вычисления заданной скорости в виде:

$$Vc^* = C * \ln \frac{W_4}{W_3 \cdot (1 + \varepsilon \cdot \frac{W_4}{W_3})} + C * \ln \frac{W_3}{W_2 \cdot (1 + \varepsilon \cdot \frac{W_3}{W_2})} + C * \ln \frac{W_2}{W_1 \cdot (1 + \varepsilon \cdot \frac{W_2}{W_1})} .$$

Отсюда следует:

$$Vc2(W_2, W_3) = Vc^* - C * \ln \frac{W_4}{W_3 \cdot (1 + \varepsilon \cdot \frac{W_4}{W_3})} - C * \ln \frac{W_3}{W_2 \cdot (1 + \varepsilon \cdot \frac{W_3}{W_2})} .$$

После преобразований получаем:

$$Vc2 = C * \ln \frac{W_2}{W_1 \cdot (1 + \varepsilon \cdot \frac{W_2}{W_1})} , \quad W_1 = \frac{W_2}{\exp(\frac{Vc2}{C}) - \varepsilon \cdot W_2} .$$

Решение задачи приведено на рисунке 2. В программе приняты обозначения, аналогичные записи формул. Вес ракеты распределяется так

(4000.0; 1968.0; 967.8; 182.5), что соответствует нарастанию скорости равными долями после отделения каждой ступени на 460 м/с.

Рассмотрим задачу о нахождении такого распределения веса по ступеням W_3, W_2 , чтобы максимизировать идеальную конечную скорость V_c при заданном коэффициенте полезной нагрузки ракеты G .

Запишем формулу для вычисления конечной скорости ракеты в виде:

$$V_c = C * \ln \frac{W_4}{W_3 \cdot (1 + \varepsilon \cdot \frac{W_4}{W_3})} + C * \ln \frac{W_3}{W_2 \cdot (1 + \varepsilon \cdot \frac{W_3}{W_2})} + C * \ln \frac{W_2}{W_1 \cdot (1 + \varepsilon \cdot \frac{W_2}{W_1})}.$$

Исходные данные

C := 2000 ε := .3 VCzad := 1400

Задание исходной точки поиска

w4 := 4000 w3 := 3000 w2 := 2000

Функция пользователя f(a) := C · ln $\left(\frac{a}{1 + \varepsilon \cdot a} \right)$

VC2(w3, w2) := VCzad - f $\left(\frac{w4}{w3} \right)$ - f $\left(\frac{w3}{w2} \right)$

w1(w3, w2) := $\frac{w2}{\exp\left(\frac{VC2(w3, w2)}{C}\right)} - \varepsilon \cdot w2$

s(w3, w2) := $\frac{w4}{w1(w3, w2)}$

Блок оптимизации и результаты решения задачи

$\begin{pmatrix} w3 \\ w2 \end{pmatrix} := \text{Minimize}(s, w3, w2)$ $\begin{pmatrix} w3 \\ w2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1.968 \times 10^3 \\ 967.821 \end{pmatrix}$

s(w2, w3) = 21.918 w1(w2, w3) = 182.498

V4 := f $\left(\frac{w4}{w3} \right)$ **V3 := f** $\left(\frac{w3}{w2} \right)$ **V2 := f** $\left(\frac{w2}{w1(w3, w2)} \right)$

V2 = 466.667 V2 + V3 = 933.333 V2 + V3 + V4 = 1.4 × 10³

Рис. 2. Решение задачи о распределении веса ракеты по ступеням

Так как W_4 и W_1 заданы, то распределением веса ракеты по ступеням W_3 , W_2 можно максимизировать идеальную конечную скорость V_c при заданном коэффициенте полезной нагрузки ракеты G .

Решение задачи приведено на рисунке 3. Видно, что вес ракеты распределяются так (4000.0; 1474.0; 542.9; 200.0), что соответствует нарастанию скорости равными долями после отделения каждой ступени на 526.9 м/с.

Исходные данные

$C := 2000$ $\varepsilon := .4$ $w4zad := 4000$ $w1zad := 200$

Задание исходной точки поиска

$w3 := 2000$ $w2 := 1000$

Функция пользователя $f(a) := \ln\left(\frac{a}{1 + \varepsilon \cdot a}\right)$

Вычисление скоростей

$Vc1(w3) := C \cdot \left(f\left(\frac{w4zad}{w3}\right)\right)$ $Vc2(w3, w2) := C \cdot \left(f\left(\frac{w3}{w2}\right)\right)$

$Vc3(w2) := C \cdot \left(f\left(\frac{w2}{w1zad}\right)\right)$

Вычисление суммарной скорости ракеты

$VC(w3, w2) := Vc1(w3) + Vc2(w3, w2) + Vc3(w2)$

Блок оптимизации и результаты решения задачи

$\begin{pmatrix} w3 \\ w2 \end{pmatrix} := \text{Maximize}(VC, w3, w2)$ $\begin{pmatrix} w3 \\ w2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1.474 \times 10^3 \\ 542.883 \end{pmatrix}$

$VC(w3, w2) = 1.581 \times 10^3$

$Vc1(w3) = 526.881$ $Vc1(w3) + Vc2(w3, w2) = 1.054 \times 10^3$

$Vc1(w3) + Vc2(w3, w2) + Vc3(w2) = 1.581 \times 10^3$

Рис. 3. Решение задачи о распределении веса ракеты по ступеням

ОПТИМИЗАЦИЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ БИОХИМИЧЕСКИХ РЕАКТОРОВ С ПОМОЩЬЮ MATHCAD

В.А. ХОЛОДНОВ, А.В. ГАЙКОВ, Р.Ю. КУЛИШЕНКО

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (ТУ)

e-mail: holodnow@yandex.ru

Для многих биохимических реакций катализаторами являются ферменты белкового происхождения [1]. Хотя каталитическое действие энзимов достаточно сложно, можно считать, что наиболее существенными факторами, влияющими на активность энзимов, являются температура и величина рН. Возрастание температуры или величины рН усиливает активность энзимов, но лишь в определенных пределах.

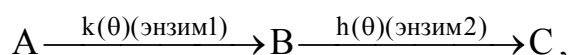
Эта черта биохимических реакций отличает их от обычных химических реакций. Факт существования оптимальных условий активности энзимов хорошо известен [1]. Хотя точные зависимости активности ферментов от температуры и величины рН могут быть получены лишь в реальных условиях производства, общий их вид может быть описан унимодальными функциями.

Эти гипотетические функции [1] для рассматриваемого случая определяются выражениями:

$$k(\theta) = -3 \cdot \theta^2 + 10 \cdot \theta + 12, 4 \geq \theta \geq 0, \quad h(\theta) = -\theta^2 + 9 \cdot \theta - 6, 7 \geq \theta \geq 1,$$

где θ означает либо температуру, либо величину рН, а $k(\theta)$, $h(\theta)$ являются активностями энзимов.

Можно записать следующую последовательную биохимическую реакцию:



где

А – дорогостоящее исходное вещество,

В – промежуточный нетоварный продукт,

С – конечный продукт.

Эта реакция является достаточно общей для ферментативных процессов. Некоторые примеры реакций показаны в таблице 1. Катализатором для каждой реакции является определенный фермент. Часть реакций имеет промышленное значение.

Предположим, что последовательная реакция проводится с полным перемешиванием в последовательности из трех реакторов, имеющих одинаковые объемы.

Задачей оптимизации является определение оптимальной последовательности переменных управления θ_n , которые максимизируют производство продукта С при заданном количестве исходного продукта А.

Скорость подачи исходного продукта поддерживается постоянной, и поэтому время пребывания в каждом реакторе $\tau = V/w$ также постоянно $\tau = 0.01$.

Таблица 1

Примеры последовательных биохимических реакций

Целлюлоза	Целлюлаза →	Целлобиаза	Целлобиаза →	Глюкоза
Мальтоза	Мальтаза →	Глюкоза	Зимаза →	Спирт + CO ₂
Трегалоza	Трегалаза →	Глюкоза	Зимаза →	Спирт + CO ₂
Инсулин Альбумозы	Инсулиназа →	Фруктоза	Зимаза →	Спирт + CO ₂
Пептоны Пептиды	Эрепсин →	Амино- кислота	Дезаминазы →	Оксикислоты + Аммиак + Аллантаин
Ханзин	Хансоксиды →	Мочевая кислота	Уриказы →	
Сахароза	Инвертаза →	Фруктоза + Глюкоза	Зимаза →	Спирт + CO ₂

Концентрации продуктов А, В и С, обозначаемые соответственно через a , b и c , являются переменными состояния, а температура, или величина рН, обозначаемая через θ_n , является управляющей переменной. Реакторы имеют одинаковый объем V и объемную скорость потока w . Это означает, что плотность не меняется в ходе процесса.

Так как рассматривается последовательная реакция первого порядка, кинетические уравнения для скоростей образования продуктов А, В и С могут быть представлены в виде:

$$r_A = -k(\theta) \cdot a, \quad r_B = -k(\theta) \cdot a - h(\theta) \cdot b, \quad r_C = h(\theta) \cdot b.$$

Материальный баланс для веществ А, В, С n -реактора представим в следующем виде:

$$a_n = \frac{a_{n-1}}{1 + k(\theta_n) \cdot \tau}, \quad b_n = (b_{n-1} + \frac{k(\theta_n) \cdot a_{n-1} \cdot \tau}{1 + k(\theta_n) \cdot \tau}) / (1 + h(\theta_n) \cdot \tau),$$

$$c_n = c_{n-1} + h(\theta_n) \cdot \tau \cdot (b_{n-1} + \frac{k(\theta_n) \cdot a_{n-1} \cdot \tau}{1 + k(\theta_n) \cdot \tau}) / (1 + h(\theta_n) \cdot \tau).$$

Задача состоит в том, чтобы максимизировать значение c_3 , распределяя управляющие переменные θ_n при заданных начальных условиях $a_0 = 1, b_0 = 0.3, c_0 = 0$.

Задание исходных данных

$$a_0 := 1 \quad b_0 := 0.3 \quad c_0 := 0 \quad \tau := 0.01$$

Зависимость активности ферментов

$$k(\theta) := -3 \cdot \theta^2 + 10 \cdot \theta + 12 \quad h(\theta) := (-\theta)^2 + 9 \cdot \theta - 6$$

Задание начальной точки поиска $\theta_1 := 3.5 \quad \theta_2 := 4 \quad \theta_3 := 5$

Вычисление целевой функции

$$\begin{aligned} \underline{R}(\theta_1, \theta_2, \theta_3) := & \left| \begin{aligned} a_1 &\leftarrow \frac{a_0}{1 + k(\theta_1) \cdot \tau} \\ b_1 &\leftarrow \frac{b_0 + \frac{k(\theta_1) \cdot a_0 \cdot \tau}{1 + k(\theta_1) \cdot \tau}}{1 + h(\theta_1) \cdot \tau} \\ c_1 &\leftarrow c_0 + h(\theta_1) \cdot \tau \cdot b_1 \\ a_2 &\leftarrow \frac{a_1}{1 + k(\theta_2) \cdot \tau} \\ b_2 &\leftarrow \frac{b_1 + \frac{k(\theta_2) \cdot a_1 \cdot \tau}{1 + k(\theta_2) \cdot \tau}}{1 + h(\theta_2) \cdot \tau} \\ c_2 &\leftarrow c_1 + h(\theta_2) \cdot \tau \cdot b_2 \\ a_3 &\leftarrow \frac{a_2}{1 + k(\theta_3) \cdot \tau} \\ b_3 &\leftarrow \frac{b_2 + \frac{k(\theta_3) \cdot a_2 \cdot \tau}{1 + k(\theta_3) \cdot \tau}}{1 + h(\theta_3) \cdot \tau} \\ c_3 &\leftarrow c_2 + h(\theta_3) \cdot \tau \cdot b_3 \\ R &\leftarrow c_3 \end{aligned} \right. \end{aligned}$$

Значение целевой функции в исходной точке поиска

$$R(\theta_1, \theta_2, \theta_3) = 0.243$$

Блок оптимизации и результаты решения задачи

Given

$$\begin{pmatrix} \theta_1 \\ \theta_2 \\ \theta_3 \end{pmatrix} := \text{Maximize}(R, \theta_1, \theta_2, \theta_3) \quad \begin{pmatrix} \theta_1 \\ \theta_2 \\ \theta_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2.623 \\ 3.161 \\ 3.992 \end{pmatrix}$$

Максимальное значение целевой функции $R(\theta_1, \theta_2, \theta_3) = 0.321$

Рис. 1. Протокол решения задачи

Литература

1. Фан – Лянь – Цэнь, Ван – Чу – Сен. Дискретный принцип максимума. М.: Мир, 1967. 176 с.

РЕШЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ ЗАДАЧИ МНОГОСТУПЕНЧАТОГО СЖАТИЯ ГАЗА С ПОМОЩЬЮ МАТНСАД

В.А. ХОЛОДНОВ, А.В. ГАЙКОВ, Р.Ю. КУЛИШЕНКО

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (ТУ)

e-mail: holodnow@yandex.ru

При многоступенчатом изоэнтропическом сжатии газа (рисунок 1) от начального давления P_0 до конечного давления P_N желательно установить такие промежуточные давления, при которых суммарная энергия, израсходованная на сжатие, была бы минимальной. Газ охлаждается изобарически до своей начальной температуры после каждого адиабатического сжатия.

Затраты энергии на n -ступени определяются из уравнения:

$$E_n = m \cdot R \cdot T \cdot \left(\frac{\gamma}{\gamma - 1} \right) \cdot \left[\left(\frac{x_n}{x_{n-1}} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} - 1 \right],$$

где m – число кмоль сжимаемого газа; R – универсальная газовая постоянная, $R = 8.314 \frac{\text{кДж}}{\text{кмоль} \cdot \text{град}}$; T – начальная температура газа, К;

γ – отношение удельных теплоемкостей газа при постоянном давлении и постоянном объеме, в работе принято $\gamma = 1.4$; x_n – давление газа после сжатия на n -ступени.

Задача состоит теперь в том, чтобы соответствующим выбором x_1, x_2, \dots, x_n ,

$n = 1, 2, \dots, N$ минимизировать значение $E = E_1 + E_2 + \dots + E_N$.

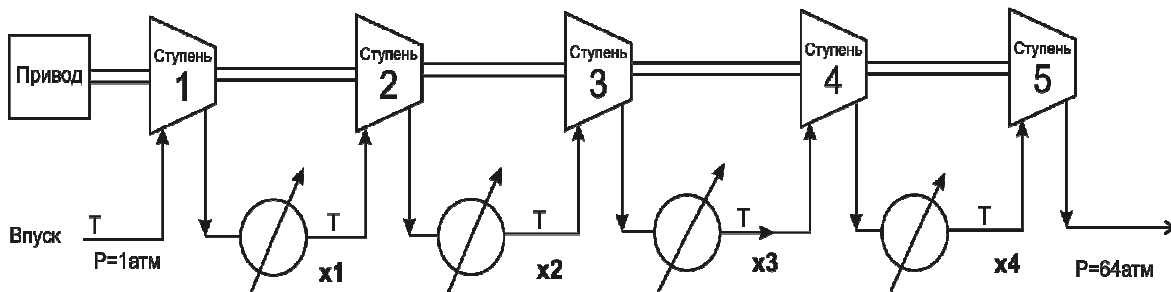


Рис. 1. Принципиальная схема сжатия газа

На рисунке 2 приведен протокол решения задачи для пяти ступеней сжатия газа.

$P_0 := 1$ $P_{zad} := 64$ Начальное и конечное давление газа

Исходные данные

$$\gamma := 1.4 \quad \underline{m} := 10 \quad \underline{R} := 8.314 \quad a := \frac{\gamma - 1}{\gamma} \quad \underline{T} := 293 \quad a = 0.286$$

Исходная точка поиска

$$x_1 := 4 \quad x_2 := 15 \quad x_3 := 24 \quad x_4 := 40$$

Вычисление затрат энергии в соответствующем компрессоре

$$E_1(x_1) := m \cdot R \cdot T \cdot a \cdot \left[\left(\frac{x_1}{P_0} \right)^a - 1 \right] \quad E_2(x_2, x_1) := m \cdot R \cdot T \cdot a \cdot \left[\left(\frac{x_2}{x_1} \right)^a - 1 \right]$$

$$E_3(x_2, x_3) := m \cdot R \cdot T \cdot a \cdot \left[\left(\frac{x_3}{x_2} \right)^a - 1 \right] \quad E_4(x_3, x_4) := m \cdot R \cdot T \cdot a \cdot \left[\left(\frac{x_4}{x_3} \right)^a - 1 \right]$$

$$E_5(x_4) := m \cdot R \cdot T \cdot a \cdot \left[\left(\frac{P_{zad}}{x_4} \right)^a - 1 \right]$$

$$E(x_1, x_2, x_3, x_4) := E_1(x_1) + E_2(x_2, x_1) + E_3(x_2, x_3) + E_4(x_3, x_4) + E_5(x_4)$$

Решение задачи оптимизации

$$\begin{pmatrix} \underline{x_1} \\ \underline{x_2} \\ \underline{x_3} \\ \underline{x_4} \end{pmatrix} := \text{Minimize}(E, x_1, x_2, x_3, x_4) \quad \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2.297 \\ 5.277 \\ 12.125 \\ 27.853 \end{pmatrix}$$

Вычисленные затраты энергии

$$E_1(x_1) = 1.866 \times 10^3 \quad E_2(x_2, x_1) = 1.867 \times 10^3$$

$$E_3(x_2, x_3) = 1.867 \times 10^3 \quad E_4(x_3, x_4) = 1.867 \times 10^3$$

$$E_5(x_4) = 1.868 \times 10^3 \quad E(x_1, x_2, x_3, x_4) = 9.336 \times 10^3$$

Рис. 2. Протокол решения оптимальной задачи сжатия газов

Литература

1. Реклейтис Г., Рейвиндран А., Рэгсдел К. Оптимизация в технике / пер. с англ. в 2-х кн. Кн. 1. М.: Мир, 1986. 348 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАТНСАД ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ В ХИМИЧЕСКИХ РЕАКТОРАХ НА ОСНОВЕ ОДНОПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ ДИФФУЗИОННОЙ МОДЕЛИ

В.А. ХОЛОДНОВ, Д.Б. КРАСНИКОВ, А.В. ОНУЧИН

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (ТУ)

e-mail: holodnow@yandex.ru

В статье рассматривается решение уравнений для однопараметрической диффузионной модели стационарного химического реактора при протекании в нём химических реакций.

Однопараметрическая диффузионная модель стационарного химического реактора при протекании в нём реакции первого порядка может быть представлена в виде:

$$D_1 \cdot \frac{d^2C}{dl^2} - v \cdot \frac{dC}{dl} - k \cdot C = 0.$$

Граничные условия имеют вид:

$$\text{при } l=0 \quad v \cdot (C - C_{bx}) - D_1 \cdot \frac{dC}{dl} = 0,$$

$$\text{при } l=L \quad \frac{dC}{dl} = 0.$$

Значения параметров, характеризующих гидродинамические условия в реакторе и кинетику химического процесса, обозначены следующим образом:

V – скорость потока,

D_1 – эффективный коэффициент диффузии,

L – длина реактора,

k – константа скорости реакции,

C_{bx} – концентрация исходного компонента.

Для решения задачи уравнения диффузионной модели реактора представлены следующей системой из двух дифференциальных уравнений первого порядка:

$$\begin{cases} \frac{dy_1}{dl} = y_2 \\ \frac{dy_2}{dl} = \frac{v}{D_1} \cdot y_2 + \frac{k}{D_1} \cdot y_1 \end{cases}$$

С соответствующими граничными условиями:

$$\text{при } l=0 \quad v \cdot (y_1 - C_{bx}) - D_1 \cdot y_2 = 0,$$

$$\text{при } l=L \quad y_2 = 0.$$

Введем переменную $x = L - l$. Очевидно, что при $l=0$ $x = L$,

а при $l=L$ $x = 0$. Перепишем исходную задачу в виде:

$$\begin{cases} \frac{dy_1}{dx} = y_2 \\ \frac{dy_2}{dx} = -\frac{v}{Dl} \cdot y_2 + \frac{k}{Dl} \cdot y_1 \end{cases}$$

С соответствующими граничными условиями:

$$\text{при } x=0 \quad y_2 = 0,$$

y_1 неизвестная концентрация, которую нужно подобрать так, чтобы выполнялось граничное условие при $x=L$.

$$\text{при } x=L \quad v \cdot (y_1 - Cbx) + D_l \cdot y_2 = 0.$$

Для подбора неизвестной концентрации используется метод оптимизации Minimize MathCAD (рисунок 1).

Исходные данные

$v := 0.2$	$\underline{L} := 5$	$Dl := 0.8$	$vD := \frac{-v}{Dl}$
$k1 := 0.2$	$a0 := 0.04$	$kD1 := \frac{k1}{Dl}$	$Cbx := 1$

Интегрирование системы дифференциальных уравнений и вычисление функции невязки

```

Z(a0) :=
| n ← 1000
| h ← L / n
| a1 ← a0
| ya1 ← 0
| for i ∈ 1..n
|   | a2 ← a1 + h·ya1
|   | ya2 ← ya1 + h·(vD·ya1 + kD1·a1)
|   | a1 ← a2
|   | ya1 ← ya2
| f1 ← a0 - Cbx + D1/v · ya2
| f1 ← f12

```

Функции невязки в исходной точке поиска $Z(a0) = 0.474$

Минимизация функции невязки подбором a0

Given

$a0 > 0$	$\underline{a0} := \text{Minimize}(Z, a0)$	$a0 = 0.129$	$Z(a0) = 0$
----------	--	--------------	-------------

Рис. 1. Протокол решения задачи

Рассмотрим сложную реакцию: $A \xrightarrow{k_1} B \xrightarrow{k_2} C$.

Запишем однопараметрическую диффузионную модель стационарного химического реактора в виде системы из двух дифференциальных уравнений первого порядка по каждому веществу в следующем виде.

Для концентрации вещества А:

$$\frac{da}{dl_1} = ya$$
$$\frac{dya}{dl_1} = -\frac{v}{D}ya + \frac{k_1}{D}a$$

с граничными условиями

при $l_1=0$: $ya = 0$,

причем $a = x$ неизвестной концентрации, которую нужно подобрать так, чтобы выполнялось условие

$$\text{при } l_1=L \quad v(a - a_{\text{вход}}) + D_1ya = 0.$$

Для концентрации вещества В:

$$\frac{db}{dl_1} = yb$$
$$\frac{dyb}{dl_1} = -\frac{v}{D}yb - \frac{k_1}{D}a + \frac{k_2}{D}b$$

с граничными условиями

при $l_1=0$: $yb = 0$,

причем $b = x$ неизвестной концентрации, которую нужно подобрать так, чтобы выполнялось условие

$$\text{при } l_1=L \quad vb + D_1yb = 0.$$

Для концентрации вещества С:

$$\frac{dc}{dl_1} = yc$$
$$\frac{dyc}{dl_1} = -\frac{v}{D}yc - \frac{k_2}{D}b$$

с граничными условиями

при $l_1=0$: $yc = 0$,

причем $c = x$ неизвестной концентрации, которую нужно подобрать так, чтобы выполнялось условие

$$\text{при } l_1=L \quad vc + D_1yc = 0.$$

Для поиска неизвестных использовалась процедура оптимизации Minimize MathCAD [1]. Фрагмент программы и результаты решения приведены на рисунке 2. Вычисление функции невязки было оформлено в виде функции пользователя с использованием средств программирования MathCAD [1].

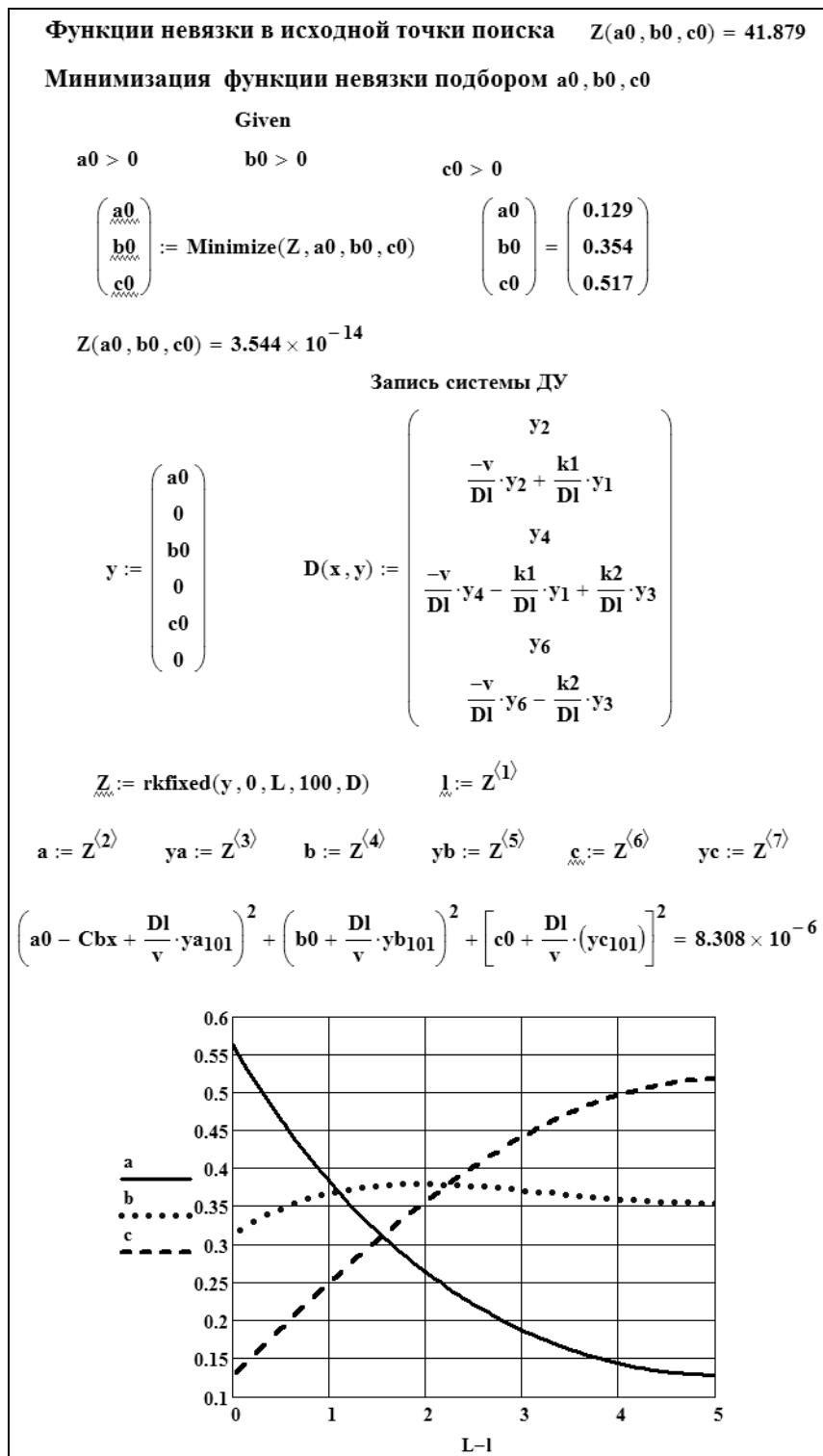


Рис. 2. Протокол решения задачи

Литература

1. Математическое моделирование и оптимизация химико-технологических процессов: практическое руководство / В.А. Холоднов, В.П. Дьяконов, Е.Н. Иванова, Л.С. Кирьянова. СПб.: АНО НПО «Профессионал», 2003. 480 с.

КРАТКОВРЕМЕННОЕ (ОКОННОЕ) ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ФУРЬЕ В СИСТЕМЕ МАТЛАВ

Ф.А. ХОТОВА

Смоленский государственный университет, г. Смоленск

Фурье-анализ сыграл выдающуюся роль в начале применения электросвязи и радиосвязи, в устройствах которых широко использовались синусоидальные сигналы с медленным изменением их параметров и с разными частотами. Но уже радиолокация, использующая радиоимпульсы в виде пачек синусоид, одной из первых выявила несовершенство спектрального анализа на основе Фурье-преобразований. Пачка сигналов даже простой формы до неузнаваемости меняет спектр исходного сигнала, из которого она вырезана.

Для оценки таких сигналов был предложен метод *короткого оконного Фурье-анализа*. Иногда его называют *кратковременным*. Идея этого преобразования очень проста – временной интервал существования сигнала разбивается на ряд промежутков – временных окон. В каждом промежутке вычисляется свое преобразование Фурье. Если в каком-то окне существовали частотные составляющие некоторого сигнала, то они будут присутствовать в спектре. А если нет – будут отсутствовать. Таким образом, можно перейти к частотно-временному представлению сигналов, которое является особым разделом техники обработки сигналов. Другими словами, появляется возможность построения спектра в системе трех координат: время-частота-амплитуда. Амплитуда обычно задается цветом прямоугольника на плоскости время-частота (номер окна). Полученное представление сигнала называется *спектрограммой* [2].

Кратковременное (оконное) преобразование выполняется с использованием выражения:

$$A(f) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t) \cdot w(t-b) \cdot e^{-i2\pi ft} dt. \quad (1)$$

Здесь, в отличие от интеграла Фурье, функция $x(t)$ под знаком интеграла дополнительно умножается на оконную функцию $w(t-b)$. Параметр b окна задает его сдвиг на временной оси. Обычно задается ряд фиксированных значений b в пределах полного окна. Например, для простейшего *прямоугольного окна* функция $w(t-b)$ в пределах окна дает 1, а за пределами окна просмотра – 0. При этом для каждого окна мы получаем свой набор комплексных амплитуд сигнала в частотной области.

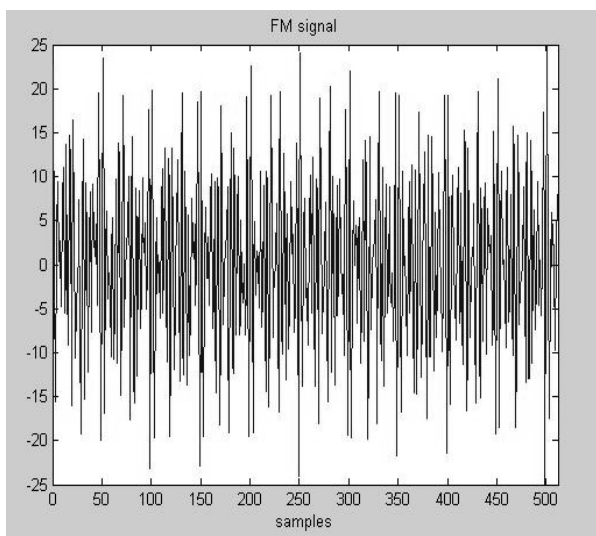
Другими словами, окно скачками перемещается по сигналу и за некоторое число таких перемещений позволяет «просмотреть» весь сигнал. В каждом окне выполняется свое спектральное разложение, в результате чего вместо одной спектрограммы получается набор спектрограмм.

Естественно, что поскольку каждое окно охватывает небольшой участок по времени, точность описания локальных изменений сигнала может быть повышена. Часто используются окна Гаусса или иные окна, обеспечивающие малые искажения спектра из-за граничных явлений и уменьшающие проявление эффекта Гиббса [2].

В системе MATLAB короткое оконное преобразование осуществляется функцией *specgram* или *spectrogram*.

Для иллюстрации применения данной функции рассмотрим частотно-модулированный сигнал с четырьмя частотными составляющими, при этом первая частота представляет собой линейную функцию.

```
N=512; %количество отсчетов
n=0:N-1; %отсчеты
m=0:N-1; %индекс ДПФ в частотной области
fs=500; % частота дискретизации
ts=1/fs; %период дискретизации
A1=3; A2=5; A3=8; A4=10; %4 sinusoid amplitudes (амплитуды 4 синусоид)
f1=40*n*ts+10; f2=100; f3=120; f4=150; %4 sinusoid frequencies (частоты 4 синусоид)
ykFM=A1*sin(2*pi.*f1.*n*ts)+A2*sin(2*pi*f2*n*ts)+...
      +A3*sin(2*pi*f3*n*ts)+A4*sin(2*pi*f4*n*ts); %частотно-модулированный дискретный сигнал
```



```
%строим график исходного сигнала
plot(n,ykFM);
xlim([0 N])
xlabel('samples')
title('ORIGINAL signal')
```

График данного сигнала представлен на рис. 1.

Далее с помощью прямого преобразования Фурье построим спектр заданного частотно-модулированного сигнала, переводящего сигнал в частотное представление (рис. 2).

Рис.1. График частотно-модулированного сигнала ykFM

```
%строим спектр зашумленного частотно-модулированного сигнала ykFM
```

```
YFM = fft(ykFM,N); %БПФ заданного сигнала ykFM
Fr = m*fs/N; %частота
figure
plot(Fr,abs(YFM),'.-')
xlim([0 N/2-1])
```

```

title('Spectrum of signal ykFM')
xlabel('Frequency (Hz)')
ylabel('|YFM(f)|')

```

Как видно из рис. 2, спектр данного сигнала не отражает частотную модуляцию сигнала y_{kFM} .

В таком случае наиболее приемлемым методом, позволяющим рассмотреть линейный характер изменения первой частотной составляющей данного сигнала, является как раз метод короткого оконного преобразования.

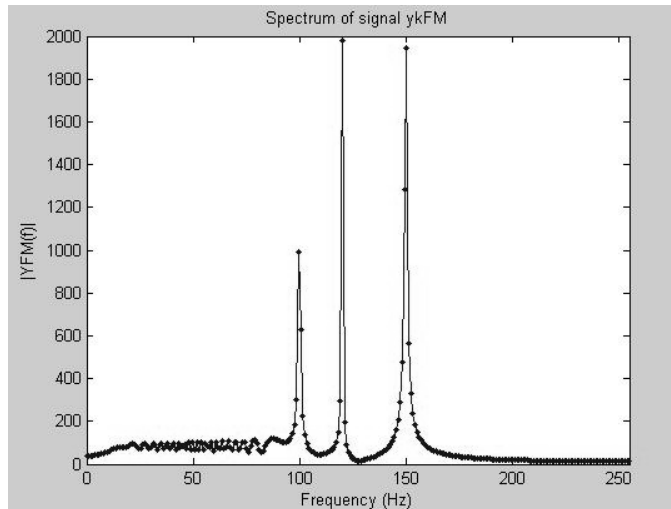


Рис. 2. Спектр частотно-модулированного сигнала y_{kFM}

```

%спектрограмма - короткое оконное преобразование
figure
spectrogram(ykFM, 50, fs);

```

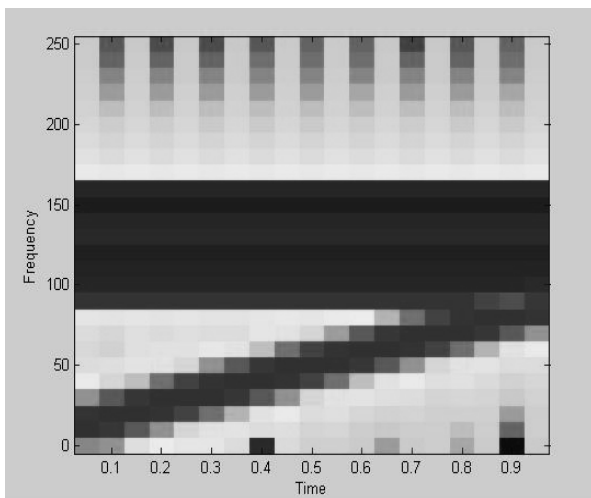


Рис. 3. Спектрограмма частотно-модулированного сигнала

На рис. 3, представляющем собой спектр, построенный в системе трех координат (время - по горизонтальной оси, частота - по вертикальной, а амплитуда выражена цветом) и называемый спектрограммой, уже четко прослеживается характер изменения первой частоты.

Теперь рассмотрим амплитудно-модулированный сигнал, в котором амплитуда первой синусоиды изменяется во времени по линейному закону.

```

%задание амплитудно-модулированного сигнала
N=512; %количество отсчетов
n=0:N-1; %отсчеты
m=0:N-1; %индекс ДПФ в частотной области
fs=500; % частота дискретизации
ts=1/fs; %период дискретизации
A1=10*n*ts+3; A2=5; A3=8; A4=10; %4 sinusoid amplitudes
(амплитуды 4 синусоид)
f1=50; f2=100; f3=120; f4=150; %4 sinusoid frequencies
(частоты 4 синусоид)

```

```

ykAM=A1.*sin(2*pi*f1*n*ts)+A2*sin(2*pi*f2*n*ts)+...
+A3*sin(2*pi*f3*n*ts)+A4*sin(2*pi*f4*n*ts);% амплитудно-
модулированный дискретный сигнал

% строим график исходного сигнала
plot(n,ykAM);
xlim([0 N])
xlabel('samples')
title('ORIGINAL SIGNAL')

%строим спектр амплитудно-модулированного сигнала ykAM,
т.е. модули ДПФ
YAM = fft(ykAM,N); % N1-fast-fourier transform
Fr = m*fs/N; %frequency
figure
plot(Fr,abs(YAM),'.-')
xlim([0 N/2-1])
title('Amplitude Spectrum of signal ykAM')
xlabel('Frequency (Hz)')
ylabel('|YAM(f)|')

```

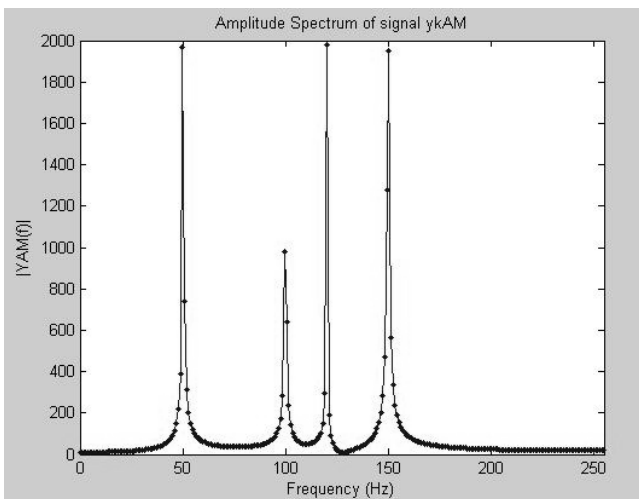


Рис. 4. Спектр амплитудно-модулированного сигнала

Как и в предыдущем случае, построение спектра (рис. 4) не дает представления о характере изменения амплитуды сигнала.

В результате осуществления короткого оконного преобразования Фурье (функция spectrogram) и построения 3D-графика данного преобразования получим рис. 5, на котором ясно видно, что амплитуда синусоиды с частотой 50 Гц, изменяется во времени по линейному закону.

Таким образом, из вышесказанного можно сделать следующий вывод: кратковременное (оконное) преобразование Фурье частично решают проблемы спектрального анализа и синтеза сигналов, ограниченных во времени.

Тем не менее оконное преобразование Фурье не получило широкого распространения, поскольку, будучи более сложным, чем обычное преобразование Фурье, не избавлено от его принципиальных недостатков, связанных с тем, что базисная функция спектрального разложения остается синусоидой. Кроме того, окна в этом преобразовании имеют фиксированные размеры, и их трудно приспособить под корректное представление локальных свойств сигнала. Таким образом, имеем ти-

пичное проявление принципа неопределенности – повышение временно-го разрешения ведет к ухудшению частотного разрешения [2].

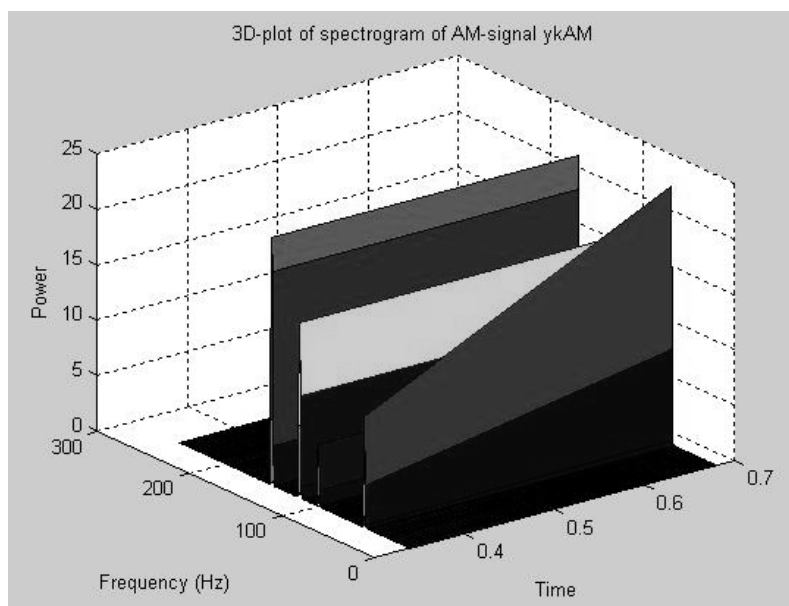


Рис. 5. Спектр амплитудно-модулированного сигнала, построенный в системе «время-частота-мощность»

Литература

1. Дьяконов В.П. MATLAB 6.5 SP1/7 + Simulink 5/6. Обработка сигналов и проектирование фильтров. М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2005. 576 с.
2. Хотова Ф.А. Оконное преобразование Фурье в системе MATLAB // Системы компьютерной математики и их приложения: материалы международной конференции. Смоленск: Изд-во СмолГУ, 2009. Вып. 10. С. 103-108.

БИБЛИОТЕКА SOURCES ПАКЕТА МОДЕЛИРОВАНИЯ SIMELECTRONICS

О.Н. ШАПОШНИКОВА

Смоленский государственный университет, г. Смоленск

В 2009 году в состав СКМ MATLAB вошел новый пакет расширения SimElectronics для визуального моделирования электронных устройств (схем). Данный пакет расширения позволяет включать в диаграммы моделей аналоговые электронные и электромеханические компоненты в виде электрических схем в состав гибридных системных моделей. Кроме того, SimElectronics содержит блоки полупроводниковых устройств, электроприводов, моторов, сенсоров, а также блоки, позволяющие моделировать нестандартные пользовательские подсистемы.

Из основного окна библиотеки блоков пакета SimElectronics можно перейти к следующим разделам библиотеки:

- Actuators&Drivers – блоки двигателей и электромоторов;
- Integrated Circuits – блоки интегральных операционных усилителей и логических схем;
- Passive Devices – блоки пассивных компонент;
- Semiconductor Devices – блоки полупроводниковых приборов;
- Sensors – блоки сенсорных устройств;
- Sources – блоки источников сигналов и электрической энергии;
- Utilities – блоки утилит.

Раздел библиотеки Sources включает четыре блока: Generic Battery – типовая батарея, Negative Supply Rail – модель идеального источника напряжения отрицательной полярности, Positive Supply Rail – модель идеального источника напряжения положительной полярности, Solar Cell – солнечный элемент.

Данный раздел также включает блок SPICE-Compatible Sources, который в свою очередь содержит еще двадцать блоков (рис. 1):

- DC Current Source – источник постоянного тока;
- DC Voltage Source – источник постоянного напряжения;
- Exponential Current Source – источник экспоненциального тока;
- Exponential Voltage Source – источник экспоненциального напряжения;
- PCCCS – модель полиномиального контролируемого источника тока;
- PCCCS2 – модель полиномиального контролируемого источника тока с двумя входами;
- PCCVS – модель полиномиального контролируемого источника напряжения;
- PCCVS2 – модель полиномиального контролируемого источника напряжения с двумя входами;
- PVCCS – источник напряжения, управляемый входным током;
- PVCCS2 – источник напряжения, управляемый входным током с двумя контролируруемыми входами;
- PVCVS – источник напряжения, управляемый входным напряжением;
- PVCVS2 – источник напряжения, управляемый входным напряжением с двумя контролируруемыми входами;
- PWL Current Source – источник тока, задаваемый табличными значениями;
- PWL Voltage Source – источник напряжения, задаваемый табличными значениями;

- Pulse Current Source – источник импульсного тока;
- Pulse Voltage Source – генератор импульсных сигналов;
- SFFM Current Source – частотно-модулированный источник тока;
- SFFM Voltage Source – частотно-модулируемый источник напряжения;
- Sinusoidal Current Source – источник синусоидального тока;
- Sinusoidal Voltage Source – источник синусоидального напряжения.

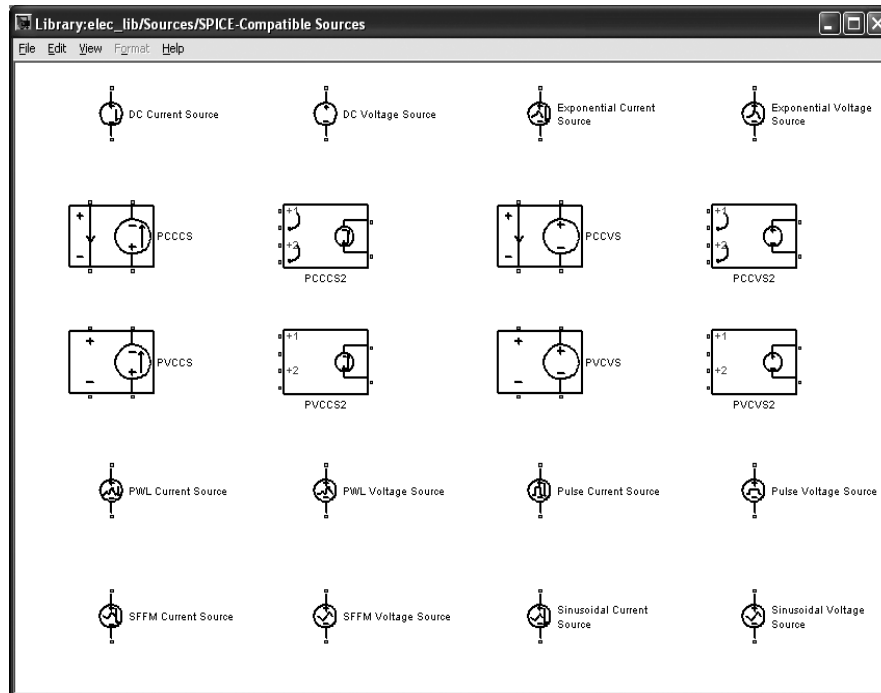


Рис. 1. Библиотека SPICE-Compatible Sources

DC Current Source (источник постоянного тока) – источник постоянного тока, значение выходного тока которого не зависит от напряжения на его зажимах.

PCCCS (модель полиномиального контролируемого источника тока) – блок представляет источник тока, выходным значением которого является полином от функции тока на входных зажимах.

Sinusoidal Voltage Source (источник синусоидального напряжения) – блок представляет собой источник синусоидального напряжения, выходное напряжение которого не зависит от тока, проходящего через источник.

Продemonстрируем возможности отдельных блоков пакета расширения SimElectronics на простой примере RC-цепи. В качестве объекта выбираем генератор синусоидального сигнала – Sinusoidal Current Source. Цепь состоит из генератора синусоидального сигнала, осциллографа и блоков конверторов. На экране осциллографа в результате полу-

чается синусоида. Данный пакет дает нам возможность изменять параметры блоков входящих в цепь (рис. 2).

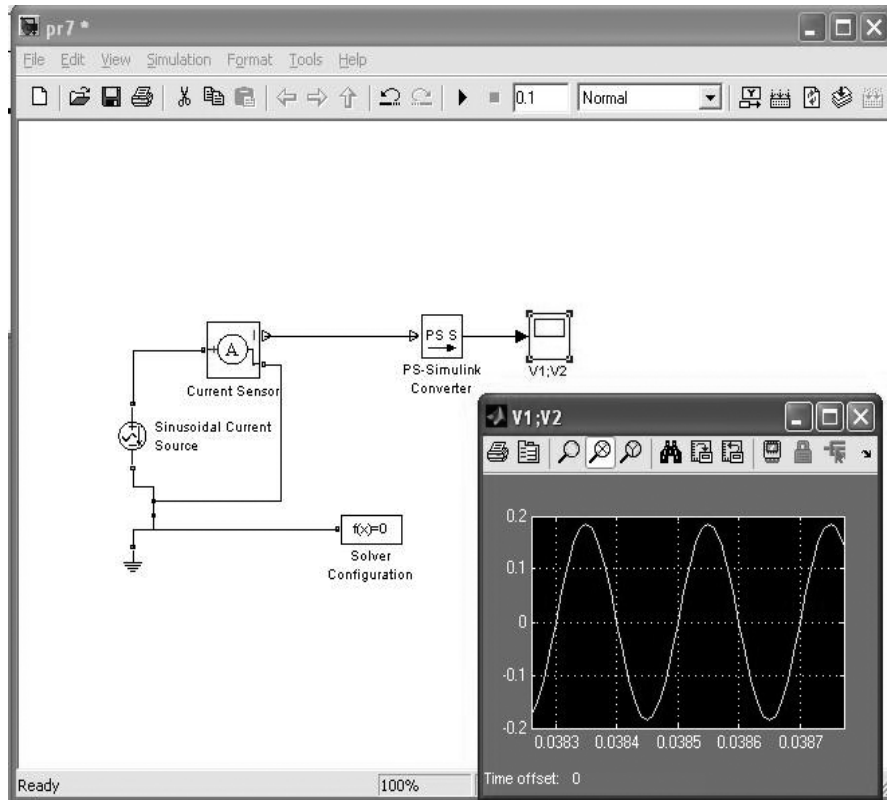


Рис. 2. Моделирование цепи с генератором синусоидального сигнала

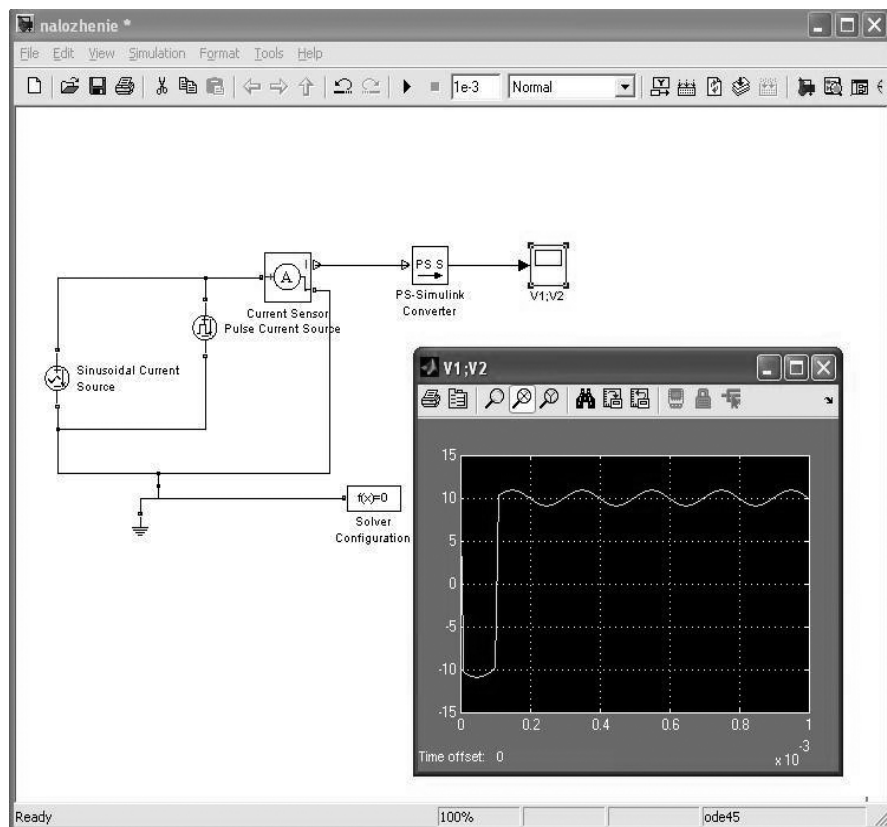


Рис. 3. Моделирование цепи с продифференцированными сигналами

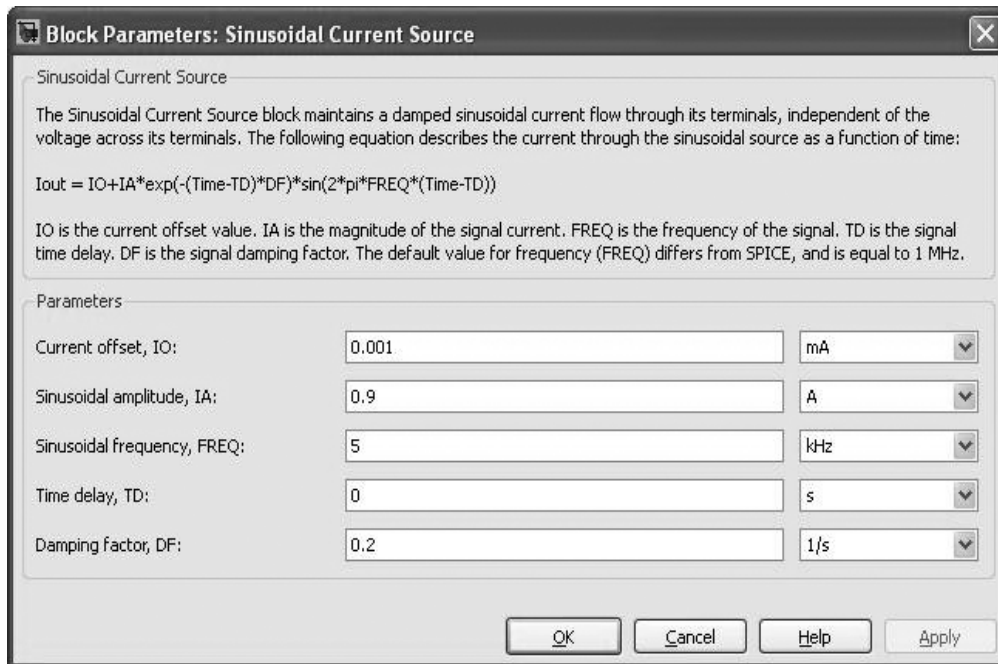


Рис. 4. Параметры, задаваемые для блока Sinusoidal

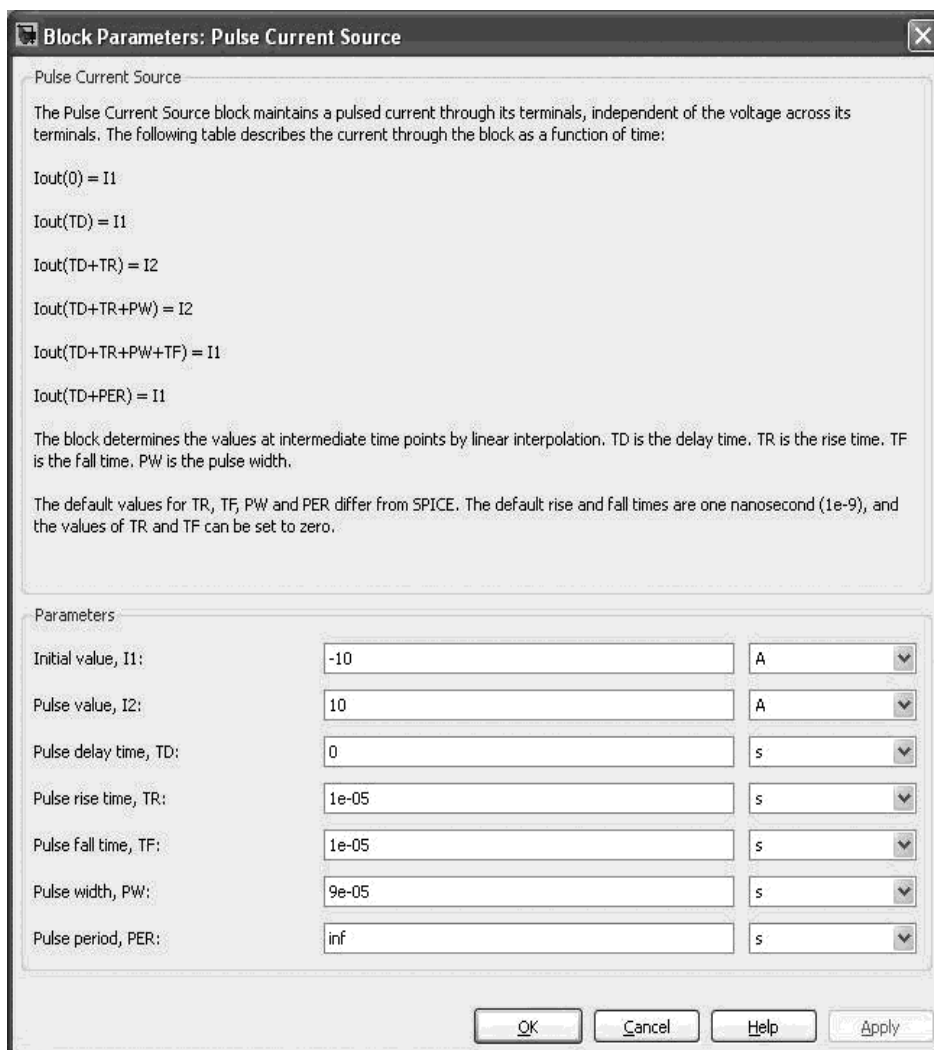


Рис. 5. Параметры, задаваемые для блока Pulse Current Source

Попробуем использовать несколько блоков в одной цепи. Добавим к нашей схеме еще один блок – Pulse Current Source – источник импульсного тока. При значениях параметров блоков, заданных по умолчанию, данная схема работать не будет. Для получения результата (рис. 3) нам необходимо установить параметры для каждого блока, входящего в схему (рис. 4, рис. 5). В результате мы получаем на экране осциллографа схему наложения прямоугольного сигнала и синусоидального.

Теперь усложним схему и добавим к ней резистор и конденсатор (рис. 6). Как нетрудно заметить, добавление данных блоков ведет к изменению формы сигнала (рис. 6). Меняя те или иные параметры блоков, входящих в схему, мы будем получать изменение формы сигнала.

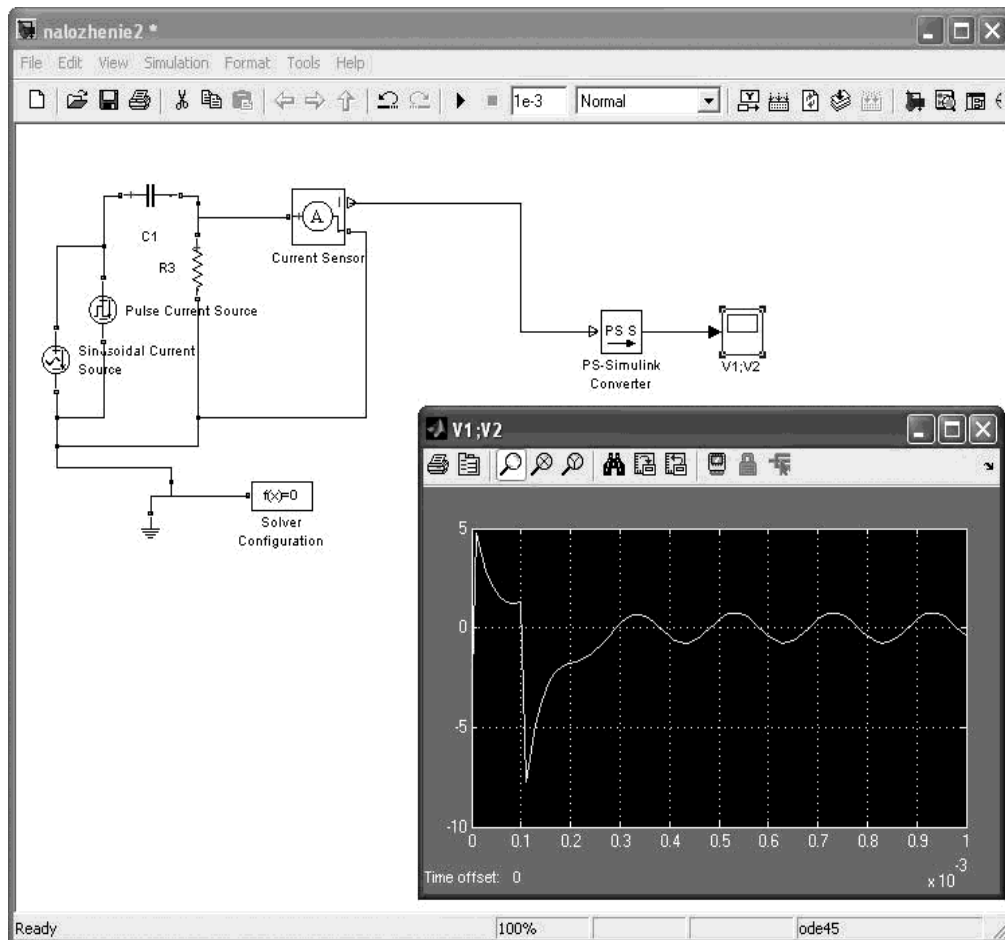


Рис. 6. Схема моделирования дифференцирующей цепи, на входе которой действительный сигнал в виде прямоугольного импульса и синусоиды

Пакет расширения SimElectronics дает широкие возможности для моделирования электронных схем и сигналов. Изучение пакета является очень перспективным и полезным для решения задач моделирования в радио-электротехнике.

Литература

1. Дьяконов В.П. Пакет моделирования электронных схем SimElectronics // Системы компьютерной математики и их приложения: материалы

HEURISTIC IDEAS OF USING GENETIC ALGORITHM FOR SOLVING LOT-SIZE PRODUCTION SCHEDULING PROBLEMS

V. GORELIK*, WIM DE BRUYN**, D. BORODIN**

* Dorodnicyn Computing Centre of Russian Academy of Sciences, Moscow

** University College of Ghent, Belgium

e-mail: dk.borodin@gmail.com

Introduction. The lot-size production scheduling problem addresses the problem of cyclic scheduling and lot sizing of multi-products in one facility as to minimizing the production duration, setup costs, fulfil customer time demands, etc. This problem is practically important and has been investigated since 1950s. A number of good reviews on the problem was provided by international researchers [eg Rogers, 1958; Elmaghraby, 1978; Lopez and Kingsman, 1991; Yao, 1999].

In this paper we assume that that the scheduling problem is formulated in a very generic way: Minimize an Objective function, subject to production capacity, resource and other constraints, formulated as equations and inequalities.

We also assume that decision variables are binary, ie $x_{i,j,k} \in \{0,1\}$.

There are many techniques developed for solving such problems, including analytical algorithms (eg Branch-and-Bound [Theo C. Ruys, 2001]) and heuristic/Metaheuristic algorithms (eg local search, tabu search, ant colony optimization, evolutionary algorithms etc). The time cost of analytical algorithms growth significantly with the size of the problem and it becomes practically impossible and unreasonable to use them for real-life problems. To avoid this, more and more heuristic ideas are being developed trying to reduce the computation time.

Here we explain the heuristic ideas for using genetic algorithm (GA) to solve some of the above mentioned problems.

Genetic Algorithm. A population of abstract representations (called chromosomes or the genotype of the genome) of candidate solutions (called individuals, creatures, or phenotypes) to an optimization problem evolves toward better solutions. Traditionally, solutions are represented in binary as strings of 0s and 1s, but other encodings are also possible. The evolution usually starts from a population of randomly generated individuals and happens in generations. In each generation, the fitness of every individual in the population is evaluated, multiple individuals are stochastically selected from

the current population (based on their fitness), and modified (recombined and possibly randomly mutated) to form a new population. The new population is then used in the next iteration of the algorithm. Commonly, the algorithm terminates when either a maximum number of generations has been produced, or a satisfactory fitness level has been reached for the population. If the algorithm has terminated due to a maximum number of generations, a satisfactory solution may or may not have been reached.

Heuristic Ideas. Two ideas are offered within the mentioned above problem.

Idea 1: Use vectors of binary solutions as chromosomes without encoding

We have a matrix of binary variables like $x_{i,j,k} \in \{0,1\}$, it is possible to represent it as a set of vectors. Such a vector looks as following:

$$x_{i,j} = (0, 0, 0, 1, 0, \dots, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0)$$

Each vector is a chromosome, and set of chromosomes is a solution in the terms of GA, and, in this case, respectively a solution of the mentioned above problem.

Thus, it is possible to save computation time by excluding from GA encoding and decoding of solutions.

In order to handle the constraints [P.-T. Chang et al., 2006], it is possible to discard strings on the generation step of GA: once the string is generated, it is checked whether the string is feasible or not; if not, the string is discarded, and new one is generated.

The reproduction process produces offspring or children to the next generation. It may be executed by using the classic roulette wheel technique with the respective probabilities of the strings to be reproduced.

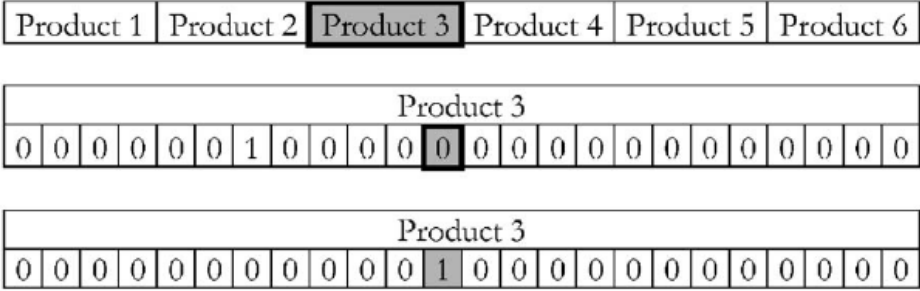
The classic one-point crossover may be illustrated by the following example [P.-T. Chang et al., 2006]: with the respective probability for crossover of two strings randomly selected in which the genes of the products in the two strings after a randomly selected product are swapped, is used.

String 1	Product 1 ₁	Product 2 ₁	Product 3 ₁	Product 4 ₁	Product 5 ₁	Product 6 ₁
String 2	Product 1 ₂	Product 2 ₂	Product 3 ₂	Product 4 ₂	Product 5 ₂	Product 6 ₂
String 1'	Product 1 ₁	Product 2 ₁	Product 3 ₁	Product 4 ₂	Product 5 ₂	Product 6 ₂
String 2'	Product 1 ₂	Product 2 ₂	Product 3 ₂	Product 4 ₁	Product 5 ₁	Product 6 ₁

For mutation with the respective mutation probability, the procedure of randomly selecting a product, from which randomly selecting a gene, changing the value to one and reassigning zero to all the other genes of this product, is used.

Moreover, after crossover and mutation operators infeasible strings may also be created. This problem can be resolved by replacing the infeasible

one(s) with the highest total-cost one(s) in the last population instead of the lowest total-cost one(s) as to maintaining the diversity of chromosomes.



Idea 2: Use vectors of binary solutions as chromosomes without encoding

The decision variables of the problem described above may be represented as a matrix, let it be a three-dimensional matrix $x_{i,j,k} \in \{0,1\}$. In many cases the problem is in finding the values of decision variables equal to 1, in other words, to determine places of 1s in matrix sub vectors. So, we are interested only in indexes of our variables where the values are equal to 1.

Instead of searching the space of 0s and 1s, we search the vectors of integer numbers, each giving the respective place (index) of 1 for the original formulation. For this, we can use standard GA and define boundaries of our index variables, and for the evaluation of generated solutions on each stage we assume the objective function and the constraints to be dependent on the index variable(s).

Tools for Computational Experiments. There are a number of tools which help perform computation experiments to check the algorithm and/or solve the real-life problem.

For the case of this paper it is reasonable to use either Mathcad (www.ptc.com/products/mathcad/) [Dyakonov, 2007] for small and average sized problems or Matlab (www.mathworks.com/products/matlab/) [Dyakonov, 2008] for the problems of bigger (ie industrial) size.

Moreover, Matlab has a special GA toolbox which can help solve implement the described heuristic ideas.

Authors use Mathcad to test their heuristic ideas; it gives the solution within the reasonable time period for test instances of the problem under study.

Special Thanks. *Authors want to thank Professor Vladimir DYAKONOV for the help with implementation of GA in Mathcad and for the fruitful cooperation.*

References

1. Rogers J. A computational approach to the economic lot scheduling problem // Management Science. 1958. № 4. P. 264–291.

2. Elmaghraby S.E. The economic lot scheduling problem (ELSP): Review and extensions // *Management Science*. 1978. № 24. P. 587–598.
3. Lopez M.A., Kingsman, B.G. The economic lot scheduling problem: Theory and practice // *International Journal of Production Economics*. 1991. № 23. P. 147–164.
4. Yao M.-J. The economic lot scheduling problem with extension to multiple resource constraints: Ph.D. Dissertation / North Carolina State University, Raleigh, NC, USA, 1999.
5. Theo C. Ruys Optimal Scheduling using Branch and Bound with SPIN. 2001. 4.0. 16 p.
6. Chang P.-T. et al. A genetic algorithm for solving a fuzzy economic lot-size scheduling problem / *Int. J. Production Economics*. 2006. Vol. 102. P. 265–288.
7. Dyakonov V. Mathcad 11/12/13 in Mathematics: Guide. M.: Goryachaya Liniya. Telecom (in Russian), – 2007.
8. Dyakonov V. MATLAB R2006/2007/2008+Simulink 5/6/7. Implementation Guide. Second edition. M.: SOLON-Press, 2008. 800 p.

СЕКЦИЯ 2

Параллельные вычисления и многоядерные процессоры

ПРИМЕНЕНИЕ ОПТОВОЛОКОННЫХ ДАТЧИКОВ В ЭНЕРГЕТИКЕ

И.В. АБРАМЕНКОВА, Д.А. ПАВЛОВ, Ю.В. ТРОИЦКИЙ

Филиал ГОУ ВПО МЭИ (ТУ), г. Смоленск

e-mail: troicky@keytown.com

Одной из актуальнейших задач современной техники является задача повышения надежности и точности систем контроля и диагностики в энергетике. Решение этой задачи выходит за рамки чисто технической проблемы, так как затрагивает экономику и безопасность жизнедеятельности. Ярким подтверждением этого являются события на Саяно-Шушенской ГЭС. С появлением в конце 90-х годов нового класса оптоволоконных датчиков тока и напряжения [1] появилась возможность значительно повысить надежность и точность устройств учета и контроля качества поставляемой электроэнергии, прежде всего в высоковольтных и средневольтных электрических сетях. Это объясняется тем, что наиболее сложные вопросы обеспечения изоляции для высоковольтных приложений решаются автоматически за счет физической природы преобразования, так как элементы оптики оптического волокна изначально являются диэлектриками. Соответственно легко обеспечивается гальваническая развязка измерительной и высоковольтной цепи, повышается безопасность при эксплуатации данных приборов, так как в них отсутствуют негорючие (масло, бумага) или экологически опасные (SF₆) вещества, требующие постоянного контроля.

Разработкой оптических датчиков напряжения и тока занимается в мире целый ряд фирм, среди которых следует отметить канадскую фирму NxtPhase T&D Corporation, шведскую фирму PowerSense A/S, американские фирмы OptiSense Network, Inc ABB Inc., Airak, Inc., FieldMetrics Inc. (FMI).

Известный интерес к разработкам, исследованиям и внедрению этих датчиков проявляется и в России. Впервые в России оптические преобразователи были продемонстрированы компанией «ПроЛайн» [2], являющейся эксклюзивным представителем компании NxtPhaseT&D Corporation (Canada), на выставке «Электрические сети России» в ноябре 2006 года. Уже в 2007 году установлены и введены в эксплуатацию комбинированные оптические системы NXVCT-220 на подстанции 220 кВ ОАО «РЖД», в апреле 2008 года с применением оптического трансфор-

матора NXCT-F3 в Сургуте создан опытный полигон для подтверждения его эксплуатационных и метрологических характеристик, в декабре 2008 года ОАО «ТГК1» с применением оптического трансформатора NXCT-F3 введена точка коммерческого учета.

В 2006 году в России создана компания ООО «Уникальные волоконные приборы» [3], занимающаяся разработкой и изготовлением отечественных оптоволоконных трансформаторов тока и напряжения, которые, судя по публикуемым техническим характеристикам, не уступают лучшим зарубежным образцам.

Работа оптического датчика тока основана на эффекте Фарадея, заключающемся в изменении поляризации светового потока под воздействием магнитного поля. Конкретная реализация датчиков, использующих этот эффект, может отличаться и патентуется соответствующими фирмами-производителями. Электронно-оптическая схема датчика тока содержит источник оптического сигнала. Этот сигнал с помощью разветвителя преобразуется в два право- и лево-поляризованных сигнала с противоположными направлениями вращения, которые поступают в оптическую петлю, выполненную из N витков оптоволокна. Магнитное поле, создаваемое током I , протекающим по проводу, в соответствии с эффектом Фарадея замедляет один сигнал и ускоряет другой. Оба сигнала доходят до следующего кругового поляризатора, который преобразует их в линейно поляризованные световые потоки с плоскостями поляризации, сдвинутыми на угол

$$\Delta\varphi = 4 \cdot V \cdot N \cdot I,$$

где V – постоянная Верде – величина, характеризующая магнитное вращение плоскости поляризации в веществе. Её значение зависит от свойств вещества, длины волны и монохроматичности излучения.

Разность времен прохождения в двух направлениях для световых волн с левой и правой круговой поляризацией составляет от 10^{-21} до 10^{-15} с. в зависимости от силы тока. Непосредственное измерение таких величин нецелесообразно, поэтому с высокой точностью измеряется разность оптических путей или фаз, которая является долей длины волны света. Для этого волны подвергаются интерференции, т.е. налагают друг на друга. В зависимости от разности фаз волн последние интерферируют с усилением или ослаблением. Наименьшая разность пути, которую удастся измерить, в 100 раз меньше диаметра атома водорода и соответствует току 0,25 А (при измерении в течение одной секунды на одном витке). В настоящее время максимальный измеряемый ток, при котором разность путей равна целой длине волны, составляет ± 600 кА.

Работа оптического датчика напряжения основана на эффекте Поккельса, заключающемся в возникновении двойного лучепреломления в оптических средах при наложении постоянного или переменного

электрического поля. Напряжение рассчитывается на основании измерения датчиками напряженности электрического поля в нескольких точках колонны.

К достоинствам оптоволоконных датчиков следует отнести возможность их применения в цепях постоянного тока, что открывает широкие возможности их применения в системах управления и учета в металлургической и химической промышленности. В этой отрасли заказчикам для управления процессами необходимы высокоточные датчики постоянного тока (с погрешностью в пределах 0,1%). При производстве алюминия, меди, марганца, цинка, стали и хлора требуются огромные объемы электроэнергии. Электролизные ванны для производства алюминия обычно питаются постоянным напряжением 1000 В и потребляют ток до нескольких сот килоампер. Чтобы получить такую мощность в виде постоянного тока от электросети переменного тока, необходимо объединять вместе большое количество выпрямителей. При внедрении оптимизированных процессов предприятия могут экономить электроэнергию и контролировать фактический расход энергии, а значит, с большей точностью управлять процессом. Важность этого вопроса становится особенно очевидной, если учесть, что ошибка на 0,1% в измерении тока 500 кА означает ошибку на 0,5 МВт. Лучшие зарубежные образцы токовых датчиков имеют следующие основные характеристики :

- диапазон измерений – до ± 500 кА (допускается превышение на 100 кА),
- погрешность датчика – $\pm 0,1\%$
- частота дискретизации – 4 кГц,
- диапазон рабочих температур головки датчика – от -40 до 85 °С, для электроники контроллера – от -20 до $+55$ °С .

Существенным недостатком зарубежной продукции в условиях России является ограниченный отрицательный температурный диапазон (не ниже -40 °С). В связи с этим вызывает повышенный интерес разработки компании ООО «Уникальные волоконные приборы», датчики которой могут работать в диапазоне от -60 °С.

Естественно, для поддержки работы таких сложных прецизионных устройств требуется серьезная программная поддержка, как на низшем уровне, предназначенном для непосредственного управления работой датчика с использованием сигнального процессора, так и для дальнейшей обработки полученного сигнала.

Литература

1. Окоси Т. [и др.] Волоконно-оптические датчики / под ред. Т. Окоси. Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1990. 256 с: ил.
2. Власов М., Сердцев А. Оптические трансформаторы: первый опыт // Энергоэксперт. 2007. № 1. С. 46-49.
3. URL: www.ufdgroup.ru

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ CUDA-ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ГРАВИТАЦИОННОГО ПОЛЯ ЗЕМЛИ

К.А. АЛИПБАЕВ, Д.Ш. АХМЕДОВ, Т.М. БОПЕЕВ, Н.К. ДЖАМАЛОВ,
С.А. ЕЛУБАЕВ, А.С. СУХЕНКО

ДТОО “Институт космической техники и технологий”
050061 Республика Казахстан, г. Алматы, ул. Кисловодская, 34
факс: 8(727)2762167; e-mail: txcsrpn@mail.ru

1. МОДЕЛЬ ГРАВИТАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА ЗЕМЛИ

Как известно, движение космического аппарата (КА) происходит главным образом под действием сил притяжения или гравитационных сил, которые определяются законом всемирного тяготения. Гравитационные силы консервативны, поэтому они имеют потенциал.

Простейшая математическая модель при моделировании движения космического аппарата в гравитационном поле Земли состоит в замене данных тел материальными точками, в которых сосредоточена масса этих тел. Но в реальных условиях при расчёте гравитационного потенциала Земли указанные модели становятся неадекватными. В этом случае используют математические модели, где Земля рассматривается в виде тела, ограниченного эллипсоидом вращения (сфероидом) или другими более сложными моделями. Следовательно, моделирование гравитационного поля Земли является одной из основных задач при расчёте движения космического аппарата.

На данный момент наиболее точной является модель потенциала поля, где потенциал притяжения Земли представлен в виде разложения по сферическим функциям [1]:

$$U_E = \frac{fm_E}{r} \left\{ 1 - \sum_{n=2}^{\infty} J_n \left(\frac{r_0}{r} \right)^n P_n(\sin \varphi) + \sum_{n=2}^{\infty} \sum_{k=1}^n \left(\frac{r_0}{r} \right)^n P_n^k(\sin \varphi) \cdot [C_{nk} \cos k\lambda + S_{nk} \sin k\lambda] \right\}, \quad (1)$$

где f – гравитационная постоянная, m_E – масса Земли, $r = |\vec{r}|$ – модуль радиус-вектора КА, n – порядок присоединенной функции Лежандра, $P_n(\sin \varphi)$ – многочлен Лежандра порядка n (при $k = 0$), r_0 – средний экваториальный радиус Земли, k – индекс присоединенной функции Лежандра, $P_n^k(\sin \varphi)$ – присоединенные функции Лежандра индекса k и порядка n (при $k \neq 0$), J_n, S_{nk}, C_{nk} – коэффициенты, определяемые при помощи гравиметрических и геодезических измерений, а также по наблюдениям за движениями КА и Луны и задаются в виде таблиц, λ – долгота притягивающей точки, φ – широта притягивающей точки.

Уравнение, описанное в формуле (1), было рекомендовано Комиссией Международного Астрономического Союза как Стандартная форма записи потенциала протяжения Земли.

Известно, что для получения более точных данных влияния гравитационного поля несферичности Земли необходимо использовать разложение гравитационного потенциала, описанного формулой (1), в ряд по сферическим функциям с достаточно большим числом его членов (до 360 членов и более).

Для вычисления гравитационного потенциала по формуле (1) введём сетку, образующую 3-мерное полое сферическое тело с определённой толщиной стенки, где границы задают область, в которой может находиться космический аппарат. Гравитационное возмущение, действующее на космический аппарат, будет получено в результате интерполяции значений потенциала в соседних узловых точках. Очевидно, что для достижения наибольшей точности требуется достаточно большое количество узлов сетки. Увеличение количества узлов в свою очередь приводит к дополнительным затратам вычислительной мощности центрального процессора. Таким образом, целесообразно провести сокращение времени вычислений, что может быть достигнуто путём применения технологий параллельного программирования с использованием вычислительных возможностей современных графических плат.

2. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ГРАФИЧЕСКИХ ПЛАТ

Вычисления на графических платах или процессорах (Graphics Processing Unit – GPU) развиваются очень быстрыми темпами. На сегодняшний день существуют два основных производителя видеочипов – NVIDIA и AMD, которые разработали и анонсировали соответствующие платформы под названием CUDA (Compute Unified Device Architecture) и CTM (Close To Metal или AMD Stream Computing), соответственно. В отличие от предыдущих моделей программирования GPU они выполнены с учётом прямого доступа к аппаратным возможностям видеокарт. Платформы не совместимы между собой. CUDA – это расширение языка программирования C, который позволяет использовать специфические возможности определённых видеокарт, такие, как быстрая разделяемая (общая) память, присутствующая в современных вычислительных процессорах.

Именно поэтому компания NVIDIA выпустила платформу CUDA – C-подобный язык программирования со своим компилятором и библиотеками для вычислений на GPU. Поддержка NVIDIA CUDA есть у чипов G8x, G9x и GT2xx, применяемых в видеокартах GeForce серий 8, 9 и 200, которые очень широко распространены [2].

Вычислительная архитектура CUDA основана на концепции «одна команда на множество данных» (Single Instruction Multiple Data, SIMD) и понятии мультипроцессора.

Концепция SIMD подразумевает, что одна инструкция позволяет одновременно обработать множество данных. Мультипроцессор – это многоядерный SIMD процессор, позволяющий в каждый определенный момент времени выполнять на всех ядрах только одну инструкцию. Каждое ядро мультипроцессора скалярное, т.е. оно не поддерживает векторные операции в чистом виде.

Под устройством (device) мы будем понимать видеоадаптер, поддерживающий драйвер CUDA или другое специализированное устройство, предназначенное для исполнения программ, использующих CUDA (такое, например, как NVIDIA Tesla).

Хост (host) – программа в обычной оперативной памяти компьютера, использующая CPU и выполняющая управляющие функции по работе с устройством. Фактически та часть программы, которая работает на CPU, – это хост, а видеокарта – устройство.

Логически устройство можно представить как набор мультипроцессоров плюс драйвер CUDA.

Особенностью архитектуры CUDA является блочно-сеточная организация, необычная для многопоточных приложений. При этом драйвер CUDA самостоятельно распределяет ресурсы устройства между потоками. Поэтому использование подобной технологии позволяет существенно сократить время сложных математических вычислений, что подтверждается сравнением результатов расчёта на центральном процессоре и графической плате.

Как уже было отмечено выше, в качестве тестового примера был выбран расчет гравитационного потенциала Земли. Для расчета гравитационного потенциала как на центральном процессоре, так и на графической плате были подобраны минимальный и максимальный радиусы сферы таким образом, чтобы она полностью включала в себя орбиту космического аппарата с учетом расстояния от аппарата до центра масс сферы. Проведенное тестирование привело к следующим результатам.

Время вычисления гравитационного потенциала в однопоточном режиме на центральном процессоре Intel Core 2 Duo 2,67 Гц составило 2,53 мсек. Для вычислений на графической плате алгоритм расчёта гравитационного потенциала был адаптирован к вычислениям с учётом требований архитектуры CUDA. Во время вычислений использовалась графическая плата NVIDIA GeForce 8500 GT. Продолжительность параллельных вычислений на графических процессорах в многопоточном режиме составила 0,044 мсек, что 57 раз быстрее, чем расчёт на центральном процессоре. Это показывает, что использование CUDA-технологии позволяет значительно, до двух порядков, увеличить скорость вычислений, что открывает широкие возможности для использования графических процессоров при выполнении трудоёмких вычисле-

ний на обычных персональных компьютерах без привлечения во многих случаях дорогостоящих многопроцессорных вычислительных систем.

Литература

1 Аксенов Е.П. Теория движения искусственных спутников Земли. М.: Наука. Гл. ред. физ-мат. лит., 1977. 360 с.

2 Url: <http://cgm.computergraphics.ru/issues/issue16/cuda>

ПЕРЕДАЧА ДАННЫХ В СИСТЕМЕ СБОРА И ОБРАБОТКИ СЛУЖЕБНОЙ ИНФОРМАЦИИ РАЗНОРОДНОГО СЕТЕВОГО ОБОРУДОВАНИЯ

А.С. БОГОМАЗОВ, Н.Н. СТРОЕВ

Филиал ГОУ ВПО МЭИ (ТУ), г. Смоленск

e-mail: bogasmolensk@mail.ru

Функционирование системы сбора и обработки служебной информации сетевого оборудования (системы мониторинга) неразрывно связано с постоянным получением информации от конечных устройств.

В настоящее время большинство подобных систем (Zabbix, IBM Tivoli) используют полновесные унифицированные протоколы, например SNMP. Как правило, подобная стандартизация приводит к чрезмерному увеличению объема данных, необходимых для работы протокола (в случае SNMP – MIB файлы), а предоставляемая функциональность является избыточной для целей передачи служебной информации сетевого оборудования.

В ходе исследования была рассмотрена широкая номенклатура сетевого оборудования различных производителей, при этом были результаты, позволяющие сделать следующие выводы.

1. Передача служебной информации для целей мониторинга может быть реализована без использования стандартных «тяжелых» протоколов.

2. При наличии интерпретатора передача данных между ядром системы (сервером) сбора и обработки информации конечным сетевым устройством (клиентом) может быть реализована с использованием нескольких команд.

3. Получение любой команды, посланной в любом из направлений (от сервера к клиенту, от клиента к серверу), должно быть подтверждено получателем.

Синтаксис любой команды, используемой для передачи служебной информации, должен соответствовать следующему шаблону:

<команда> [-<опция_1:параметр_1: ... параметр_N> ...
-<опция_N:параметр_1:...параметр_N>]
<идентификатор интерпретатора/сервера>:<метка времени>

Анализ систем команд, всей номенклатуры рассмотренного оборудования показал, что данный шаблон позволяет представить не только любую команду, используемую для работы с сетевым оборудованием, но и набор команд, необходимых для управления этим оборудованием.

В качестве команд предлагается использовать следующий набор символов:

1. **GET** – запрос информации сервером у клиента;
2. **SET** – установка сервером параметров клиента;
3. **SETR** (send because trap) – самостоятельная отправка сообщения клиентом серверу, вызванная наступлением какого-либо заранее определенного события;
4. **GETR** (get because trap) – самостоятельная отправка сообщения клиентом серверу, вызванная наступлением какого-либо заранее определенного события и предполагающая ответную реакцию со стороны сервера;
5. **COMMIT** – подтверждение получения любого сообщения.

Примером использования команды *GET* может служить следующая запись:

```
get -status1:port1:port3:port52 -temperature3:sensor1:sensor44  
545:1234101220056
```

где 1 – запрос состояния порта;

2 – идентификаторы портов, состояние которых запрашивается;

3 – запрос температуры;

4 – идентификаторы датчиков, показания которых запрашиваются;

5 – идентификатор;

6 – метка времени.

Команда *COMMIT* должна быть послана отправителю первоначального сообщения с указанием полученного идентификатора и метки времени. В случае отсутствия команды подтверждения после истечения определенного интервала времени, иницилирующая сторона должна повторно выслать сообщение. Таким образом, достигается гарантированная доставка сообщений от клиента к серверу и обратно. Подтверждение для приведенного примера использования команды *GET* должно выглядеть следующим образом:

```
commit 54:123410122005
```

Литература

1. Douglas M., Kevin J. Schmidt Essential SNMP. O'Reilly. 2001. 291 p.

2. Станек У. Командная строка Microsoft Windows: справочник администратора. М., 2004. 480 с.

ПОДДЕРЖКА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКИХ БАЙЕСОВЫХ СЕТЕЙ

В.В. БОРИСОВ*, **А.С. ЗАХАРОВ****

Филиал ГОУ ВПО МЭИ (ТУ), г. Смоленск
e-mail: * vborisov@etna-ru.ru; ** auth1989@yandex.ru

Проблемы эффективного использования байесовских сетей для поддержки принятия решений заключаются в следующем.

Во-первых, существующий подход к поддержке принятия решений с использованием байесовских сетей (БС) предполагает только использование байесова механизма вывода. При этом на систему, реализующую данный подход, возлагается именно задача реализации байесовского вывода и не более того. А весь спектр задач, связанных с оперированием множеством альтернатив, исходов и их характеристиками, возлагается на самого пользователя.

Во-вторых, при использовании байесовских сетей для поддержки принятия решений сложно учесть систему пользовательских предпочтений и «отобразить» ее на задачу многокритериального выбора.

В-третьих, ограничения использования традиционного байесового подхода обусловлены сложностью выполнения следующих требований:

- получение точных оценок переменных при построении байесовой сети;
- необходимость выделения у переменных байесовой сети набора взаимоисключающих состояний;
- учет неопределенности влияния переменных байесовой сети друг на друга.

Для решения первой проблемы необходимо сформулировать постановку задачи принятия решений с использованием БС. Пусть имеется множество переменных предметной области $U = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}$ – узлы байесовской сети. Выделим в исходном множестве U : подмножество альтернатив $A = \{a_1, a_2, \dots, a_m\}$ и подмножество исходов $R = \{r_1, r_2, \dots, r_p\}$. Для всех элементов множеств A и R должно выполняться следующее условие: наличие причинно-следственной связи между выбором некоторой альтернативы $a_i \in A$ и наступлением исхода $r_j \in R$. Требуется выбрать наилучшую (наиболее вероятную) альтернативу a_i , для которой соответствующий исход r_j имеет наилучшую оценку качества: $X \xrightarrow{\Pi} X', r_j \in X'$.

Вторая проблема может быть решена введением в формализованную постановку задачи принятия решений с использованием байесовской сети системы пользовательских предпочтений. В традиционном подходе к решению задачи принятия решений с использованием БС каждый исход оценивается одним параметром, в качестве которого выступает вероятность его наступления. Однако в большинстве практических задач возникает необходимость оценивать исходы по нескольким параметрам, качественно различающимся между собой. Каждый узел в байесовой сети помимо вероятности может характеризоваться рядом параметров $\Pi = \{n_1, n_2, \dots, n_n\}$, где n_i – конкретный параметр (например, вероятность, полезность, цена, надёжность). Очевидно, конкретный набор параметров должен определяться целями, которые ставит лицо, принимающее решение. При этом данные параметры не должны «выводиться» друг из друга, а основываться на независимых или слабо коррелированных характеристиках системы.

Одним из основных путей решения третьей проблемы является введение нечёткости в БС, обусловленное неопределённостью состояния узлов сети, неопределённостью влияния родительских узлов на потомка, неточными (качественными) оценками экспертов. Рассмотрим эти аспекты.

Альтернативы и исходы представляют собой некоторые переменные (утверждения, факты, характеристики) предметной области. В классической байесовой сети эти переменные должны иметь набор взаимоисключающих состояний. Но часто нельзя чётко различить состояния переменной. Вследствие размытости границы между состояниями невозможно точно оценить вероятность нахождения переменной в одном из состояний.

Кроме того, в каждом узле содержится таблица условных вероятностей, которая, по сути, отражает и характеризует взаимосвязи между узлом-потомком и его родителями. Для возможных означиваний родительских узлов в данной таблице содержится вероятность нахождения узла-потомка в том или ином состоянии. Здесь можно говорить о возникновении неопределённости связей (или неопределённости влияния). Она возникает в том случае, если нельзя точно оценить влияние одного узла на другой. Неопределённость связи характеризуется тем, что сложно точно оценить, как влияет один узел на другой, а следовательно, сложно дать точную оценку.

При наличии связи между альтернативами и исходами и отсутствии или невозможности получения информации вероятностного характера приходится пользоваться оценками экспертов, которые носят зачастую не точный, а оценочный характер.

Основными способами введения нечеткости в байесовы сети, позволяющими учесть указанные выше аспекты при решении третьей проблемы, являются следующие:

- замена вероятностей значений переменных байесовой сети на нечеткие множества (термы лингвистических переменных), а операций над четкими значениями – на операции S- и T-норм над нечеткими множествами;
- замена вероятностей значений переменных байесовой сети на нечеткие числа, а обычных операций – на расширенные операции над нечеткими числами.

В соответствии с предложенным подходом к решению указанных выше проблем предлагается новая модель нечеткой байесовой сети, способ нечеткого байесового вывода, а также программные средства, реализующие поддержку принятия решений на их основе.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ В ГОЛОВКЕ ТАЗОБЕДРЕННОГО СУСТАВА, НАХОДЯЩЕГОСЯ ПОД ВНЕШНЕЙ НАГРУЗКОЙ

А.В. БОРИСОВ^{*}, А.В. КОНАШЕНКО^{}**

^{*} Филиал ГОУ ВПО МЭИ (ТУ), г. Смоленск

^{**} Смоленский государственный университет, г. Смоленск

e-mail: BorisowAndrej@yandex.ru

В экспериментальных работах в Центральном институте травматологии и ортопедии [1] установлено, что головка тазобедренного сустава является практически идеальной сферой, за исключением шейки бедра.

В работах гомельских ученых (Шилько С.В. и др.) [2] показано, что смазка в суставе является жидкокристаллической и обеспечивает практически нулевое трение в зоне контакта и сглаживание всех несовершенств поверхности: шероховатостей, асферичности, неровностей и других отклонений поверхности от идеальной сферы. Эта смазка обеспечивает практически равномерное гидростатическое давление в суставе.

Также имеет место внутреннее давление костного мозга на элементы сустава.

В исследовании учитывается многослойность и многокомпонентность структуры головки тазобедренного сустава: наличие надкостницы, кости, внутреннего губчатого вещества.

В процессе жизни человека в суставе происходят изменения, связанные с множеством причин. В результате этих изменений возникают отклонения формы от идеальной сферической, появляются шероховатости поверхности и неравномерности распределения давления. В даль-

нейшем мы исследуем эти случаи.

Создадим математические модели для различных приближений к реальному суставу или протезу, учитывающие различное количество слоев, из которых он состоит. Каждое решение для определенной модели является законченным, и им можно непосредственно пользоваться при расчетах в реальных ситуациях, возникающих в практике.

Рассмотрим в качестве первого приближения, модель полого шара, внешним радиусом R_1 и внутренним R_2 , находящегося под действием внешнего давления p_1 и внутреннего p_2 (рис. 1).

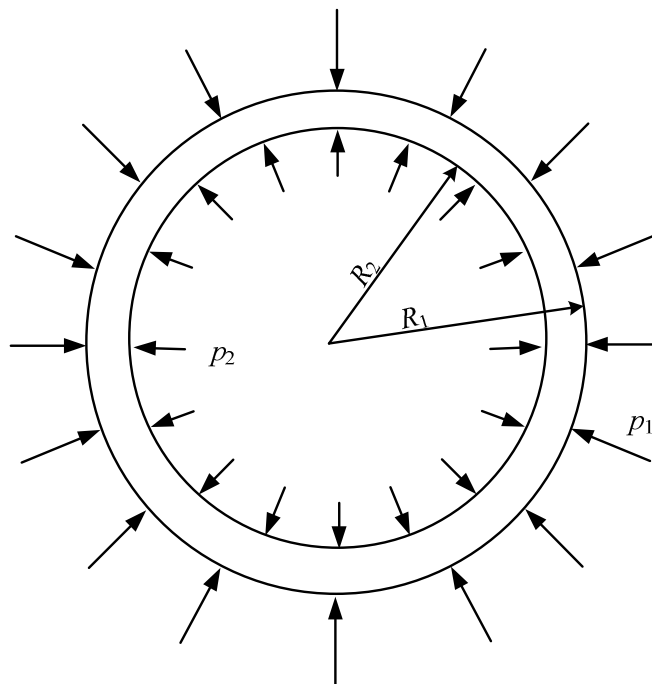


Рис. 1. Модель однослойной сферы, находящейся под действием внешнего и внутреннего давлений

Л.Д. Ландау и Е.М. Лившиц [3] в определении деформации полого шара приводят только одно решение данной задачи для однослойной оболочки. Ими получены компоненты тензора деформации в сферических координатах:

$$u_{rr} = a - 2b/r^3, \quad u_{\theta\theta} = u_{\varphi\varphi} = a + b/r^3 \quad (1)$$

и радиальное напряжение

$$\sigma_{rr} = \frac{E}{(1+\sigma)(1-2\sigma)} [(1-\sigma)u_{rr} + 2\sigma u_{\theta\theta}] = \frac{E}{1-2\sigma} a - \frac{2E}{1+\sigma} \frac{b}{r^3}. \quad (2)$$

Постоянные a и b определены ими из граничных условий: $\sigma_{rr} = -p_2$ при $r = R_2$ и $\sigma_{rr} = -p_1$ при $r = R_1$:

$$a = \frac{p_1 R_1^3 - p_2 R_2^3}{R_2^3 - R_1^3} \cdot \frac{1-2\sigma}{E}, \quad b = \frac{R_1^3 R_2^3 (p_1 - p_2)}{R_2^3 - R_1^3} \cdot \frac{1+\sigma}{2E}. \quad (3)$$

Авторы ограничились этим решением. Но оно открывает путь к решению более сложных задач, в том числе дает возможность описать аналитически предложенную нами модель.

Исходя из предложенных Л.Д. Ландау и Е.М. Лившицем результатов, мы можем записать формулы распределения напряжений по толщине шарового слоя для рассматриваемой однослойной сферы

$$\begin{aligned} \sigma_{rr} &= \frac{1}{R_2^3 - R_1^3} \left(p_1 R_1^3 - p_2 R_2^3 - \frac{R_1^3 R_2^3}{r^3} (p_1 - p_2) \right), \\ \sigma_{\theta\theta} = \sigma_{\varphi\varphi} &= \frac{1}{R_2^3 - R_1^3} \left(p_1 R_1^3 - p_2 R_2^3 + \frac{R_1^3 R_2^3}{2r^3} (p_1 - p_2) \right), \end{aligned} \quad (4)$$

где $\sigma_{\theta\theta}$ и $\sigma_{\varphi\varphi}$ – угловые компоненты тензора напряжений.

Аналогично, подставляя формулы (3) в формулы (1), получаем компоненты тензора деформаций:

$$\begin{aligned} u_{rr} &= \frac{p_1 R_1^3 - p_2 R_2^3}{R_2^3 - R_1^3} \cdot \frac{1 - 2\sigma}{E} - \frac{1}{r^3} \cdot \frac{R_1^3 R_2^3 (p_1 - p_2)}{R_2^3 - R_1^3} \cdot \frac{1 + \sigma}{E}, \\ u_{\theta\theta} = u_{\varphi\varphi} &= \frac{p_1 R_1^3 - p_2 R_2^3}{R_2^3 - R_1^3} \cdot \frac{1 - 2\sigma}{E} + \frac{1}{r^3} \cdot \frac{R_1^3 R_2^3 (p_1 - p_2)}{R_2^3 - R_1^3} \cdot \frac{1 + \sigma}{2E}. \end{aligned} \quad (5)$$

Рассмотрим следующую модель: шар внутри оболочки, состоящей из трех сфер.

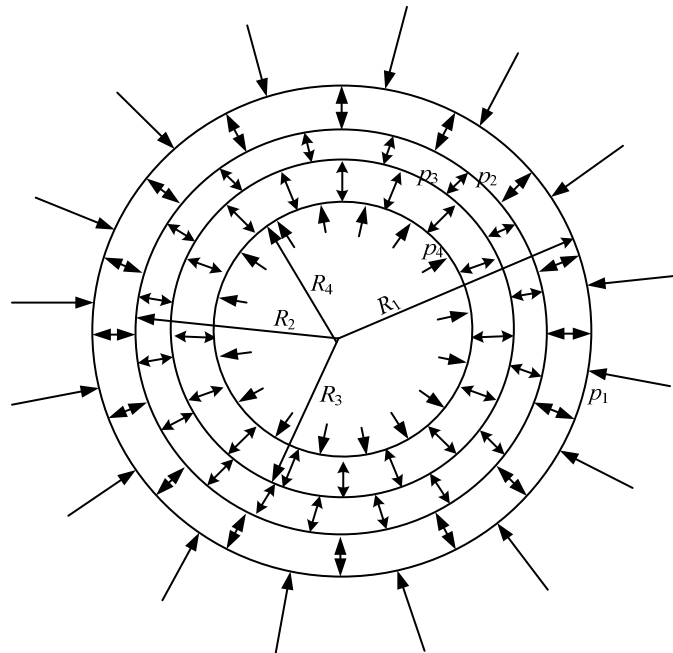


Рис. 2. Модель многослойной оболочки, находящейся под действием внешнего и внутреннего давлений

Полагая в формуле (5) $r = R_i$, ($i = 2, 3, 4$), где под R_i понимается внутренний радиус внешней и средней сфер, из радиальной компоненты

тензора деформации получаем систему трех уравнений, линейных относительно неизвестных давлений p_2 , p_3 и p_4

$$\left\{ \begin{aligned} & \frac{p_1 R_1^3 - p_2 R_2^3}{R_2^3 - R_1^3} \cdot \frac{1-2\sigma}{E} - \frac{R_1^3(p_1 - p_2)}{R_2^3 - R_1^3} \cdot \frac{1+\sigma}{E} = \\ & = \frac{p_2 R_2^3 - p_3 R_3^3}{R_3^3 - R_2^3} \cdot \frac{1-2\sigma}{E} - \frac{R_3^3(p_2 - p_3)}{R_3^3 - R_2^3} \cdot \frac{1+\sigma}{E}, \\ & \frac{p_2 R_2^3 - p_3 R_3^3}{R_3^3 - R_2^3} \cdot \frac{1-2\sigma}{E} - \frac{R_2^3(p_2 - p_3)}{R_3^3 - R_2^3} \cdot \frac{1+\sigma}{E} = \\ & = \frac{p_3 R_3^3 - p_4 R_4^3}{R_4^3 - R_3^3} \cdot \frac{1-2\sigma}{E} - \frac{R_4^3(p_3 - p_4)}{R_4^3 - R_3^3} \cdot \frac{1+\sigma}{E}, \\ & \frac{p_3 R_3^3 - p_4 R_4^3}{R_4^3 - R_3^3} \cdot \frac{1-2\sigma}{E} - \frac{R_3^3(p_3 - p_4)}{R_4^3 - R_3^3} \cdot \frac{1+\sigma}{E} = -p_4 \frac{1-2\sigma}{E}. \end{aligned} \right. \quad (6)$$

Решая эту систему уравнений, находим (если σ и E одинаковые для всего материала), что $p_2 = p_3 = p_4 = p_1$, т.е. как для однородного шара. Это естественный результат, подтверждающий правильность математического описания модели. Следовательно, модули Юнга материалов и σ различны, что и наблюдается в реальном суставе. Это мы учтем при рассмотрении системы уравнений при помощи индексов. Для внешней оболочки индекс 1, для внутренних сфер – 2 и 3, для шара – 4.

Тогда система уравнений (6) принимает вид:

$$\left\{ \begin{aligned} & \frac{p_1 R_1^3 - p_2 R_2^3}{R_2^3 - R_1^3} \cdot \frac{1-2\sigma_1}{E_1} - \frac{R_1^3(p_1 - p_2)}{R_2^3 - R_1^3} \cdot \frac{1+\sigma_1}{E_1} = \\ & = \frac{p_2 R_2^3 - p_3 R_3^3}{R_3^3 - R_2^3} \cdot \frac{1-2\sigma_2}{E_2} - \frac{R_3^3(p_2 - p_3)}{R_3^3 - R_2^3} \cdot \frac{1+\sigma_2}{E_2}, \\ & \frac{p_2 R_2^3 - p_3 R_3^3}{R_3^3 - R_2^3} \cdot \frac{1-2\sigma_2}{E_2} - \frac{R_2^3(p_2 - p_3)}{R_3^3 - R_2^3} \cdot \frac{1+\sigma_2}{E_2} = \\ & = \frac{p_3 R_3^3 - p_4 R_4^3}{R_4^3 - R_3^3} \cdot \frac{1-2\sigma_3}{E_3} - \frac{R_4^3(p_3 - p_4)}{R_4^3 - R_3^3} \cdot \frac{1+\sigma_3}{E_3}, \\ & \frac{p_3 R_3^3 - p_4 R_4^3}{R_4^3 - R_3^3} \cdot \frac{1-2\sigma_3}{E_3} - \frac{R_3^3(p_3 - p_4)}{R_4^3 - R_3^3} \cdot \frac{1+\sigma_3}{E_3} = -p_4 \frac{1-2\sigma_4}{E_4}. \end{aligned} \right. \quad (7)$$

Введем обозначения:

$$\frac{1-2\sigma_i}{E_i} = a_i, \quad \frac{1+\sigma_i}{E_i} = b_i, \quad R_i^3 = d_i, \quad (i = 1, 2, 3, 4), \quad \frac{1}{R_{i+1}^3 - R_i^3} = c_i, \quad (i = 1, 2, 3).$$

В введенных выше обозначениях система уравнений (7) принимает вид:

$$\begin{cases} c_1 a_1 (p_1 d_1 - p_2 d_2) - d_1 c_1 b_1 (p_1 - p_2) = c_2 a_2 (p_2 d_2 - p_3 d_3) - d_3 c_2 b_2 (p_2 - p_3), \\ c_2 a_2 (p_2 d_2 - p_3 d_3) - d_2 c_2 b_2 (p_2 - p_3) = c_3 a_3 (p_3 d_3 - p_4 d_4) - d_4 c_3 b_3 (p_3 - p_4), \\ c_3 a_3 (p_3 d_3 - p_4 d_4) - d_3 c_3 b_3 (p_3 - p_4) = -p_4 a_4. \end{cases} \quad (8)$$

Так как давление, прикладываемое к внешней сфере p_1 , известно, перепишем систему уравнений (8), линейную относительно неизвестных давлений p_2 и p_3 в стандартной форме записи.

$$\begin{cases} p_2 (d_1 c_1 b_1 + d_3 c_2 b_2 - d_2 c_1 a_1 - d_2 c_2 a_2) + p_3 (d_3 c_2 a_2 - d_3 c_2 b_2) = \\ = p_1 (d_1 c_1 b_1 - d_1 c_1 a_1), \\ p_2 (d_2 c_2 a_2 - d_2 c_2 b_2) + p_3 (d_2 c_2 b_2 + d_4 c_3 b_3 - d_3 c_2 a_2 - d_3 c_3 a_3) + \\ + p_4 (d_4 c_3 a_3 - d_4 c_3 b_3) = 0, \\ p_3 (d_3 c_3 a_3 - d_3 c_3 b_3) + p_4 (d_3 c_3 b_3 + a_4 - d_4 c_3 a_3) = 0. \end{cases} \quad (9)$$

Систему уравнений (9) можно представить в более компактном виде, если ввести следующие обозначения:

$$\begin{aligned} e_i &= d_{i-1} c_{i-1} b_{i-1} + d_{i+1} c_i b_i - d_i c_{i-1} a_{i-1} - d_i c_i a_i, \\ f_i &= d_i c_{i-1} a_{i-1} - d_i c_{i-1} b_{i-1}, \\ g_i &= d_i c_i a_i - d_i c_i b_i, \\ h_i &= d_{i-1} c_{i-1} b_{i-1} - d_i c_{i-1} a_{i-1} + a_i, \end{aligned}$$

где $i = 1, 2, \dots, n$.

Тогда система принимает вид:

$$\begin{cases} p_2 e_2 + p_3 f_3 = -p_1 g_1, \\ p_2 g_2 + p_3 e_3 + p_4 f_4 = 0, \\ p_3 g_3 + p_4 h_4 = 0. \end{cases} \quad (10)$$

Далее, решаем данную линейную систему уравнений по формулам Крамера, находим неизвестные давления p_2 , p_3 и p_4 .

$$p_2 = \frac{\begin{vmatrix} -p_1 g_1 & f_3 & 0 \\ 0 & e_3 & f_4 \\ 0 & g_3 & h_4 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} e_2 & f_3 & 0 \\ g_2 & e_3 & f_4 \\ 0 & g_3 & h_4 \end{vmatrix}}, p_3 = \frac{\begin{vmatrix} e_2 & -p_1 g_1 & 0 \\ g_2 & 0 & f_4 \\ 0 & 0 & h_4 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} e_2 & f_3 & 0 \\ g_2 & e_3 & f_4 \\ 0 & g_3 & h_4 \end{vmatrix}}, p_4 = \frac{\begin{vmatrix} e_2 & f_3 & -p_1 g_1 \\ g_2 & e_3 & 0 \\ 0 & g_3 & 0 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} e_2 & f_3 & 0 \\ g_2 & e_3 & f_4 \\ 0 & g_3 & h_4 \end{vmatrix}}. \quad (11)$$

Подставляя найденные значения давления на сферы и шар в формулу (5), получаем распределения деформаций внутри внешней сферы, внутренней и шара соответственно. Ввиду громоздкости получаемых выражений мы их здесь не приводим.

Проведенные численные оценки соответствуют экспериментальным данным.

Литература

1. Гаврюшенко Н.С. Материаловедческие аспекты создания эрозиянностойких узлов трения искусственных суставов человека: дис. д-ра техн. наук. М., 2000. 234 с.
2. Pleskachevsky Yu.M., Shilko S.V., Ermakov S.F. Methods of wear reducing based on bioprototypes of tgibojoints // Journal of Synthetic Lubrication. 2005. Vol. 22, № 4. P. 225–236.
3. Ландау Л.Д., Лившиц Е.М. Теория упругости. М.: Наука, 1987. 246 с.

К ВОПРОСУ О СОЗДАНИИ ОТЕЧЕСТВЕННОГО СЕРВЕРА БАЗ ДАННЫХ

Т.И. ГАЙДАЕНКО, А.О. ПРОВОТОРОВА, А.Е. ШИРАЙ

ООО «СайнГрейн», г. Москва

e-mail: tatiana@sciengrain.ru, anna@sciengrain.ru, alexander@sciengrain.ru

По оценкам экспертов, крупные российские компании-производители серверов, такие как Kraftway, Aquarius, R-Style, DEPO Computers, USN Computers, доминировали на российском серверном рынке несколько лет назад. Однако к 2009 году ситуация изменилась: существенную долю рынка серверов в России стали занимать зарубежные компании. По итогам 2008 года самые значимые зарубежные бренды на российском рынке – Hewlett-Packard, IBM, а также Dell и Fujitsu-Siemens – в сумме контролировали более 60% рынка, в то время, как доля основных российских марок – Kraftway, Aquarius, R-Style – составила только 20%. По мнению специалистов российского представительства компании Gartner, снижение доли российских брендов объясняется тем, что собранные в России продукты технологически все больше отстают от западных. Это связано с тем, что предложение с их стороны новых серверных технологий ограничено [1, 2, 3].

Эксперты считают, что "через два-три года рынок серверов в России вновь начнет расти, так как уровень информатизации во многих российских отраслях еще далек от необходимого" [4].

Говоря о повышении уровня информатизации, следует отметить, что ООО «СайнГрейн» осуществляет исследования в области информатизации образования. Применение новых информационных технологий в образовании позволит поднять на качественно новый уровень процесс обучения и повышения квалификации за счет использования нового отечественного сервера баз данных. Такой сервер позволит увеличить объем учебной информации, доступной каждому студенту по конкретной дисциплине, облегчит сбор, обработку и анализ методических материалов, даст преподавателям удобный инструмент для подготовки лекций и семинаров, контроля знаний и передачи необходимой информации студентам [5].

ООО «СайнГрейн» предлагает создать на базе аппаратуры отечественной сборки высокопроизводительный отечественный сервер хранения и обработки данных. Это универсальный высокопроизводительный сервер, который может быть использован в качестве сервера баз данных в крупных компаниях (корпоративные клиенты), использующих СУБД или серверы СУБД, или в качестве Web-сервера или сервера баз данных в компаниях, основная деятельность которых заключается в предоставлении хостинговых услуг.

Высокие показатели производительности сервера достигаются за счет эффективного использования имеющихся многопроцессорных многоядерных архитектур программным обеспечением, которое будет разработано в рамках данного проекта. Созданная в ООО «СайнГрейн» технология параллельного программирования позволяет сократить время обработки запросов к базам данных в 10-20 раз по сравнению с Microsoft SQL Server 2008, а запатентованная ООО «СайнГрейн» модель представления данных позволит существенно упростить схему базы данных и ускорить обработку данных [6]. Использование новой технологии параллельного программирования позволит получить скорость обработки транзакций от 200 в секунду и более на аппаратуре, которая имеет значительно более низкие показатели при работе с Microsoft SQL Server 2008.

Наш сегмент рынка – это российский рынок серверов (цена от 50 тысяч рублей) стандартной архитектуры x86 с операционной системой семейства UNIX, выполненных в конструктиве 1U и оптимально подобранной иерархией внешней памяти.

Российские производители серверов стандартной архитектуры x86 в конструктиве 1U (DEPO Computers, Kraftway, USN Computers, ГК «Аквариус», группа R-Style) выпускают серверы, на которые рекомендуется установка операционной системы Windows. Сервер будет производиться для работы под управлением ОС семейства UNIX. Основные преимущества использования Unix-подобных систем подробно описаны в работе [7].

Для нас самой важной характеристикой является возможность создания сборки, наилучшим образом соответствующей типу сервера. Предусматривается возможность использования последних достижений в области файловых систем (например, FS Hummer) и др. Таким образом, среди российских производителей серверов конкурентов в данном сегменте у компании «СайнГрейн» нет.

Основными требованиями потребителей в данном сегменте рынка являются:

- производительность – не менее 200 транзакций в секунду;
- цена сервера от 30 тыс. руб. до 1 млн. руб. для небольших, недавно созданных компаний;
- надежность;
- безопасность;
- масштабируемость.

Требуемая надежность будет получена как за счет надежности аппаратуры, так и за счет применения передовых технологий хранения и восстановления данных.

Безопасность будет обеспечена за счет традиционных и специальных режимов обработки информации и доступа к данным.

Масштабируемость будет обеспечена как на уровне одиночных серверов путем установки более производительного оборудования (процессоры, память, SSD и RAID контроллеры), так и за счет эффективной поддержки распределенной обработки данных со стороны системного и прикладного ПО.

Конфигурация аппаратуры сервера будет определяться как его назначением, так и ОС, такой, например, как FreeBSD. Сервер под управлением ОС FreeBSD, в отличие от сервера под управлением ОС Windows, имеет следующие преимущества: высокая надежность, безопасность (на ОС семейства UNIX нет вирусов), низкая стоимость (нет затрат на приобретение лицензионного программного обеспечения, так как ОС FreeBSD имеет свободную лицензию на использование) [3]. Важным достоинством является возможность использования самой передовой файловой системы Hummer, разработанной в рамках проекта FreeBSD Dragonfly, являющейся мощной поддержкой для аппаратных решений в части доступа к данным. ОС FreeBSD обеспечивает наилучшую загрузку ресурсов многоядерных вычислительных систем.

Представленный в статье анализ рынка серверов баз данных в России за последние годы показывает, что назрела необходимость в создании отечественного сервера. ООО «СайнГрейн» предлагает проект создания высокопроизводительного сервера, имеющего следующие характеристики:

- скорость обработки от 200 транзакций в секунду;
- низкая себестоимость по отношению к существующим решениям соответствующего уровня производительности;
- использование оптимизированного системного и специального прикладного ПО;
- поддержка возможности использования специальных аппаратных средств для параллельных вычислений (например, технологии GPGPU);
- использование новых файловых систем и совместно с эффективной аппаратурой, такой как SSD и RAID, для получения максимальной пропускной способности системы;
- внедрение элементов векторно-матричной модели описания данных, позволяющей значительно расширить функциональные возможности системы и оптимизировать доступ к сложно структурированным данным.

Предлагаемые подходы позволяют создать ряд эффективных серверных решений самого различного применения от сервера небольшой компании, распределенных систем, выделенного веб-сервера, до сервера БД в системах реального времени, таких как АСУ ТП и др.

Литература

1. Рынок серверов: краткий обзор. URL: <http://www.gcs.kz/news/0/46/>
2. Объем рынка серверов достиг 13-летнего минимума. URL: <http://business.compulenta.ru/454830/>
3. Л. Чуриков «СервЕровка» российского стола - IT News /18/137/20 октября, 2009. С. 8-9.
4. IBM лидирует на рынке серверов во втором квартале 2009 г. URL: <http://www.bytemag.ru/articles/detail.php?ID=15595>
5. Провоторова А.О., Гайдаенко Т.И., Сергеев В.П., Ширай А.Е., Оздемир С.М. Специализированная информационно-поисковая система как средство информатизации образования в высшей школе // Системы компьютерной математики и их приложения: материалы международной конференции. Смоленск: Изд-во СмолГУ, 2009. Вып.10. С. 147-150.
6. Сергеев В.П., Гайдаенко Т.И., Левин Н.А., Мунерман В.И., Оздемир С.М., Провоторова А.О., Ширай А.Е. Система представления данных в базе данных. Описание полезной модели к патенту RU 82 355 U1 // М.: Изд-во ФС по ИСП и ТЗ РФ, 2009. Бюллетень №11 от 20.04.2009.
7. Основные преимущества использования Unix-подобных систем. URL: <http://www.sisadminov.net/freebsd/advantages.html>

ПАРАЛЛЕЛЬНАЯ ПЕДАГОГИЧЕСКАЯ ЛОГИСТИКА

А.С. ГРИНБЕРГ*, О.Н. ЛАБКОВИЧ**

*Академия Управления при Президенте Республики Беларусь

**Белорусский национальный технический университет

1. Совпадение во времени развития логистики как комплекса параллельных систем управления материальными, информационными, финансовыми, энергетическими потоками, объединяемыми в бизнес-процессах, и развития многоядерных компьютеров как основы параллельных вычислений поставило новую задачу их интеграции в педагогическую обучающую логистическую систему (ПОЛС) для дуального управления опережающим исследованием логистических процедур с последующим обучением персонала процессам параллельной синхронизации управляемых потоков.

2. Обучающая система должна строиться как онтология в виде графа, связывающего предметные области частных логистик как процессов планирования, управления и эффективного контроля (с точки зрения снижения затрат) потоков запасов сырья, материалов, незавершенного производства, готовой продукции, услуг и сопутствующей информации от места возникновения этих потоков до места их потребления (включая

импорт, экспорт, внутренние и внешние перемещения) для целей полного удовлетворения запросов.

3. Таможенная логистика выполняет системообразующую роль в составе онтологии, контролируя перемещения потоков через границы государств. Интеграционная ликвидация традиционных национальных, таможенных и других барьеров предоставляет возможность свободного перемещения товаров, услуг и рабочей силы через границу и в то же время повышает роль логистической координации. Прикладная система таможенного менеджмента координирует различные виды логистики. Оптимизация продолжительности общего логистического цикла является важнейшей проблемой таможенной логистики, где используют современные логистические концепции, реализующие параллельные прикладные алгоритмы и программы функциональных областей логистики.

4. Распределенная и распараллеленная архитектура ПОЛС должна быть реализована на основе информационной логистики, поддерживаемой центральными многоядерными процессорами, содержащими два и более вычислительных ядра на одном кристалле или в одном корпусе. Многоядерные процессоры информационной логистики ориентированы на оптимизацию уровня распараллеливания и многопоточности при моделировании функциональных логистических проблемных ситуаций.

5. Если приложение не оптимизировано, для использования дополнительных ядер прирост производительности архитектуры ПОЛС не будет достигнут, а процесс параллельных вычислений может выполняться даже медленнее, чем на процессоре с меньшим количеством ядер, но большей тактовой частотой. Многоядерные сервера функциональных областей логистики могут при согласованной параллельной обработке материальных, финансовых, информационных потоков обеспечить высокий экономический эффект.

6. Вычислительные системы ПОЛС реализуются как физические, компьютерные, а также программные системы, осуществляющие параллельную обработку данных на многих вычислительных узлах. Распределенные вычисления для различных частей одной вычислительной задачи синхронизации логистических потоков осуществляются несколькими процессорами или ядрами одного процессора или несколькими компьютерами на основе решения задачи сегментирования и разделения на одновременно вычисляемые параллельно прикладные подзадачи для функциональных областей логистики различных предприятий.

7. Распараллеливание вычислений для ПОЛС базируется на возможности разделения задач на множество подзадач, которые могут быть решены одновременно при координации действий нескольких способов обеспечения параллелизма на уровнях битов, инструкций, данных, задач и на уровне применения циклических (повторяющихся) действий с учетом известного ограничения: N вычислительных модулей никогда не

выполняют работу в N раз быстрее, чем один единственный вычислительный модуль.

8. Таким образом, в ПОЛС базовыми являются учебные курсы по логистике в сочетании с распределенными и параллельными вычислениями на базе многоядерных процессоров. ПОЛС при такой архитектуре многоядерной вычислительной системы осуществляет три уровня ситуационного моделирования: базовый уровень, за который отвечает обучающий; поддерживающий уровень, совместной ответственности обучающего и обучаемого, и уровень освоения свободных учебных курсов, за который отвечает обучаемый. Контроль всех трех уровней ориентирован на готовность обучаемого к профессиональной деятельности менеджера логистических систем.

Литература

1. Гринберг А.С., Лабкович О.Н. Параллельная педагогика прикладных систем. Смоленск: СмолГУ, 2008.

ОБЪЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ И ВЕРИФИКАЦИЯ ПРОГРАММ

Е.П. ЕМЕЛЬЧЕНКОВ*, Н.А. ЛЕВИН**, В.И. МУНЕРМАН*

* Смоленский государственный университет, г. Смоленск

** ИПИ РАН, г. Москва

e-mail: vimoona@gmail.com

Пусть A – некоторое непустое множество. Частично определенная функция $y = F(x_1, \dots, x_n)$, ($y, x_1, \dots, x_n \in A$) называется n -арной частичной операцией на A . Если функция всюду определена, говорят просто об n -арной операции.

Система $U_A = \langle A; \Omega \rangle$, состоящая из основного множества A и определенной на нем совокупности частичных операций $\Omega = \{F_s^{n_s}\} (s = 1, 2, \dots)$, называется частичной универсальной алгеброй с сигнатурой Ω .

Пусть $\pi(x_1, \dots, x_n)$, $x_1, \dots, x_n \in A$ – n -местный предикат, $\Pi = \{\pi_s^{n_s}\} (s = 1, 2, \dots)$ – сигнатура предикатов. Система $U_A = \langle A; \Omega; \Pi \rangle$ называется универсальной алгебраической системой.

Для трех задач из различных предметных областей: Разузлование (управление производством), Поиск кратчайшего пути в графе из заданной точки до остальных и Определение доступности заданного множества точек из фиксированной точки в графе (традиционные задачи исследования операций) может быть построена общая универсальная алгебраическая система. В ней в роли носителя выступает множест-

во ориентированных нагруженных графов G , подобных графу, приведенному на рис. 1, *a*. Пусть T – подмножество G , состоящее из графов, подобных графу, приведенному на рис. 1, *b*. Для преобразования произвольного графа в граф, принадлежащий T , задается операция δ . Можно потребовать выполнения аксиомы α :

δ – всюду определенная функция.

Получается структура типа $\langle G; \delta; \alpha \rangle$. Ей соответствует универсальная алгебра $U_G = \langle G, \{\delta\} \rangle$. Операция δ может быть реализована известным алгоритмом Дейкстры, приведенном на листинге 1. Этот алгоритм не зависит от типа весов графа. Однако в его реализациях используются операции над этими типами, определяемые свойствами объектов предметной области.

При решении задачи *Разузлование* веса ребер это неотрицательные действительные числа с обычными операциями *сложение* и *умножение*. В задаче *Поиск кратчайшего пути в графе из заданной точки до остальных* это также неотрицательные действительные числа с операциями *минимум* и *сложение* в качестве аддитивной и мультипликативной. И, наконец, в задаче *Определение доступности заданного множества точек из фиксированной точки в графе* это логические величины 0 и 1 и операции *дизъюнкция* и *конъюнкция*.

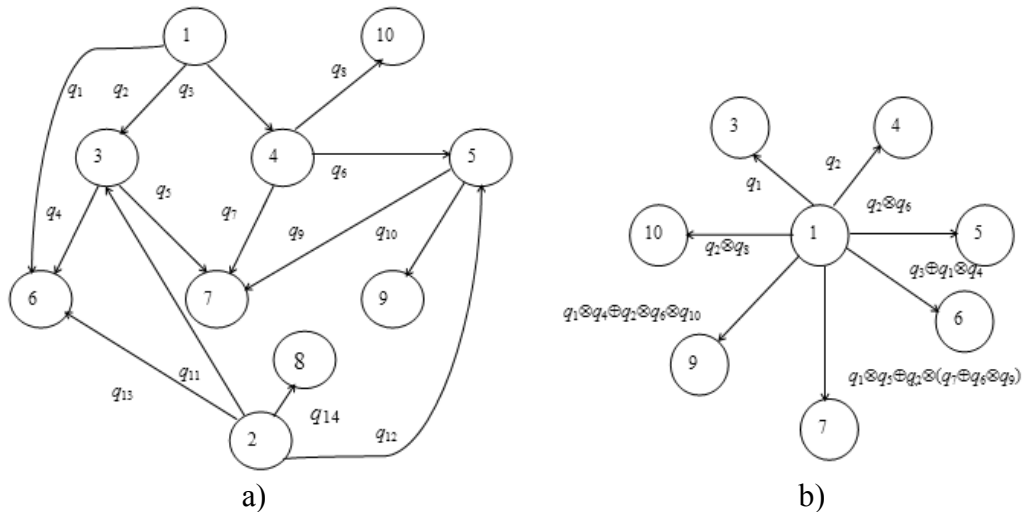


Рис. 1. *a*) – граф принадлежащий T , *b*) – граф не принадлежащий T

Листинг 1. Алгоритм Дейкстры

```

S := {1};
For i := 2 to n do
    D[i] := C[1, i];
For i := 1 to n-1 do
    begin
        выбрать из множества  $V \setminus S$  вершину  $w$  и добавить ее к  $S$ ; (*)
        for каждой вершины  $v$  из множества  $V \setminus S$  do
            D[v] := D[v] ⊕ D[w] ⊗ C[w, v]; (**)
        end;

```

Здесь V – множество вершин графа, S – множество пройденных вершин, C – двумерный массив весов, а D – одномерный массив, содержащий текущие "расстояния" от каждой вершины до источника. В первой задаче "расстояние" – это количество узлов или деталей в изделии, во – второй длина кратчайшего пути, а третьей – доступность вершины. Операции в строках (*) и (**) также зависят от решаемой задачи.

Задача	Строка		
	*	**	
	Выбираемая вершина	Аддитивная операция над весами \oplus	Мультипликативная операция над весами \otimes
<i>Разузлование</i>	<i>Любая с ненулевым количеством</i>	<i>Сложение</i>	<i>Умножение</i>
<i>Поиск кратчайшего пути в графе из заданной точки до остальных</i>	<i>Ближайшая (с минимальным значением длины)</i>	<i>Минимум</i>	<i>Сложение</i>
<i>Определение доступности заданного множества точек из фиксированной точки в графе</i>	<i>Любая доступная</i>	<i>Дизъюнкция</i>	<i>Конъюнкция</i>

Объекты большинства предметных областей – сложные системы, для описания которых используется много разнотипных параметров. Для моделирования таких предметных областей используются многоосновные алгебры.

Система $U_M = \langle M; \Omega \rangle$, состоящая из семейства основных множеств $M = \{A_\alpha\}$ ($\alpha = 1, 2, \dots$) и сигнатуры Ω операций, определенных на семействе M так, что каждая n -арная операция из Ω является отображением декартова произведения n множеств из семейства M в множество из того же семейства $A_{\alpha_1} \times \dots \times A_{\alpha_n} \rightarrow A_{\alpha_r}$, называется *многоосновной алгеброй*.

Система $U_M = \langle M; \Omega; \Pi \rangle$, где Π – сигнатура n -местных предикатов $\pi : A_{\alpha_1} \times \dots \times A_{\alpha_n} \rightarrow \{0,1\}$, называется *многоосновной алгебраической системой*.

Многоосновные алгебры и алгебраические системы играют важную роль в программировании. Они служат основой для создания пользовательских типов данных в современных языках программирования, и ими являются некоторые встроенные в языки типы данных, например, строковый тип.

Очевидно, что системы числовых матриц, нагруженных графов также можно рассматривать как многоосновные алгебраические системы.

На многоосновных алгебраических системах базируется современное теоретическое и практическое программирования. *Абстрактные*

типы данных (они же объекты или классы), сокращенно АДД, определяются как многоосновные алгебраические системы.

Среди множества произвольных абстрактных типов данных выделим один специфический вид. Эти АДД представляют собой двухосновные алгебраические системы вида $E = \langle S, T; \Omega; \Pi \rangle$. Основу S назовем *структурой*, а T – *типом*. Важная особенность этих АДД состоит в том, что суть операций над элементами структуры S не изменяется при изменении сути операций над элементами типа T . Так, суть операции δ не изменялась, оставаясь все тем же алгоритмом Дейкстры при изменении строк (*) и (**).

Такие АДД будем называть *абстрактными алгебраическими машинами* (ААМ).

При таком определении ААМ основы сами должны быть универсальными алгебрами или алгебраическими системами. Причем в качестве основы T не используется конкретный тип данных. Задается только набор и характер его операций, а также их свойства, определяемые требованиями заданных на S операций.

Для решения конкретных задач строится *наследник* ААМ, в котором в роли типа T выступает любой из встроенных в язык программирования тип данных или спроектированный программистом АДД. Такой наследник ААМ называется ее *моделью*.

Предложенный подход позволяет решать многие теоретические и прикладные задачи. Так, верификация программ, реализующих, как правило, сложные операции над структурой, может быть выполнена один раз при проектировании структуры, а верификация существенно более простых операций типа *производить* при проектировании каждой конкретной задачи. Особенно это эффективно при параллельном программировании.

СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОВОКУПНОСТИ НЕЧЁТКИХ МОДЕЛЕЙ, НАИБОЛЕЕ ПРИГОДНЫХ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ТРЕБУЕМОЙ ЗАДАЧИ

М.М. ЗЕРНОВ

Филиал ГОУ ВПО МЭИ (ТУ) в г. Смоленске
e-mail: zmmioml@yandex.ru

Предлагается способ определения совокупности нечётких моделей, пригодных для решения комплексной задачи поддержки принятия решений (ППР) на основе возможностей моделей по представлению знаний и требований по учёту знаний, предъявляемых частными задачами ППР, входящими в комплексную.

Введём ряд обозначений. Пусть M – множество нечётких моделей, применяемых в задачах ППР: $M = \{m_1, \dots, m_d\}$, N – множество видов знаний (в соответствии с предложенной классификацией), используемых в нечётких моделях $N = \{n_1, \dots, n_r\}, r = 90$, тогда $NM \subseteq N \times M$ – соответствие, задаваемое таблицей, характеризующее покрытия нечёткими моделями по представлению различных видов знаний.

Далее, пусть T – множество достаточно обособленных задач ППР: $T = \{t_1, \dots, t_u\}$; N – множество видов знаний (в соответствии с [1]), используемых в нечётких моделях $N = \{n_1, \dots, n_r\}, r = 90$.

Тогда множество типов знаний $NCl = \{ncl_1, \dots, ncl_v\}$ является подмножеством замыкания множества видов знаний: $NCl \in [N]$, а множество всевозможных комплексов знаний $HCl = \{hcl_1, \dots, hcl_w\}$ является замыканием множества типов: $HCl \in [NCl]$; соответствие между множествами задач и комплексов знаний – $TN \subseteq T \times HCl$.

Под комплексом знаний при этом понимается совокупность типов знаний (множества видов знаний, соответствующих однородным требованиям задачи ППР), удовлетворяющих разнородному (комплексному) требованию задачи ППР. Типы знаний характеризуются фиксированными (или ограниченными) значениями по ряду классификационных признаков и свободными по остальным. В случае комплексного требования, необходима реализация хотя бы одного вида знаний из каждого типа.

Способ определения совокупности нечётких моделей основывается на применении И/ИЛИ-дерева [2], декомпозирующего комплексную задачу ППР на частные и рассматривающего варианты их решения вплоть до уровня нечётких моделей. Основные этапы способа представлены ниже.

1. Формулировка комплексной задачи ППР в виде совокупности обособленных задач $T' = \{t'_1, \dots, t'_i, \dots, t'_D\}$. При этом сформулированная в общем виде комплексная задача соответствует корню дерева (являясь при этом вершиной типа «И»), а частные задачи образуют следующий уровень.

2. Композиция классов и отношения задачи – комплексы знаний $HCl' = T' \bullet TN$, или для каждой задачи t'_i определяется множество $HCl_i = \{hcl'_1, \dots, hcl'_j, \dots, hcl'_R\}, HCl' = \bigcup_{i=1}^D HCl_i$ реализующих ее комплексов знаний.

Таким образом, каждая частная задача представляется на втором уровне дерева решений вершиной типа «ИЛИ», для которой дочерними являются вершины третьего уровня, соответствующие комплексам знаний. На данном этапе учитываются ограничения на применяемые комплексы знаний с учётом специфики комплексной задачи, в результате уменьшается мощность множеств HCl_i : $HCl_i = HCl_i / NHCl_i$, где $NHCl_i$ – множество неприменимых в контексте общей задачи комплексов знания, пригодных для решения задачи t'_i .

3. Декомпозиция комплексов знаний, соответствующих вершинам третьего уровня на типы знаний. При этом комплексы знаний представляются вершинами типа «И». В результате каждой вершине третьего слоя hcl_j^i соответствует набор типов знаний $NCl_j^i = \{ncl_{j1}^i, \dots, ncl_{jk}^i, \dots, ncl_{jP}^i\}$, каждому элементу которого сопоставляется вершина 4-го уровня дерева.

4. Композиция типов знаний, представленных вершинами типа «ИЛИ» 4-го уровня и соответственно виды знаний – нечёткие модели: $M_{jk}^i = ncl_{jk}^i \bullet NM = \{m_{jk1}^i, \dots, m_{jkh}^i, \dots, m_{jkF}^i\}$, при этом каждая модель из полученного набора представляется дочерней вершиной 5-го уровня. На этом же этапе учитываются ограничения вида: покрытие типа знаний ncl_{jk}^i моделью m_{jkh}^i в контексте задачи t_i' неэффективно: $M_{jk}^i = M_{jk}^i / NM_{jk}^i$, где NM_{jk}^i – множество неприменимых для представления типа знаний ncl_{jk}^i в контексте частной задачи t_i' моделей.

5. Поиск по дереву решений минимальных покрытий комплексной задачи множеством нечётких моделей. При этом под минимальным покрытием понимаем такое множество моделей, что при удалении из него хотя бы одного элемента решение комплексной задачи не достигалось.

6. Сравнение полученных покрытий исходя из особенностей классов моделей их составляющих и модели, выбранной в качестве базовой для покрытия.

7. Детализация типа применяемой комплексной модели в зависимости от условий решаемых задач. Для разных предметных областей и базовых моделей – своя методика.

Литература

1. Борисов В.В., Зернов М.М. Классификация типов концептуальных знаний, применяемых в нечетких моделях // Материалы III Всероссийской конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Искусственный интеллект: философия, методология, инновации». М.: МИРЭА, 2009. С. 346-349.

2. Нильсон Н. Искусственный интеллект: пер. с англ. М.: Мир, 1973. С. 91-171.

СИНТЕЗ ПЛОСКОСЛОИСТЫХ СРЕД

А.А. ИВАНОВ

Военная академия войсковой ПВО ВС РФ, г. Смоленск
e-mail: Fakel2@mail.ru

Известно [3], что математический аппарат синтеза длинных линий (одномерных сред) используется и для синтеза плоских неоднородных

сред, в том числе и для синтеза плоскостойких сред. При этом синтез стойких сред осуществляется по тем же формулам, что и синтез ступенчатых длинных линий. Полученные в результате синтеза стойких сред значения волновых сопротивлений можно рассматривать как волновые сопротивления отрезков соответствующих ступенчатых длинных линий.

Ступенчатые линии передачи, составленные из отрезков однородных линий передачи с различными волновыми сопротивлениями, широко используются в технике СВЧ как согласующие переходы, фильтры, направленные ответвители и колебательные системы. Широкое использование ступенчатых линий обуславливает и развитие методов их расчета [1]. Частотные анализ и синтез нерегулярных линий с Т-волнами в настоящее время разработаны относительно полно [1, 2]. Однако существующие аналитические методы не учитывают потери в отрезках линий передачи. Важным достоинством численных методов является универсальность. В тех случаях, когда аналитические методы синтеза устройств неприемлемы, численные методы являются единственно возможными.

Будем оценивать качество согласования согласующего четырехплюсника (устройства их отрезков ступенчатых линий передачи) модулем коэффициента отражения $|Γ|$.

Постановка задачи. Пусть $Ω$ – вектор параметров, описывающих ступенчатую линию передачи. Сформулируем задачу анализа прохождения электромагнитной волны через ступенчатую линию передачи как задачу определения спектральных свойств ступенчатой линии передачи при заданном векторе:

$$Φ Ω = R(k),$$

где $Φ$ – оператор задачи анализа, связывающий вектор параметров ступенчатой линии передачи и ее спектральную характеристику $R(k)$.

Задача анализа. Расположим прямоугольную декартову систему координат так, чтобы ось Ox была направлена вдоль ступенчатой линии передачи, $x = 0$ – координата ее одного конца, $x = L$ – координата ее другого конца. Из области $x > L$ ступенчатой линии передачи распространяется плоская электромагнитная волна $\vec{E} = \vec{E}_0 \cdot \exp(\omega t + kx)$, $\vec{H} = \vec{H}_0 \cdot \exp(\omega t + kx)$, $\vec{E}_0 = \{0; E_0; 0\}$, $\vec{H}_0 = \{0; 0; H_0\}$. Пусть спектральной характеристикой ступенчатой линии передачи является энергетический коэффициент отражения $R(k) = |r|^2$, где $r = r(k)$ – отношение комплексных амплитуд отраженной и падающей волн, которое рассчитывается по формуле [4]

$$R_l = \frac{(f_{l-1} - f_l) + (f_{l-1} + f_l) \cdot R_{l-1} \cdot \exp(2jk_{l-1,z}d_{-1})}{(f_{l-1} + f_l) + (f_{l-1} - f_l) \cdot R_{l-1} \cdot \exp(2jk_{l-1,z}d_{-1})};$$

$$f_l = \frac{n_l}{\cos \varphi_l} = \frac{\varepsilon_l}{\sqrt{n_l^2 - n_N^2 \cdot \sin^2 \varphi_N}} \quad \text{— для случая вертикальной поляризации}$$

или $f_l = n_l \cdot \cos \varphi_l = \varepsilon_l \cdot \sqrt{n_l^2 - n_N^2 \cdot \sin^2 \varphi_N}$ — для случая горизонтальной поляризации;

$$\rho_j = \frac{n_{j+1} - n_j}{n_{j+1} + n_j}; \quad l_j = d_j - d_{j-1}; \quad k_j = k \cdot n_j; \quad n_j = \sqrt{\varepsilon_j};$$

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} \quad \text{— волновое число падающей волны в вакууме};$$

λ — длина падающей волны в вакууме;

d_j — граница раздела j -го и $j+1$ — слоев;

ε_j — комплексная диэлектрическая проницаемость j -го слоя;

Рекуррентная формула позволяет последовательно рассчитать коэффициенты отражения R_1, R_2, \dots, R_N . На самом первом шаге следует считать, что $R_0 = 0$, если в самой нижней (полубесконечной) среде нет отраженного луча, как нет и нижней границы раздела, и $R_0 = -1$, если многослойная ступень лежит на идеально проводящей поверхности.

При $j = N$ получаем коэффициент отражения от всей слоистой среды.

Задача синтеза. Задача синтеза ступенчатой линии передачи заключается в реализации заданной спектральной характеристики $R(k)$ и определяется как обратная задаче анализа:

$$\wp R = \Omega_0,$$

где \wp — оператор обратной задачи; Ω_0 — искомый вектор параметров.

Пусть $\mathfrak{R}(R, R_0, \Delta k)$ — функционал, определяющий степень близости спектральных характеристик $R(k)$ и $R_0(k)$ в полосе частот Δk . Пусть также выполняются условия физической реализуемости:

$$1 \leq |\varepsilon_j| \leq \varepsilon_{\max}; \quad 0 \leq \lambda \leq \lambda_{\max}; \quad 0 \leq d_j \leq L_0;$$

$$\sum_j d_j = L \leq L_0.$$

Определим задачу синтеза ступенчатой линии передачи как задачу минимизации функционала \mathfrak{R} . Результатом решения данной задачи должен быть вектор параметров Ω_0 , минимизирующий \mathfrak{R} с заданной точностью δ_0 :

$$\mathfrak{R}(R, R_0, \Delta k) < \delta_0.$$

Далее необходимо конкретизировать вид функционала и описать способ его минимизации, а это зависит от конкретной задачи.

Литература

1. Фельдштейн А.Л., Явич Л.Р. Синтез четырехполюсников и восьмиполусников на СВЧ. М.: Связь, 1971.
2. Кац Б. М, Мещанов В. П., Фельдштейн А. Л. Оптимальный синтез устройств СВЧ с Т-волнами. М.: Радио и связь, 1984.
3. Козловский В.В., Сошников В.И. Устройства на неоднородных линиях. К.: Техніка, 1987.
4. Краснов А.А. и др. Моделирование физических явлений на ЭВМ. Новосибирск: СУНЦ НГУ, 2000.

ОСОБЕННОСТИ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ ВЫЧИСЛЕНИЙ СРЕДСТВАМИ GPSS WORLD

В.Д. ИГНАТОВ

Смоленский гуманитарный университет, г. Смоленск

Реализацию параллельных процессов вычислений в имитационных моделях средствами GPSS World можно организовать по различным сценариям, в зависимости от цели моделирования и объекта исследования. Параллельная обработка в таких моделях основана на использовании в них целого ряда конструкций, например:

- ✓ блоков разветвления Transfer (в режимах Both, ALL, Fn, Pick, вероятностный переход),
- ✓ многоканальных блоков Enter-Leave и оператора Storage – накопитель,
- ✓ блоков «семейства» транзактов – Split, Assemble, Gather, Match [1].

В данной статье демонстрируются некоторые особенности имитационного моделирования параллельных процессов для первых двух направлений указанного выше списка. В качестве примера представлены модели для 5-ти канальных объектов с двумя вариантами решения, в основе которых поставлены разные цели моделирования.

В первом примере целью моделирования является задача исследования процессов каждого канала в многоканальной структуре, а во

втором – на изучение совместной работы всех каналов объекта моделирования. Поэтому в первом случае используются конструкции из одноканальных устройств (ОКУ) моделирования, а во втором – многоканальные устройства (МКУ).

Реализация первой модели и фрагмент отчета представлены на рис. 1.

```

Chet Variable                                DEPART   Kanal
((FR1+FR2+FR3+FR4+FR5)/5000)              ADVANCE  15,3
      GENERATE 4,2                            RELEASE  3
      QUEUE   Kanal                          TRANSFER ,Ended
      TRANSFER ALL,This,That,5                SEIZE   4
This     SEIZE 1                               DEPART  Kanal
      DEPART  Kanal                          ADVANCE 15,3
      ADVANCE 15,3                          RELEASE  4
      RELEASE 1                              TRANSFER ,Ended
      TRANSFER ,Ended                        That    SEIZE   5
      SEIZE 2                                DEPART  Kanal
      DEPART  Kanal                          ADVANCE 15,3
      ADVANCE 15,3                          RELEASE  5
      RELEASE 2                              Ended   SAVEVALUE Koff,V$Chet
      TRANSFER ,Ended                        TERMINATE 1
      SEIZE 3

```

FACILITY	ENTRIES	UTIL.	AVE. TIME
1	25	0.873	14.789
2	25	0.868	14.706
3	22	0.755	14.529
4	18	0.628	14.787
5	13	0.453	14.748

```

QUEUE   MAX CONT. ENTRY ENTRY(0) AVE.CONT. AVE.TIME
KANAL   1     0   103     99     0.007     0.030

SAVEVALUE VALUE
KOFF      0.715

```

Рис. 1. Модель и фрагмент отчета для 5-канального устройства на базе ОКУ

В модели и результатах (рис. 1) кроме процессов моделирования ОКУ имеется статистика общей очереди и аналитика среднего коэффициента загрузки всех ОКУ. Переход транзактов из канала в последующий происходит, когда таковой занят обслуживанием предыдущего транзакта.

```

Kan5     Storage     5
GENERATE 4,2
QUEUE   Kanal
ENTER   Kan5
DEPART  Kanal
ADVANCE 15,3
LEAVE   Kan5
TERMINATE 1

```

QUEUE	MAX CONT.	ENTRY	ENTRY(0)	AVE.CONT.	AVE.TIME
KANAL	1	0	103	99	0.007

STORAGE	CAP.	REM.	MIN.	MAX.	ENTRIES	AVL.	AVE.C.	UTIL.
KAN5	5	2	0	5	103	1	3.576	0.715

Рис. 2. Модель и фрагмент отчета для 5-канального устройства на базе МКУ

Вторая модель и фрагмент ее отчета (рис. 2) отражают главную особенность того, что развитие параллельных процессов в модели МКУ происходит без каких-либо условий.

Представленные результаты моделирования, кстати, полученные на студенческой версии пакета GPSS World, свидетельствуют о больших возможностях и гибкости решения задач имитационного моделирования объектов, имеющих параллельные процессы вычисления. Их можно выполнять по разным сценариям, которые зависят как от цели, так и от поставленной задачи моделирования [1].

Литература

1. Игнатов В.Д. Исследование параллельных процессов вычислений средствами имитационного моделирования // Системы компьютерной математики и их приложения: материалы международной конференции. Смоленск: Изд-во СмолГУ, 2009. Вып. 10. С. 135-138.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕНЗОРЕЗИСТИВНЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

А.Н. КАТКОВ

ПензГУ, г. Пенза, ул. Красная, 40
тел.: 8-(960)-323-49-25; e-mail: katkovanpsu@mail.ru

Потребность в точных измерениях физических величин обуславливает разработку прецизионных средств измерений и датчиков. В современном датчикоостроении наблюдается широкое применение цифровой обработки измерительных сигналов и цифровых каналов связи. Это позволяет говорить о появлении цифровых датчиков различных физических величин.

При измерении давления широко применяются тензорезистивные ЧЭ, выполненные на кремниевых кристаллах, значительным недостатком которых является температурная погрешность (ТП). В результате исследований на ряде ЧЭ получен необычный результат, выражающийся в независимости значения сигнала при некотором давлении от температуры; пример показан на рис. 1.

Видно, что отклонения сигнала при воздействии температуры при определенном давлении близки к нулю, т.е. имеется точка термостабильности. Физическая сущность этого явления пока неясна, поэтому на данном этапе представляет интерес построение математической модели, которая позволит выдвинуть ряд гипотез об условиях возникновения точки термостабильности.

Разработанная математическая модель представляет собой совокупность значений сопротивления и температурного коэффициента со-

противления (ТКС) тензорезисторов. Моделирование выполняется методом Монте-Карло. В модели приняты допущения, что сопротивление резисторов линейно зависит от температуры и что градуировки линейны. Сопротивление резисторов в диапазоне 700 ± 50 Ом задается генератором случайных чисел по нормальному закону. ТКС задается таким же генератором случайных чисел в диапазоне $\pm 10^{-3}$.

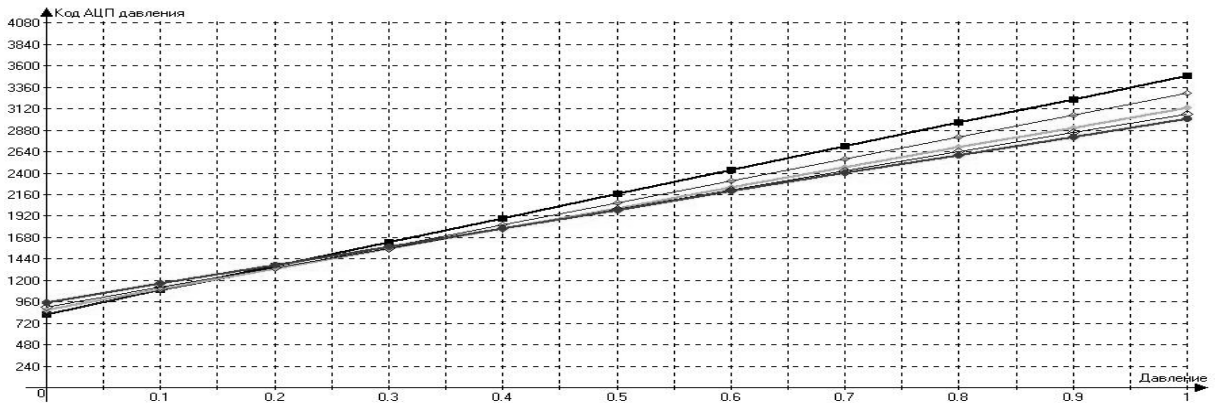


Рис. 1

Таким образом, генерируются четверки сопротивлений и четверки ТКС тензорезисторов. После этого для каждого моста, представляемого восьмью числами, имитируется задание давления при температурах в диапазоне $-50..+100$ °С с шагом 5 °С и строятся графики, аналогичные показанному на рис. 1. На ряде графиков отчетливо видна точка термостабильности, пример результатов моделирования показан на рис. 2.

Сходство данных модели с экспериментальными позволяет выдвинуть гипотезу о существовании области термостабильности полупроводника, в которой сигнал ЧЭ не изменяется при воздействии температуры, определяемой сочетанием начальных значений сопротивления и ТКС тензорезисторов. Следствие существования такой области – возможность упрощения алгоритма коррекции ТП. Результаты моделирования представляют основания для формулирования технических требований к тензорезистивным полупроводниковым ЧЭ с целью смещения точки термостабильности к начальному значению давления.

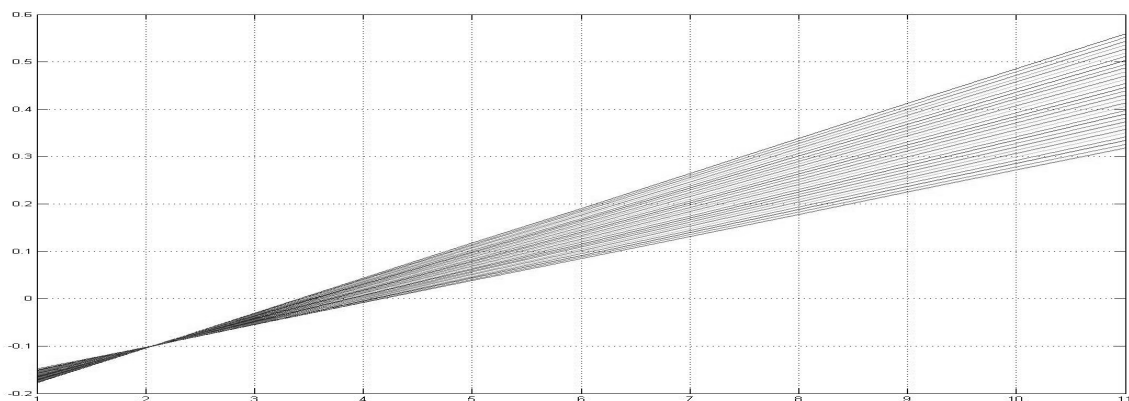


Рис. 2

Из изложенного вытекает необходимость исследования характеристик полупроводников с целью определения условий и способов обеспечения термостабильности измерительных сигналов.

МЕТОДЫ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ИЕРАРХИИ КЛАССОВ В РЕЛЯЦИОННОЙ МОДЕЛИ ДАННЫХ

Д.А. КАФЛИК

ООО «СайнГрейн», г. Москва

e-mail: dmitry@kaflan.ru

Исследование методов представления иерархии классов в реляционной модели данных необходимо выполнить для того, чтобы определить оптимальную стратегию преобразования данных из объектно-ориентированной модели представления данных в реляционную. Особенно актуальна в настоящее время разработка новых методов представления объектно-ориентированных данных.

Существующие методы организации наследования в реляционной модели имеют ряд недостатков, поэтому оценим целесообразность их применения для решения задачи обеспечения механизмов наследования и полиморфизма в реляционной модели.

Метод «Одно отношение для каждого класса». Для каждого класса создается отдельное отношение, в атрибутах которого содержатся все поля класса. Общие поля классов, относящиеся к одному домену, представлены разными атрибутами, что не соответствует понятию полиморфизма в ООП. При этом для выборки объектов разных классов требуется делать отдельный запрос к каждому из их отношений и использовать дополнительную операцию слияния.

Метод «Одно отношение на каждый конкретный класс». Для каждого класса создается отношение, имеющее в атрибутах только поля текущего класса (и не имеющее атрибутов базовых классов). Информация о типах хранится в отдельных отношениях. Поля классов, относящиеся к одному домену, представлены едиными атрибутами, что в полной мере соответствует понятию полиморфизма в ООП. Однако для выбора информации для одного объекта необходимо сделать отдельный запрос (или операцию соединения) к каждому отношению. Получается, что этот подход менее эффективен для задач частого доступа к единичным объектам.

Метод «Одно отношение для каждой иерархии классов». Для каждого класса, не имеющего предков, создается отношение A_i , имеющее атрибуты «имя поля» и «значение поля» для каждого типа поля. Поля объектов хранятся в кортежах отношения. Общие поля классов, относящиеся к одному домену, представлены едиными

атрибутами, что обеспечивает полиморфизм. При добавлении нового класса отсутствует необходимость менять структуру отношения, так как добавление новых полей – это добавление новых кортежей (не атрибутов) в отношение. Недостаток метода в том, что отношение становится разреженным, из-за чего в кортежах появляются не заполненные неиспользуемые атрибуты. Требуется дополнительное хранение информации о типах данных, что усложняет логику работы приложения.

Новый метод хранения иерархии классов в реляционной БД позволит преодолеть недостатки существующих методов хранения.

Новый метод «Одно отношение для каждой иерархии классов и отдельное отношение для полей дочерних классов»

Для каждого класса C_i , не имеющего предков, задается отношение R_i имеющее атрибуты $c_{i,j}$, соответствующие полям класса C_i . Иерархия наследников класса C_i реализуется с помощью реляционной иерархии (с помощью атрибута ссылки на предка), заданной на отношении R_i . Для полей классов-потомков задается отдельное отношение A_i , имеющее атрибуты «имя поля» и «значение поля» для каждого типа поля. Информация обо всех типах хранится в отдельных отношениях.

Новый метод быстрее, чем оригинальный метод «Одно отношение для каждой иерархии классов» в том случае, когда базовый класс содержит поля, так как в таком случае его отношение A_i будет содержать меньшее количество кортежей, чем соответствующее отношение при использовании оригинального метода. Оценим разницу в количестве кортежей отношения A_i при использовании оригинального и нового методов:

$$\Delta c = c_n - c_o = n \cdot K - n \cdot (K - p) = n \cdot p,$$

где Δc – разница в количестве кортежей, c_o – количество кортежей при использовании оригинального метода, c_n – количество кортежей при использовании нового метода, n – количество объектов, p – количество полей базового класса, K – общее количество полей. Очевидно, что Δc положительно, следовательно, по количеству кортежей новый метод гарантированно не хуже, чем первый.

При количестве полей базового класса, равного Δp процентов от суммарного количества полей всех классов, разница в количестве кортежей между методами Δc составит $\frac{\Delta p \cdot n}{100\%}$ кортежей. Благодаря уменьшению количества кортежей возрастает скорость выполнения запроса [2]. Это дает основания полагать, что лучшим выбором для решения данной задачи будет предложенный метод.

Для проверки расчетных данных проведем практическое сравнение описанных методов по скорости выборки объектов. Под выборкой

объекта подразумевается выполнение таких запросов к БД, в результате которых СУБД вернет значение всех полей искомого объекта.

Порядок проведения сравнения: для каждого метода создается набор реляционных отношений (таблиц в БД), которые несут информацию об иерархии из 4-х классов (в которой каждый последующий класс унаследован от предыдущего). В каждый набор отношений добавляется информация о состоянии 2 000 000 объектов. Все методы получают идентичный набор исходных данных.

После добавления объектов в набор отношений к каждому набору совершается запрос на выборку объекта с ограничением по значению поля базового класса и запрос на выборку объекта с ограничением по полю класса потомка. С целью уменьшения влияния случайных отклонений запрос выполняется 400 000 раз, для каждого метода.

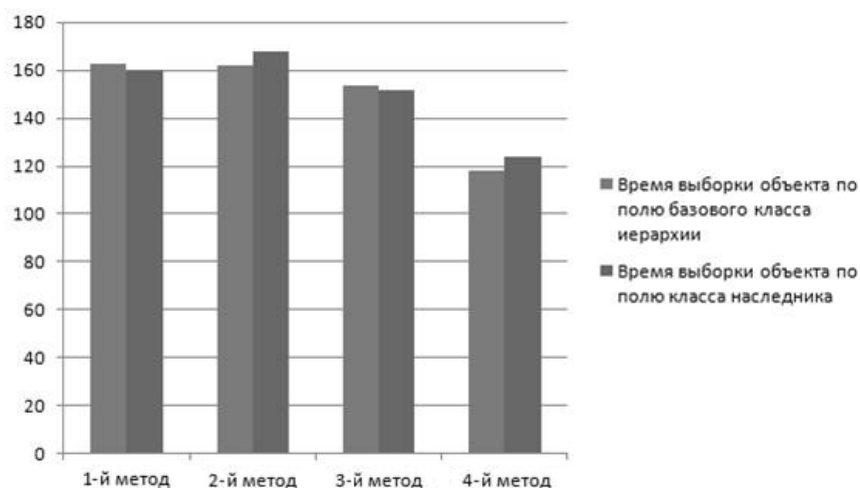


Рис. 1. График времени выполнения запросов выборки для каждого метода (меньше – лучше)

Результаты сравнения быстродействия методов представлены на рис. 1. Как видно из графика, применение нового метода (4-й метод) позволило ускорить выполнение запросов в среднем на 20% по сравнению с существующими аналогами. Область применения нового метода может быть расширена за счет внедрения в метод возможности динамического задания базового класса.

Литература

1. Agile Database Techniques. Effective Strategies for the Agile Software Developer by Scott Ambler John Wiley & Sons ISBN#: 0-471-20283-5
2. Ken England. The Microsoft Sql Server 2000 Performance Optimization And Tuning Handbook, Paperback Mar 2001, ISBN#: 1-555-58241-9

ПРИЧИНЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ СРЕДНЮЮ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ЖИЗНИ ЧЕЛОВЕКА

В.В. КРУГЛОВ

Смоленский филиал Российского университета кооперации, г. Смоленск
e-mail: vvkruagl@sci.smolensk.ru

Постановка задачи. Целью проведенного исследования являлась проверка часто высказываемого в последнее время в отечественных средствах массовой информации утверждения, что основным фактором, влияющим на среднюю продолжительность жизни человека в странах мира, является величина валового национального продукта на душу населения.

Исходные статистические данные были взяты из приложений к программе SPSS 16. Эти данные представляют собой таблицу (с именем World95), составленную для 109 стран, включая Россию. Один из столбцов таблицы содержит названия стран, а другие отражают ряд качественных и количественных показателей экономики и социального развития, в частности:

- y_1 – средняя продолжительность жизни мужчин (лет);
- y_2 – средняя продолжительность жизни женщин (лет);
- x_1 – валовой национальный продукт на душу населения (USD);
- x_2 – численность населения (тыс. чел.);
- x_3 – плотность населения (чел. на км²);
- x_4 – процент городского населения;
- x_5 – процент «читающего населения»;
- x_6 – детская смертность (число умерших на 1000 родившихся);
- x_7 – ежегодный прирост населения (%);
- x_8 – уровень смертности (количество умерших на 1000 человек населения);
- x_9 – ежедневная калорийность питания;
- x_{10} – количество больных СПИДом на 100000 человек населения;
- x_{11} – процент грамотных женщин

и т.п. Данные соответствуют 1995 году и были проверены автором по имеющимся справочникам и энциклопедическим словарям.

Методика исследований. В качестве инструментального средства использовались такие средства компьютерной математики, как пакеты для статистических вычислений SPSS 16.0 и Statistica 7 [1-3], при этом основное внимание уделялось не просто получению адекватной регрессионной модели, но такой модели, которая была бы максимально экономной и позволяла бы получить содержательную причинно-следственную интерпретацию.

Полученные результаты. Использование опций указанных пакетов «Множественная линейная регрессия» и «Пошаговая регрессия» позволили без больших проблем получить наиболее простую и адекватную модель (коэффициент множественной корреляции – 0.972) для средней продолжительности жизни мужчин вида

$$y_1 = b_0 + b_1x_1 + b_2x_6 + b_3x_8 + b_4x_{10} + e_1,$$

где слагаемое e_1 отражает действие неучитываемых факторов (для средней продолжительности жизни женщин получена аналогичная зависимость), однако с точки зрения причинно-следственных связей интерпретация такой модели представляется не вполне понятной, поэтому исследования, с учетом требования максимальной экономизации модели, были продолжены. Итоговый результат отображается совокупностью следующих соотношений:

$$\begin{aligned} y_1 &= b_{01} + b_{11}x_6 + e_1, \\ x_6 &= b_{02} + b_{12}x_5 + b_{22}x_9 + e_2, \\ x_5 &= b_{03} + b_{13}x_{11} + e_3, \\ x_9 &= b_{04} + b_{14}x_1 + b_{24}x_4 + e_4, \end{aligned}$$

где смысл переменных $x_1, x_4, x_5, x_6, x_9, x_{11}$ приведен выше, а b_{ij} и e_j соответственно – параметры моделей и аддитивные шумы наблюдений.

Адекватность каждой из приведенных моделей отражается следующими величинами коэффициентов множественной корреляции: 0.936, 0.941, 0.978 и 0.812. Таким образом, все модели (кроме последней) очень хорошо согласуются с имеющимися данными. Для показателя x_9 (ежедневная калорийность питания) более адекватной модели построить не удалось, возможно, потому, что в исходной таблице отсутствуют соответствующие причинные факторы.

Заметим, что числовые значения параметров в данном случае большого значения не имеют – важны лишь их знаки, поскольку речь идет только о выяснении механизма явлений.

Интерпретация последних приведенных моделей уже не вызывает сложности. Применяя последовательные подстановки, на основании вышеприведенных соотношений получаем:

$$y_1 = c_0 + c_1x_1 + c_2x_4 + c_3x_{11},$$

где коэффициенты $c_0 \div c_3$ являются некоторыми комбинациями параметров $\{b_{ij}\}$ указанных соотношений; при этом, как видно, в качестве независимых факторов, определяющих среднюю продолжительность жизни, выступают:

- x_1 – валовой национальный продукт на душу населения,
- x_4 – процент городского населения,
- x_{11} – процент грамотных женщин

(в соответствии со знаками параметров полученных регрессионных моделей чем больше значения данных факторов, тем выше средняя продолжительность жизни, что не противоречит здравому смыслу).

Выводы: очевидно, все перечисленные факторы можно рассматривать как один обобщенный, именно как фактор «уровень жизни населения». Следует заметить, что это не вполне соответствует проверяемому утверждению, т.е. средняя продолжительность жизни определяется не только (и не столько) величиной душевого национального продукта, но и культурой общества (особенно – уровнем медицинской грамотности) и уровнем его урбанизации.

Разумеется, для исследования поставленной задачи могли бы быть привлечены и другие статистические методы (например, методы факторного анализа и т.д.), но полученные выводы представляются вполне достаточными.

Литература

1. Бююль А., Цёфель П. SPSS: искусство обработки информации. Анализ статистических данных и восстановление скрытых закономерностей. СПб.: ООО «ДиаСофтЮП», 2002.
2. Дюк В. Обработка данных на ПК в примерах. СПб.: Питер, 1997.
3. Боровиков В.П., Боровиков И.П. STATISTICA: статистический анализ и обработка данных в среде Windows. М.: Филинь, 1997.
4. Боровиков В.П. STATISTICA: искусство анализа данных на компьютере. Для профессионалов. СПб.: Питер, 2001.

ИССЛЕДОВАНИЕ КВАЗИРЕЗОНАНСНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

С.В. МИХАЙЛОВ, А.О. ШИРЯЕВ

Филиал ГОУ ВПО МЭИ (ТУ), г. Смоленск

e-mail: mifodiy67@mail.ru

Традиционные методы формирования траектории переключения силового ключа обеспечивают безопасный режим работы, не приводя к увеличению КПД преобразователя в целом. Увеличение КПД может быть достигнуто включением цепи формирования траектории непосредственно в контур передачи энергии. По такому принципу строятся резонансные преобразователи ($f_{\text{преобр}} \approx f_{\text{рез}}$) с фазовой или частотной модуляцией.

Однако им присущ ряд недостатков, в первую очередь связанных с тем, что при одинаковых средних значениях тока и напряжения их мгновенные значения больше, чем в традиционных схемах. Это приводит к

увеличению потерь мощности в силовых ключах, выпрямительных диодах, силовом трансформаторе. Кроме того, для резонансных схем требуются силовые элементы с предельными токами и напряжениями в 2-4 раза выше, чем в традиционных схемах.

С точки зрения минимизации потерь как в активных, так и в пассивных элементах схемы целесообразно иметь фронты токов и напряжений, максимально близких к прямоугольной.

С другой стороны, для уменьшения генерации помех фронты должны быть максимально пологими.

Компромиссным вариантом является квазирезонансный преобразователь ($f_{\text{преобр}} \ll f_{\text{рез}}$), имеющий плоскую вершину и синусоидальные фронты импульсов напряжения (рис. 1). Работу преобразователя рассмотрим на примере схемы, построенной на контроллере TEA 1507 [1] (рис. 2).

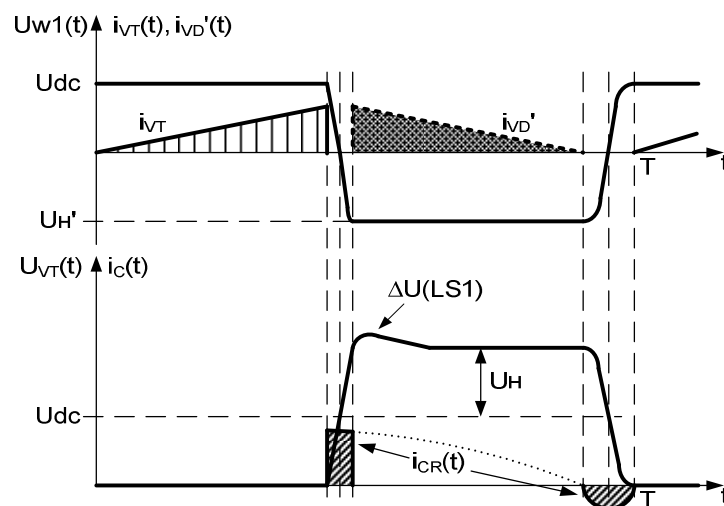


Рис. 1. Диаграмма токов и напряжений преобразователя

На схеме: U_{dc} – источник питания; VT1, VD1, T1, C1 – элементы обратного преобразователя; VD2, C2 – питание контроллера в установившемся режиме; U_{oc} – имитация обратной связи; C3 – резонансный конденсатор; R4 – датчик тока. Выводы контроллера: 1 – питание контроллера; 2 – общая точка; 3 – вход усилителя рассогласования; 4 – привязка по фазе; 5 – вход датчика тока; 6 – выход; 8 – первичное питание при запуске и контроль напряжения на резонансном конденсаторе.

На эквивалентной схеме: резонансная частота контура

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_R}}$$

где $L = L_{\mu} + L_{S1}$ – резонансная индуктивность, [Гн];

$C_R = C3 + C_{\text{монтажа}}$ – резонансная емкость, [Ф].

Квазирезонансный преобразователь построен по обратному преобразователю и всегда работает в граничном режиме при коэффициенте заполнения 0,5. По окончании процесса передачи энергии в нагрузку происходит колебательный перезаряд резонансного конденсатора.

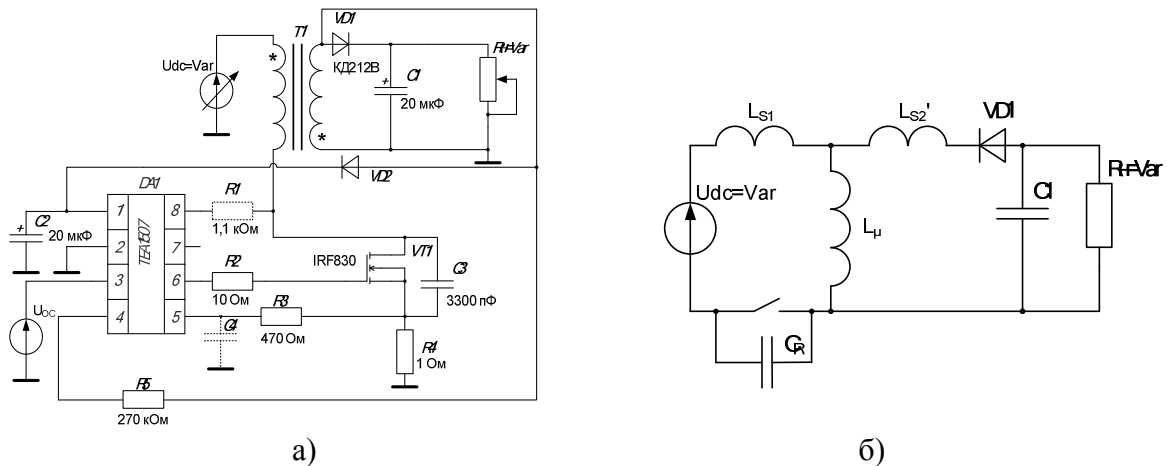


Рис. 2. Квазирезонансный преобразователь на микросхеме TEA 1507 (а) и эквивалентная схема (б)

Контроль процесса перезаряда осуществляется по переходу через ноль напряжения на обмотке (вывод 4) и обнулению напряжения на резонансном конденсаторе С3 (вывод 8). Таким образом, новый цикл работы преобразователя начинается только по окончании переходного процесса.

Из сказанного следует, что в отличие от обычных одноктактных схем алгоритм работы квазирезонансного преобразователя более сложный. Здесь, наряду с контролем тока ключа и напряжения на нагрузке, требуется дополнительно контролировать ряд параметров, что несколько усложняет схему преобразователя и её настройку.

Литература

1. Микросхемы для импульсных источников питания и их применение. М.: Додэка-XXI, 2001. 608 с.

ФОРМАЛЬНЫЕ МОДЕЛИ ОБРАБОТКИ БАЗ ДАННЫХ

В.И. МУНЕРМАН

Смоленский государственный университет, г. Смоленск
e-mail: vimoon@gmail.com

Рассмотрим теорию \mathcal{T} в которой множество символов состоит из
1) строчных и заглавных букв a, b, \dots, A, B, \dots или $a_1, a_2, \dots, A_1, A_2, \dots$;
2) специальных символов $(,)$, <запятая>, $\wedge, ', \lambda, \sigma, \oplus, \otimes, \mathcal{K}$.

Термы (*объекты*) теории \mathcal{T} определяются как буквы или последовательности букв.

Соотношения (*формулы*) теории \mathcal{T} определяются следующим образом:

- 1) любой терм есть формула;

2) если A, B, a_1 – формулы, то $A(a_1, \dots, a_n), \mathcal{X} aA, 'A, \lambda A, \sigma A, \oplus AB, \otimes AB$ – формулы (здесь используется префиксная форма записи операций, так как она наиболее удобна при проведении подстановок);

3) других формул нет.

Теоремой в теории \mathcal{T} будем называть конструкцию вида:

$$\frac{R_1(a_1, \dots, a_{n_1}), \dots, R_m(a_1, \dots, a_{n_m}), \mathcal{F}}{R(a_1, \dots, a_p)},$$

где $R_1(a_1, \dots, a_{n_1}), \dots, R_m(a_1, \dots, a_{n_m}), R(a_1, \dots, a_p)$ и \mathcal{F} формулы теории \mathcal{T} , причем формула \mathcal{F} – есть комбинация формул $'A, \mu A, \sigma A, A \oplus B, \otimes AB$.

В качестве правил вывода используются правила, принятые в теории верификации программ. При этом формулы $R_1(a_1, \dots, a_{n_1}), \dots, R_m(a_1, \dots, a_{n_m})$ интерпретируются как предусловие, формула $R(a_1, \dots, a_p)$ – как постуловие, а формула \mathcal{F} – как программа (в дальнейшем рассмотрении – запрос к базе данных).

Моделями этой теории могут быть теории, известные как алгебра файлов, алгебра логических матриц, реляционная алгебра. Последняя алгебра рассматривается с точки зрения обработки данных.

Дальнейшее изложение базируется на следующей **теореме**.

Пусть \mathcal{T} – теория, $\mathcal{A}_1, \dots, \mathcal{A}_n$ – ее явные аксиомы, a_1, \dots, a_h – ее константы, T_1, \dots, T_h – ее термы. Если $(T_1|a_1) \dots (T_h|a_h) \mathcal{A}_i, (i=1, \dots, n)$ являются теоремами теории \mathcal{T}' , и знаки теории \mathcal{T} являются знаками теории \mathcal{T}' , и схемы теории \mathcal{T} являются схемами теории \mathcal{T}' , то если \mathcal{A} теорема теории \mathcal{T} , то $(T_1|a_1) \dots (T_h|a_h) \mathcal{A}$ есть теорема теории \mathcal{T} . $(T_1|a_1) \dots (T_h|a_h)$ – подстановки термов T_1, \dots, T_h вместо констант a_1, \dots, a_h в формулах $\mathcal{A}_i, (i=1, \dots, n)$ и $\mathcal{A}[1]$.

Подстановки производятся в соответствии со следующей таблицей:

Теория \mathcal{T}	Алгебра файлов	Алгебра многомерных матриц	Реляционная алгебра
$A(a_1, \dots, a_n)$	$F_K(a_1, \dots, a_n)$ – файл с записью (a_1, \dots, a_n) и множеством ключей K	A – многомерная матрица с индексами i_1, \dots, i_n	$R(a_1, \dots, a_n)$ – отношение со схемой (a_1, \dots, a_n)
$'A$	$Sort F_K$ – сортировка файла F_K	$'A$ – транспонирование матрицы A	$Index R$ – упорядочивание отношения R
λA	$Sel F_K$ – выборка из файла F_K	λA – сечение матрицы A	$Select R$ – реляционная операция селекции
σA	$\sum_{K'} F_K$ – сжатие файла F_K по подмножеству ключей K' множества ключей K	μA – свертка матрицы A	$Select group R$ – реляционная операция селекции с группировкой

$\oplus AB$	$M_S F_K G_K$ – слияние строго упорядоченных файлов	$A+B$ – сложение многомерных матриц	$\cup AB, \cap AB, \setminus AB$ – любая из теоретико-множественных операций
$\otimes AB$	$M_{ns} F_K G_L$ – слияние нестрого упорядоченных файлов	$(\lambda, \mu) AB$ – + произведение многомерных матриц	$Join RQ$ – операция соединения отношений R и Q (расширенное декартово произведение)

Возможность проведения таких подстановок позволяет утверждать, что процессы обработки файлов, выражения в алгебре многомерных матриц и реляционные запросы задаются одними и теми же формулами теории \mathcal{T} . Этот результат может быть эффективно использован в теории верификации программ обработки баз данных, в распараллеливании обработки баз данных и в разработке систем управления базами данных.

Литература

1. Бурбаки Н. Теория множеств. М.: Мир, 1965.

ВЕРИФИКАЦИЯ ПРОГРАММ СЛИЯНИЯ НЕСТРОГО УПОРЯДОЧЕННЫХ ФАЙЛОВ

В.И. МУНЕРМАН, А.Н. ЦЫГАНКОВ

Смоленский государственный университет, г. Смоленск

Пусть X_K и Y_L – файлы, упорядоченные (возможно строго) по множествам ключей K и L , причем выполняется условие $K \cap L \neq \emptyset$, и пусть M – множество ключей, связанное с множествами K и L соотношениями:

- 1) $M \subseteq K \cup L$,
- 2) $M \cap K \neq \emptyset$ и $M \cap L \neq \emptyset$.

Тогда, по крайней мере, один файл X_M или Y_M нестрого упорядочен по множеству ключей M . Слияние файлов производится по множеству ключей M . Пусть M^* – фиксированный экземпляр множества ключей M , а K^* и L^* – такие экземпляры множеств ключей K и L , что значения одноименных ключей в M^* , K^* и L^* совпадают. Тогда можно задать вычисление класса эквивалентности файла Z_M по следующему правилу:

$$Z_{M^*} = \begin{cases} \Theta_{M^*}, & \text{если } X_{K^*} = \Theta_{K^*} \text{ или } Y_{L^*} = \Theta_{L^*}, \\ f(X_{K^*}, Y_{L^*}), & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

Функция $f(X_{K^*}, Y_{L^*})$ определена на классах эквивалентности X_{K^*} и Y_{L^*} , а ее значение – класс эквивалентности Z_M , состоящий из элементов, каждый из которых вычисляется из пары элементов, принадле-

жащей декартову произведению $X_{K^*} \times Y_{L^*}$ (Θ – универсальная неопределенная запись, часто вместо символа Θ используется символ ω).

Цель доклада – дополнить верификацию операций, предложенную в [2], верификацией алгоритма слияния нестрого упорядоченных файлов.

Для верификации алгоритма слияния данных используем терминологию и обозначения, предложенные в [2]. Обозначим файлы символами f, g, h_1, h_2 , их буферные переменные – $f^\wedge, g^\wedge, h_1^\wedge, h_2^\wedge$, неопределенное значение буферной переменной – ω . Зададим функции $res(f)$ – тот же файл, что и f , а буферная переменная f^\wedge содержит первую запись, $rew(f)$ – уничтожает файл f , $get(f)$ – смещает текущую позицию файла на следующую компоненту присваивая ее значение f^\wedge , $put(f)$ – добавляет значение f^\wedge к файлу f , $eof(f)$ – истинен, если файл f находится в состоянии «конец файла» [2].

Для верификации программы потребуются аксиомы из статьи [2] и дополнительная частично определённая функция $ft(f, x)$, которая даёт такой файл, содержащий записи файла f , равные записи m . Аксиомы имеют вид:

$$\begin{aligned} ft1. m \neq \omega &\rightarrow ft(f, m), \\ ft2. x \neq \omega &\rightarrow file(x) = ft(file(x), x), \\ ft3. ft(f, m) = \emptyset &\leftrightarrow m \notin mset(f), \\ ft4. ft(f, m) \neq \emptyset &\leftrightarrow m \in mset(f), \\ ft5. eof(f) \wedge f^\wedge = \omega \wedge x \neq \omega &\rightarrow ord(ft(f, x)), \\ ft6. eof(f) \wedge f^\wedge = \omega &\rightarrow mset(f). \end{aligned}$$

Обозначим через $ts(f)$ частичную функцию, определённую при $eof(f)$. Файл $\Phi = ts(f)$ совпадает с заключительным упорядоченным отрезком файла f максимальной длины. При этом по определению $ts(\emptyset) = \emptyset$.

Введём следующую теорему: $P_{ex} \rightarrow P \rightarrow P_{вых}$, где P – алгоритм слияния нестрого упорядоченных файлов.

Исходя из введённой теоремы, заключаем, что построена верификация программы, реализующая слияние данных.

Литература

1. Емельченков Е.П., Левин Н.А., Мунерман В.И. Алгебраический подход к оптимизации разработки и эксплуатации систем управления базами данных // Системы и средства информатики. М.: Изд. ИПИ РАН, 2009. С. 114-137.
2. Непомнящий В.А. Верификация программ обработки файлов на языке Паскаль // Программирование. М. № 2. 1981
3. Непомнящий В.А. Верификация финитной итерации над набором структур данных // Программирование. М. № 4. 2002.

УПРАВЛЕНИЕ КОМБИНИРОВАННЫМ ИМПУЛЬСНЫМ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ

А.В. НЕСТЕРОВ, С.А. ТЮТЮННИК, О.А. ФРОЛКОВ

Филиал ГОУ ВПО МЭИ (ТУ), г. Смоленск

e-mail: 22nn@mail.ru

В настоящее время наблюдается тенденция к значительному ужесточению требований к форме потребляемого тока источниками вторичного электропитания. Включение в сеть переменного тока активно-реактивных нагрузок приводит к тому, что потребляемый этими устройствами ток имеет импульсный характер. Коэффициент мощности при этом не превышает 0,7.

Традиционным решением этой проблемы при разработке импульсных источников питания является установка каскадов активной коррекции коэффициента мощности (ККМ) на входе преобразователя. Однако при этом возникает несколько проблем: ухудшается коэффициент полезного действия за счет потерь, вносимых данным каскадом, растут массогабаритные показатели, возникают трудности, связанные с контролем взаимного влияния каскадов преобразования.

Вопросы уменьшения размеров и совместимости решаются применением комбинированных микросхем управления, включающих в себя как ШИМ-контроллер, так и контроллер ККМ. Но в данном случае остается проблема КПД. По этой причине получили развитие идеи по созданию комбинированных импульсных преобразователей, в которых реализуются как функции преобразования электрической энергии, так и ККМ.

Одноключевая схема импульсного преобразователя [1] (рис. 1) имеет такие достоинства, как высокий КПД и отсутствие взаимных переходных процессов, имеющих место в двухкаскадных схемах. Однако возникают сложности с синтезом системы управления силовым ключом.

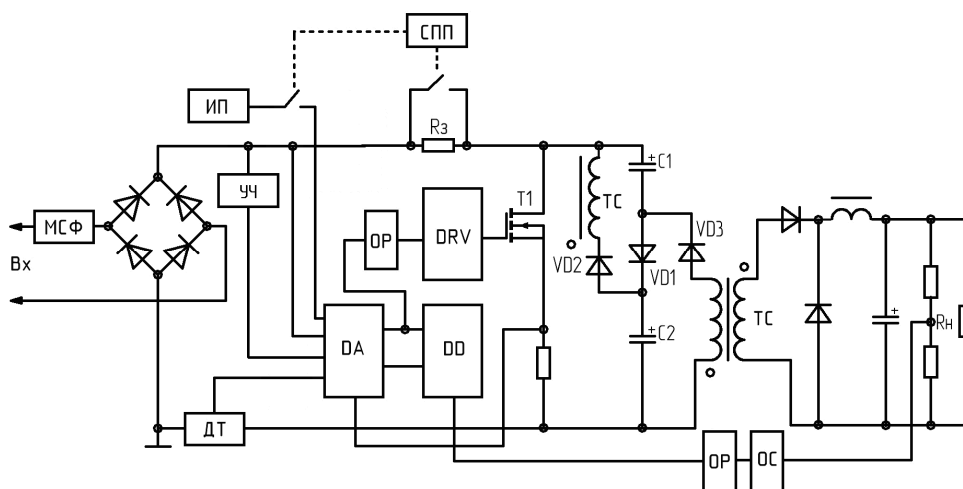


Рис. 1. Функциональная схема преобразователя

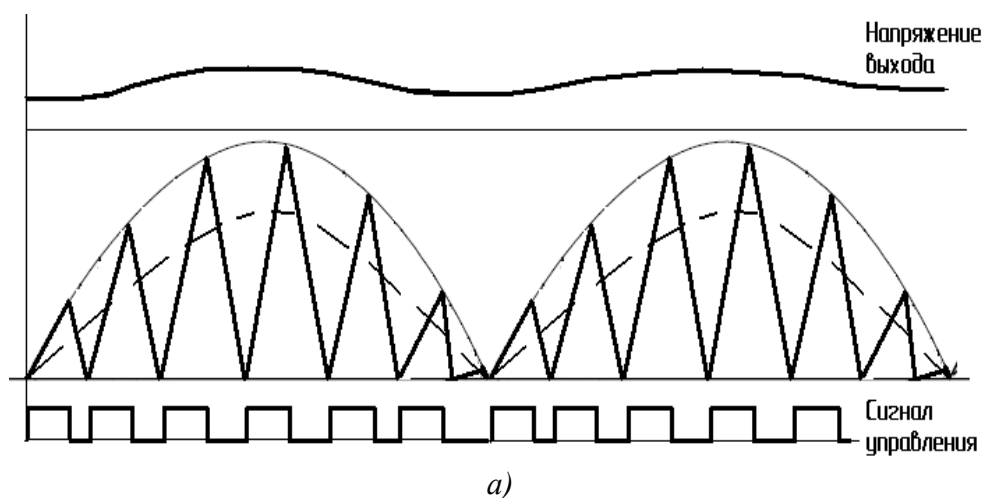
При использовании стандартных микросхем ШИМ-контроллеров на выходе источника возникают синусоидальные пульсации, которые не могут быть устранены принципиально. При полной коррекции КМ потребляемая мощность изменяется по синусоидальному закону с двойной сетевой частотой. Если происходит стабилизация напряжения с целью устранения пульсаций, это условие нарушается.

В связи с проблемой одновременной коррекции КМ и стабилизации выходного напряжения использование стандартных микросхем контроллеров ККМ и ШИМ-контроллеров невозможно. На рис. 2 (а) показаны диаграммы работы ККМ при использовании алгоритма управления с постоянным временем открытого ключа.

Система управления представляет собой совокупность двух частей – аналоговой и цифровой. Функционирование идет по указанному выше принципу. Аналоговая часть (DA) представляет собой микросхему *MC34262*, предназначенную для построения ККМ, работающих в граничном режиме. Цифровая часть (DD) – микроконтроллер *ATMEGA8*. Задача ИМС *MC34262* состоит в формировании времени t_{on} , на основе которого микроконтроллер рассчитывает время t_{off} .

Некоторым компромиссным вариантом построения системы управления может стать простое ЧИМ-регулирование. В этом случае синусоидальный закон имеет кривая максимальных значений потребляемого тока, зависимость же среднего тока будет отклоняться от синусоидального.

Одноключевой комбинированный преобразователь имеет ряд преимуществ, таких как повышенный КПД, малое количество элементов, наличие стабилизированного выходного напряжения. Использование подобной схмотехники при создании мощных источников питания дает большие преимущества по сравнению с классическими двухкаскадными решениями.



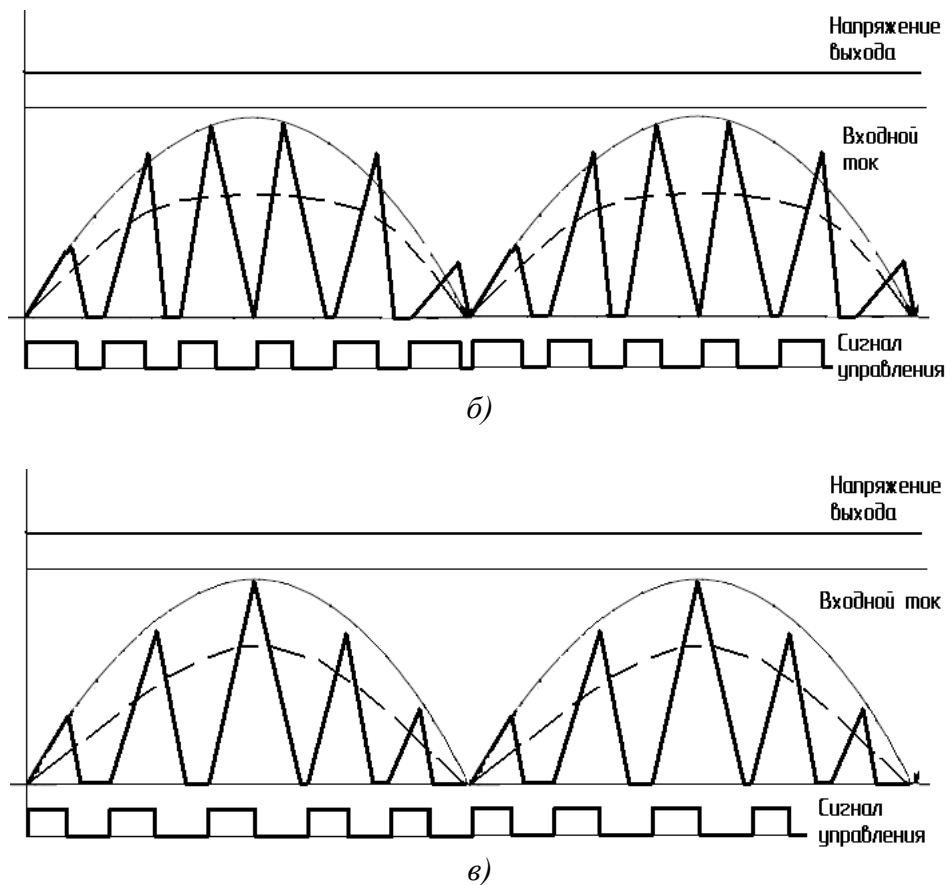


Рис. 2. Диаграммы работы различных алгоритмов управления ККМ: *а* – алгоритм с постоянным временем открытого ключа, *б* – стабилизация с использованием ШИМ, *в* – комбинированный алгоритм управления преобразователем.

Литература

1. Рудык С.Д., Турчанинов В.Е., Флоренцев С.Н. Однокаскадные конвертеры AC-DC с коррекцией коэффициента мощности и пониженными динамическими потерями // *Электротехника*. 1996. № 4. С. 28-30.
2. Поликарпов А.Г., Сергиенко Е.Ф. Однотактные преобразователи напряжения в устройствах электропитания РЭА. М.: Радио и связь. 1989. С. 160.

СТРУКТУРНЫЕ СХЕМЫ МНОГОКАНАЛЬНЫХ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ

А.В. НЕСТЕРОВ, С.А. ТЮТЮННИК, А.О. ШИРЯЕВ

Филиал ГОУ ВПО МЭИ (ТУ), г. Смоленск

e-mail: 22nn@mail.ru

Современные вторичные источники питания (ВИП) радиоэлектронной аппаратуры питаются от выпрямленного и отфильтрованного напряжения сети U_{dc} .

Многоканальные ВИП строятся по двум основным схемам (рис. 1).

Схема (а) на рис. 1 включает полностью стабилизированный основной канал, от которого производится управление регулируемым преобразователем, каналы со стабилизацией по сети, каналы с дополнительными стабилизаторами.

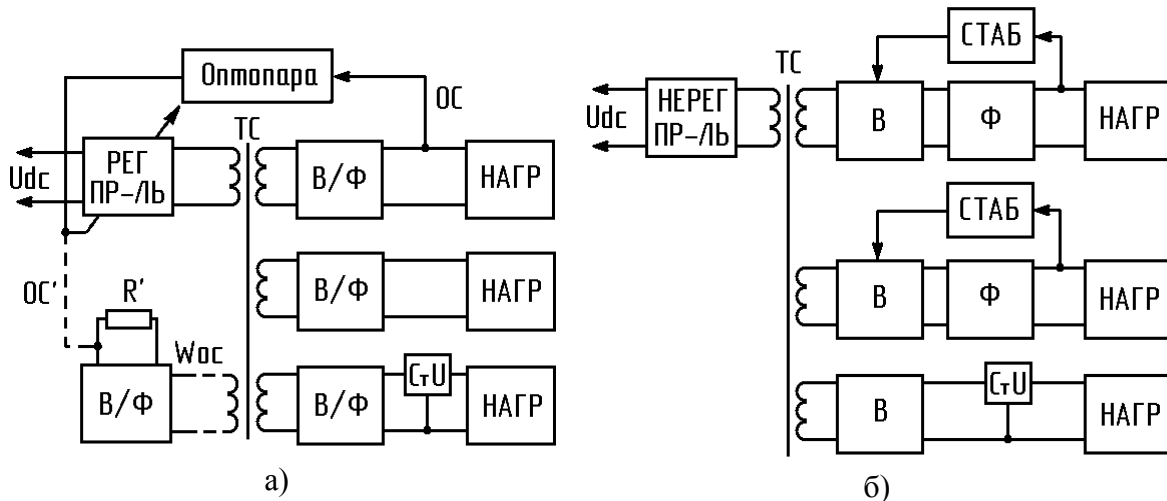


Рис. 1. Структурные схемы многоканальных источников питания

Напряжение на каналах со стабилизацией по сети поддерживается за счет хорошей трансформаторной связи между обмотками трансформатора. Все каналы имеют одинаковый коэффициент стабилизации $K_{ст}$ по питающему напряжению U_{dc} .

Иногда, для исключения оптронной развязки и упрощения системы управления, обратная связь заводится от отдельной обмотки W_{oc} (ОС' на рис. 1, а). В этом случае все каналы оказываются равноценными и стабилизированными по сети и имеют один и тот же коэффициент стабилизации $K_{ст}' \approx K_{ст}$, выходное сопротивление основного канала возрастает.

Схема (б) на рис. 1 содержит нерегулируемый преобразователь и полностью стабилизированные каналы. В мощных каналах используются импульсные стабилизаторы, в маломощных – линейные.

Эквивалентная схема (а) на рис. 2 соответствует рис. 1, а). Регулируемый преобразователь на эквивалентной схеме заменен источником тока. Резисторы $r_{п0}, r_{п1}, r_{п2}$ учитывают потери в обмотках трансформатора, выпрямителях и фильтрах соответствующих каналов.

Пусть произошло увеличение тока нагрузки основного канала $R_{н0}$. Обратная связь отреагирует на такое возмущение увеличением напряжения $U_{п}$ на выходе преобразователя, тем самым компенсируя увеличение падения напряжения на $r_{п0}$. Соответственно, возрастет и напряжение на выходе каналов со стабилизацией по сети (рис. 2, б).

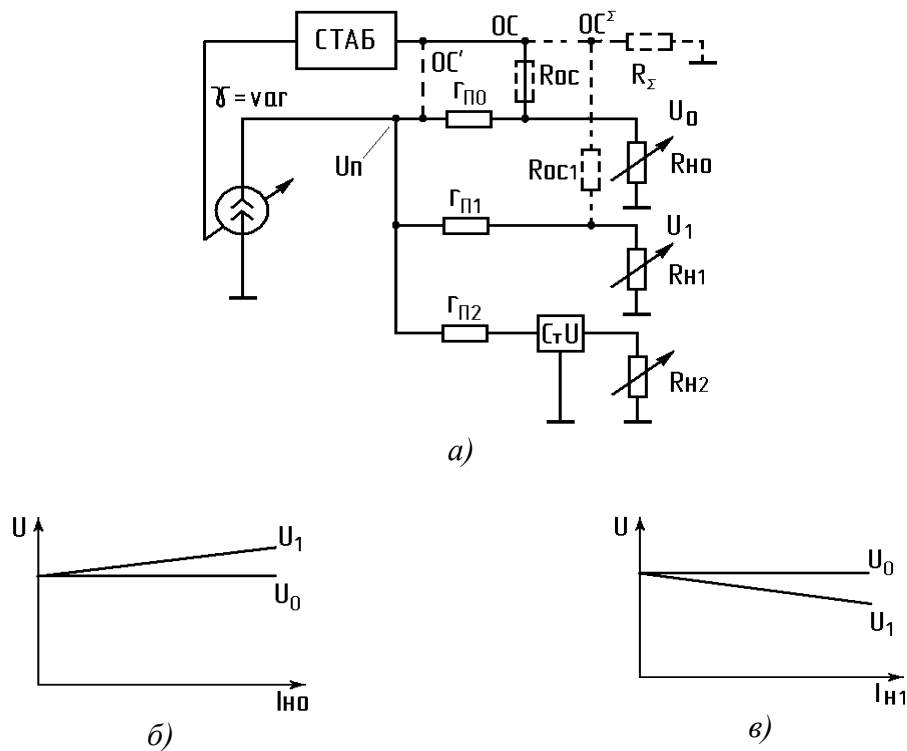


Рис. 2. Эквивалентная схема и её вольтамперные характеристики

При уменьшении тока в стабилизированном канале напряжение на нестабилизированных каналах уменьшается.

Пусть теперь увеличится ток в нестабилизированном канале U_1 . Обратная связь будет поддерживать напряжение U_0 и, следовательно, напряжение U_n , а напряжение на выходе нестабилизированного канала U_1 уменьшится за счет увеличения падения напряжения на $r_{П1}$ (рис. 2, в).

В рамках модели $K_{СТ} \rightarrow \infty$ каналы, не охваченные обратной связью, между собой не взаимодействуют. На самом деле из-за конечного коэффициента стабилизации имеется косвенное взаимодействие.

Выходное сопротивление в каналах со стабилизацией по сети хуже, чем в основном канале. У большинства серийных источников питания изменение выходного напряжения лежит в пределах $\pm 5\%$ при изменении нагрузки в любом из каналов на $\pm 50\%$. Для неотвественных потребителей такой стабильности оказывается достаточно, а если нет, то ставятся дополнительные стабилизаторы.

Таким образом, первая структурная схема применяется, когда нагрузка как по основному, так и по дополнительным каналам изменяется незначительно (телевизоры, мониторы и т.д.).

Если же нагрузка может изменяться в широких пределах, а на стабильность напряжения в каждом канале накладываются жесткие условия, то применяется схема по рис. 1, б). Для уменьшения взаимодействия между каналами преобразователь должен иметь малое выходное сопротивление.

Как обобщение двух приведенных структурных схем в литературе упоминается метод перекрестной стабилизации [1], при котором обратная связь заводится сразу от нескольких выходов на один общий регулируемый преобразователь (см. рис. 2, пунктир, ОС^Σ).

Для того чтобы сформулировать выводы, достаточно рассмотреть случай, когда перекрестная обратная связь заводится с двух каналов с одинаковыми коэффициентами передачи. Коэффициент передачи по каждому из каналов определяется соотношениями между резисторами R_{oc} , R_{oc1} и R_{Σ} . Расчетные параметры каналов для этого случая приведены в таблице 1.

Таблица 1

Сравнительные характеристики каналов

Тип ОС	От основного канала (ОС)	От W_{oc} (ОС')	Перекрестная (ОС ^Σ)
Коэфф. стаб. по U_{dc}	$K_{ст} \approx K_{ст}' = K_{ст}^{\Sigma}$		
$R_{вых0}$	$\frac{r_{п0}}{1 + \beta_{oc} K_{yp}}$	$r_{п0}$	$\frac{r_{п0}}{2}$
$R_{вых1}$	$r_{п1}$	$r_{п1}$	$\frac{r_{п1}}{2}$

Здесь $\beta_{oc} K_{yp}$ – петлевое усиление цепи обратной связи.

Как видно из таблицы, далеко не всегда оправдано использование перекрестной обратной связи, так как:

- во-первых, ее введение не увеличивает коэффициента стабилизации по напряжению;
- во-вторых, те же результаты по выходному сопротивлению каналов могут быть достигнуты оптимизацией конструкции трансформатора.

Литература

1. Браун М. Источники питания. Расчет и конструирование. К.: МК-Пресс, 2007. 288 с.: ил.

МЕТОДИКА ПОСТРОЕНИЯ СИТУАЦИОННОЙ СЕТИ НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКОЙ РЕЛЯЦИОННОЙ КОГНИТИВНОЙ КАРТЫ

Д.Ю. ПОПКОВ, А.С. ФЕДУЛОВ

Филиал ГОУ ВПО МЭИ (ТУ), г. Смоленск
e-mail: popkov.dj@gmail.com

В настоящее время в интеллектуальных системах поддержки принятия решений широко применяется подход на основе нечетких когни-

тивных карт (КК) [1-3]. Один из применяемых видов когнитивных карт – нечеткие реляционные когнитивные карты (НРКК) [4]. Существует и другой подход для решения сложных задач, основанный на нечетких ситуационных сетях [5]. Объединение двух этих подходов в рамках концепции «мягких» вычислений позволяет использовать преимущества, присущие каждому из этих методов.

В работе предложена методика построения нечеткой ситуационной сети на основе анализа динамики НРКК.

После построения НРКК на основе данных, предоставленных экспертами, можно приступать к ее анализу. Предлагается следующая методика построения ситуационной сети.

1. Составляется полный список эталонных ситуаций. Для каждого концепта производится перебор лингвистических значений концепта, характеризующих его состояние (например: «маленький», «средний», «большой»). В результате получается список из всех возможных типовых состояний КК. Полученные ситуации помечаются по степени их предпочтения на «нежелательные», «удовлетворительные», «предпочтительные».

2. На следующем этапе за начальное состояние НРКК по очереди принимаются эталонные ситуации и на каждый входной концепт подаются различные типовые воздействия, заданные экспертом. После окончания переходных процессов анализируется, в какую ситуацию перешла система. В ситуационную сеть добавляется управляющее решение, равное поданному на КК воздействию. Также на этапе анализа динамики КК производится градация управляющих решений. Рейтинг ситуации зависит от того, через какие ситуации проходила КК.

3. После анализа всего списка воздействий на КК и его наложения на список эталонных ситуаций, строится нечеткая ситуационная сеть.

Такая ситуационная сеть обладает рядом преимуществ по сравнению с другими методами моделирования слабо-формализуемых задач. Во-первых, это наглядность, можно быстро оценить текущую и желаемую ситуацию и занести данные в модель для дальнейших вычислений. Во-вторых, скорость принятия решения сводится к решению классических задач на графах (поиск кратчайшего или самого устойчивого пути и т.д.).

По построенной таким образом сети можно решать ряд задач по принятию решений. Зная текущую ситуацию, можно оценить, в какое состояние перейдет система при заданном входном воздействии. Можно строить стратегии управления для перехода из текущего состояния в желаемое, а также оценивать качество выбранной стратегии управления с использованием различных факторов.

Литература

1. Силов В.Б. Принятие стратегических решений в нечеткой обстановке. М.: ИНПРО-РЕС, 1995. 228 с.

2. Борисов В.В., Круглов В.В., Федулов А.С. Нечеткие системы и сети. М: Горячая линия-Телеком, 2007. 284 с.

3. Робертс Ф.С. Дискретные математические модели с приложениями к социальным, биологическим и экологическим задачам. М.: Наука, 1986. 494 с.

4. Федулов А.С. Нечеткие реляционные когнитивные карты // Теория и системы управления. 2005. № 1. С. 120-132.

5. Мелихов А.Н., Бернштейн Л.С., Коровин С.Я. Ситуационные со-ветующие системы с нечеткой логикой. М.: Наука, 1990. 272 с.

ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ И АНАЛИЗА СЕТЕЙ ПЕТРИ

Ю.А. СМИРНОВ, А.С. ФЕДУЛОВ

Филиал ГОУ ВПО МЭИ (ТУ), г. Смоленск

e-mail: sielent@rambler.ru

Теория сетей Петри делает возможным моделирование системы представлением ее в виде сети Петри [1]. Анализ сетей Петри позволяет получить важную информацию о структуре и динамическом поведении моделируемой системы. Эта информация используется для оценки моделируемой системы и выработки предложений по ее усовершенствованию и изменению.

Целью работы является создание специального программного обеспечения для моделирования сети Петри, проведения процесса имитации работы сети, а также проведение анализа созданной сети Петри.

Разработанное программное обеспечение может функционировать в нескольких режимах.

В режиме редактора (рис. 1) пользователь строит сеть Петри на основе позиций, переходов и связей между позициями и переходами.

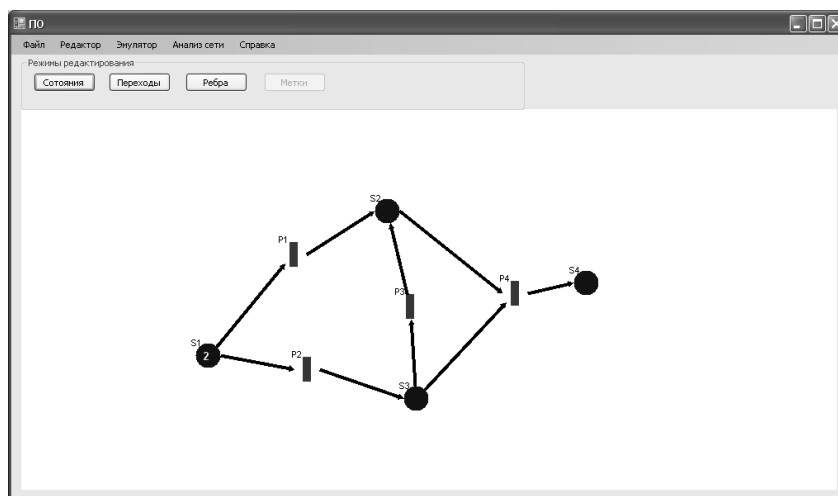


Рис. 1. Редактор сети Петри

Режим эмулятора позволяет имитировать работу сети Петри. Эмулятор содержит пошаговый режим имитации работы, а также автоматический режим работы

Программное обеспечение позволяет осуществлять анализ сети Петри на основе построения дерева достижимости, а также реализует матричный подход к анализу.

Пример построенного дерева достижимости приведен на рис. 2.

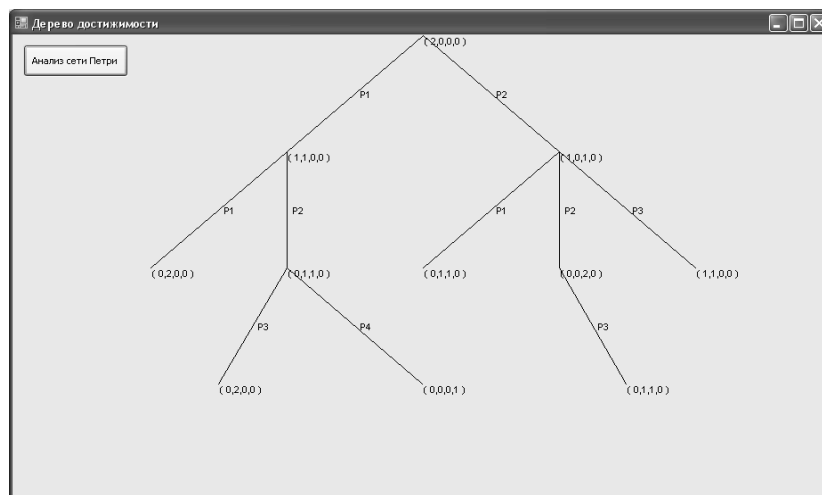


Рис. 2. Пример дерева достижимости

На основании построенного дерева достижимости можно определить свойства и характеристики представленной в редакторе сети Петри, такие как безопасность, ограниченность, сохраняемость и покрываемость.

Матричный подход к анализу представленной в редакторе сети Петри предусматривает проверку достижимости маркировки, заданную пользователем.

Разработанное программное обеспечение может быть использовано в учебном процессе, для моделирования и анализа систем различного назначения.

Литература

1. Питерсон Дж. Теория систем Петри и моделирование систем / Дж. Питерсон. М.: Мир, 1984. 264 с.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРЕГРУЗОЧНЫХ ПРОЦЕССОВ

С.С. СОКОЛОВ

Санкт-Петербургский государственный университет водных коммуникаций
e-mail: sssokolov@mail.ru

На практике для обеспечения безопасного судоходства и оперативного реагирования на чрезвычайные ситуации, связанные с изменением

осадки и угла наклона судна (крена, дифферента и ухода с курса), достаточно часто требуется решить обратную задачу: определить возможное перемещение груза, зная углы крена и дифферента (по показаниям кренометра и дифферентометра соответственно).

Угол дифферента, возникающий вследствие переноса груза, равен:

$$\psi = \frac{Pl_x}{D\left(H_0 - \frac{P}{D}l_z\right)}, \quad (1)$$

а угол крена:

$$\theta = \frac{Pl_y}{D\left(h_0 - \frac{P}{D}l_z\right)}. \quad (2)$$

При перемещении груза заданная пространственная система координат поворачивается относительно всех трех осей и сам груз изменяет свое положение.

Точку ЦВ (ЦВР) назовем точкой O , а центр новой системы координат – O' . Первая система координат будет определяться базисными векторами: $\bar{i}, \bar{j}, \bar{k}$, а вторая – $\bar{i}_1, \bar{j}_1, \bar{k}_1$.

Располагая начало координат в центре вращения судна, любое перемещение груза можно разложить по осям OX, OY, OZ . Начальные координаты груза на судне – $\{x_0, y_0, z_0\}$, конечные координаты – $\{x_1, y_1, z_1\}$.

Перемещение груза в пространстве описывается формулами:

$$\left. \begin{aligned} x_1 &= x_0 + l_x \\ y_1 &= y_0 + l_y \\ z_1 &= z_0 + l_z \end{aligned} \right\}. \quad (3)$$

Так как любой вектор можно разложить по базису ijk , то найдется девять чисел $\alpha_{lm} (l = 1, 2, 3; m = 1, 2, 3)$, таких, что

$$\left. \begin{aligned} i_1 &= \alpha_{11}i + \alpha_{12}j + \alpha_{13}k \\ j_1 &= \alpha_{21}i + \alpha_{22}j + \alpha_{23}k \\ k_1 &= \alpha_{31}i + \alpha_{32}j + \alpha_{33}k \end{aligned} \right\}. \quad (4)$$

В результате перемещения груза происходит смещение в пространстве также и декартовой системы и, как следствие, углы отклонения судна будут являться углами Эйлера, а их значения могут быть использованы при нахождении коэффициентов отклонения судна от положения равновесия:

$$\left\{ \begin{array}{l} \alpha_{11} = \cos \psi \cos \varphi - \sin \psi \cos \theta \sin \varphi, \\ \alpha_{12} = \sin \psi \cos \varphi + \cos \psi \cos \theta \sin \varphi, \\ \alpha_{13} = \sin \theta \sin \varphi, \\ \alpha_{21} = -\cos \psi \sin \varphi - \sin \psi \cos \theta \cos \varphi, \\ \alpha_{22} = -\sin \psi \sin \varphi + \cos \psi \cos \theta \cos \varphi, \\ \alpha_{23} = \sin \theta \cos \varphi, \\ \alpha_{31} = \sin \varphi \sin \theta, \\ \alpha_{32} = -\cos \varphi \sin \theta, \\ \alpha_{33} = -\cos \theta. \end{array} \right. \quad (5)$$

Так как углом отклонения судна от курса можно пренебречь в силу его небольшой величины (т.е. $\sin \varphi \approx \varphi, \cos \varphi \approx 1$), то в результате получим формулы расчета координат возможного перемещения груза (учитывая известные углы крена и дифферента):

$$\left\{ \begin{array}{l} x_1 = a + (\cos \psi - \varphi \sin \psi \cos \theta)x_1 + (-\varphi \cos \psi - \sin \psi \cos \theta)y_1 + (z_1 + l_x), \\ y_1 = b + (\sin \psi + \varphi \cos \psi \cos \theta)x_1 + (-\varphi \sin \psi)y_1 + (-\cos \psi \sin \theta)z_1 + l_y, \\ z_1 = c + (\varphi \sin \theta)x_1 + (\sin \theta)y_1 + (\cos \theta)z_1 + l_z. \end{array} \right. \quad (6)$$

Полученные в результате аналитических преобразований зависимости могут быть использованы на практике для прогнозирования, предупреждения, оперативного реагирования и ликвидации последствий внештатных аварийных ситуаций.

Литература

1. Соколов С.С. Трехмерная модель рационального размещения грузов на складских площадях // Математика и её приложения: межвузовский сборник научных трудов / под ред. Д.П. Голоскокова, А.Р. Шкадовой. Вып. 2. СПб.: СПГУВК, 2009. 185 с.
2. Борисов Р.В., Луговский В.В., Мирохин Б.В., Рождественский В.В. Статика корабля: учебное пособие. СПб.: Судостроение, 2005. 256 с.

ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИЯ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ДИСКРЕТНЫХ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

И.Н. СТАТНИКОВ, Г.И. ФИРСОВ

Институт машиноведения им. А.А. Благонравова РАН
101990 г. Москва, Малый Харитоньевский пер., 4
тел.: (095) 624-00-72; e-mail: firsovgi@mtu-net.ru

Перефразируя известное выражение, можно сказать, что как могущество человека прирастает могуществом создаваемой им техники, так

и эффективность используемой техники определяется во многом интеллектуальными возможностями человека, т.е. мыслительными способностями человека освоить получаемую информацию (intellectus – «разум»; «мыслительные способности»). Это положение полностью подтверждается историей развития вычислительной техники. Как только появились ЭВМ (пусть еще и несовершенные в современном смысле), стало возможным использование методов Монте-Карло, которые мы и рассматриваем как представителей идеологии «слепого» перебора [1]. Привлекала как их независимость от вида широкого класса исследуемых функций, так и простота алгоритмической реализации на ЭВМ (хотя всегда есть проблемы качества используемых датчиков случайных или квазислучайных (псевдослучайных) чисел).

Но возникало противоречие: колоссальные объёмы числовой информации и ограниченные возможности интерпретации исследователем таких объемов. Статистическая обработка числовой информации, добываемой при использовании дискретных методов, представляет собой, безусловно, пример интеллектуализации процесса анализа этой информации. Однако стандартный набор статистических характеристик (средние, среднеквадратичные отклонения и т.д.) все же оставлял без ответа очень важный вопрос: а что между двумя последовательными испытаниями функции? Поэтому постоянно присутствует потребность в дополнении существующих стандартных пакетов математической обработки методами, повышающими степень их интеллектуализации.

Полагаем, что одним из таких методов является ПЛП-поиск, основная идея которого заключается в синтезе двух подходов: дискретного случайного поиска и его особой организации в пространстве варьируемых параметров исследуемой функции [2]. Благодаря реализации в ПЛП-поиске этой идеи удастся статистическим путем (и визуально; графически) оценить в среднем чувствительность исследуемой функции к изменениям параметров, в нее входящих, со всеми вытекающими из этого обстоятельства возможностями при решении задач исследования (и проектирования) динамических систем.

В результате применения ПЛП-поиска можно с требуемой вероятностью получить одновременно следующие результаты (или некоторые отдельно):

1) определить существенные (релевантные) параметры α_m ($m \leq J+U$) в смысле их влияния на значения каждого критерия $\Phi_k(\bar{\alpha})$; иначе говоря, статистическим путём оценить в среднем изменения производных $\partial\Phi_{k\xi}/\partial\alpha_\xi$ при $\alpha_\xi \in (\alpha_{\xi^*}, \alpha_{\xi^{**}})$; здесь $\xi = \overline{1, J+U}$, J – число варьируемых параметров, U – число параметров управления динамической системой; $k = \overline{1, K}$, где K – число предъявленных критериев качества к системе;

2) выделить области концентрации $G_k(\bar{\alpha})$ наилучших решений по каждому критерию $\Phi_k(\bar{\alpha})$ при заданной метрике $\rho(\Phi_k(\bar{\alpha}), \Phi_k^+)$, где Φ_k^+ – экстремальное значение k -го критерия качества исследуемой (проектируемой) динамической системы, заранее известное или определяемое по ходу проведения вычислительных экспериментов; иначе говоря, отыскать область $G_k(\bar{\alpha})$, удовлетворяющую одновременно двум условиям: с вероятностью $P > P_3$ найти множество $n \subseteq N$ таких точек α_m ($m = 1, \dots, n$), что в каждой из этих точек выполнится неравенство $\rho(\Phi_k(\bar{\alpha}), \Phi_k^+) \leq \xi_k$ и при этом $(n/N) \geq 1 - \delta$, здесь $\bar{\alpha}_k \in G_k(\bar{\alpha})$, $0 < \delta \ll 1$, $0 < \xi \ll 1$, P_3 - заданная (требуемая) вероятность;

3) выполнить построение на основе определенных существенных параметров и выделенных подобластей регрессионных зависимостей;

4) выделить в K -мерном пространстве критерии множества с высокой концентрацией точек Парето (или, если возможно, выполнить построение поверхности Парето); а в случае задания какой-либо схемы компромисса – выделить подобласти $G_0(\bar{\alpha}) \subseteq G(\bar{\alpha})$, содержащие наибольшую концентрацию требуемых компромиссных решений.

Метод ПЛП-поиска легко реализуется в среде MATLAB в любой его версии, начиная с 5-й [3].

Литература

1. Бусленко Н.П., Голенко Д.И., Соболев И.М. [и др.] Метод статистических испытаний (метод Монте-Карло) / под ред. Ю.А. Шрейдера. М.: Физматгиз, 1962. 332 с.

2. Статников И.Н., Андреев Е.В. ПЛП-поиск: эвристический метод решения задач математического программирования. М.: ИИЦ МГУДТ, 2006. 140 с.

3. Статников И.Н., Фирсов Г.И. ПЛП-поиск и его реализация в среде MATLAB // Проектирование инженерных и научных приложений в среде MATLAB. М.: ИПУ РАН, 2004. С. 398-411.

АНАЛИЗ ТЕНДЕНЦИЙ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ АГЕНТОВ НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКИХ КОГНИТИВНЫХ МОДЕЛЕЙ

Е.С. УСТИНЕНКОВ

Филиал ГОУ ВПО МЭИ (ТУ), г. Смоленск

e-mail: admin@softorbits.com

В статье рассмотрены вопросы использования нечетких когнитивных моделей [1] для анализа тенденций взаимодействия в мультиагентных системах [4]. Системные показатели нечетких продукционных когнитивных

моделей [3] используются для определения согласованности действия агентов, выявления ситуаций взаимодействия и оценки возможности формирования коалиций. Эти показатели вычисляются и используются с учетом динамики анализируемой системы.

Моделирование динамики нечетких когнитивных карт для анализа мультиагентных систем описывается в виде последовательности следующих шагов.

1. Задаются начальные значения концептов: начальные стратегии и исходные уровни ресурсов.

2. Для каждого агента проводится изменение его текущей стратегии так, чтобы максимизировать выигрыш от всех игроков, которые оказывают на него влияние, либо стратегия выбирается с помощью нечетких продукций, описанных ранее или с помощью смешанных стратегий.

3. Модифицируется переменная «текущий уровень ресурсов» для каждого агента на значение, равное дефаззифицированному значению суммарного выигрыша, обусловленного выбранной стратегией.

4. Шаги 1–3 повторяются до достижения цели моделирования. Цели моделирования могут задаваться как:

- достижение установившегося состояния: значения концептов перестали меняться;
- достижение текущего выигрыша некоторого агента заданного значения;
- применение некоторым агентом заданной стратегии;
- выполнение заданного числа шагов моделирования.

Предложенный в работе [3] подход позволяет найти статические характеристики некоторого состояния системы в момент времени $t=\tau$. Однако при реализации описанного выше подхода к моделированию динамики становится возможным анализировать общие тенденции взаимодействия агентов по результатам моделирования.

Введем динамические показатели системы, характеризующие систему в целом и не зависящие от ее текущего состояния.

При моделировании динамики НПКК существует возможность вычисления динамических системных показателей. Так, на каждом шаге моделирования можно вычислять матрицу транзитивного замыкания значений концептов в текущий момент времени. Сделав ряд шагов, можно найти усредненную матрицу транзитивных замыканий, каждый элемент которой получается усреднением соответствующих элементов каждой из матриц транзитивных замыканий, полученных на предыдущих шагах моделирования:

$$\Delta\tilde{K}P_{i,j}(n+1) = \frac{(\Delta\tilde{K}P_{i,j}(n) * (n-1) + \Delta\tilde{K}P_{i,j})}{n}.$$

Используя усредненную матрицу транзитивных замыканий, можно рассчитать системные показатели когнитивной карты.

Литература

1. Борисов В.В., Федулов А.С. Обобщенные нечеткие когнитивные карты // Нейрокомпьютеры: разработка, применение. № 4. 2004.
2. Борисов В.В., Федулов А.С., Устиненков Е.С. Анализ динамики состояния сложных систем на основе нечетких продукционных когнитивных карт // Нейрокомпьютеры: разработка, применение. № 1. 2007.
3. Устиненков Е.С., Борисов В.В. Анализ мультиагентных систем на основе игровых и когнитивных моделей // Системы компьютерной математики и их приложения СКМП-2008: сб. трудов междунар. науч. конф. Смоленск: СмолГУ, 2008. С. 107-108.
4. Тарасов В.Б. От многоагентных систем к интеллектуальным организациям. М.: УРСС, 2002.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ В МАРКЕТИНГОВЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ С ПОМОЩЬЮ МНОГОФАКТОРНОГО АНАЛИЗА

Е.А. УХНАЛЕВА

Филиал ГОУВПО МЭИ (ТУ), г. Смоленск
e-mail: rusgirl88@mail.ru

Можно выделить следующие основные задачи, решаемые в маркетинговых исследованиях путем анализа на основе множественной регрессии:

- определение частных факторов продукта, оказывающих влияние на общее впечатление потребителей от данного продукта, установление направления и силы данного влияния, расчет значения результирующего фактора при тех или иных значениях частных факторов (например, определение влияния возраста респондента и его среднемесячного дохода на частоту покупок товара);
- выявление частных характеристик продукта, влияющих на общее впечатление потребителей от данного продукта (построение схемы выбора продукта потребителями). Установление соотношения между различными частными факторами и по силе и направлению влияния на общую оценку.

Типичный пример задачи прогнозирования в маркетинговых исследованиях с помощью многофакторного анализа можно сформулировать следующим образом: имеются оценки респондентов о производителе мебели по следующим характеристикам: цена, качество, общая оценка мебели данного производителя. Требуется установить, какой из двух факторов (цена или качество) является наиболее значимым для покупателей при выборе производителя мебели и в каком конкретном соотношении находится значимость данных двух факторов для покупателей.

Исследовался среднемесячный объем розничного товарооборота по 12 районам области в зависимости от факторов, предположительно на него влияющих (таблица 1). Необходимо дать прогноз объема товарооборота в районе 1, если численность населения в предстоящем периоде не изменится, а доходы возрастут на 5%.

Таблица 1

Объемы розничного товарооборота по районам

№ р-на	Численность населения, тыс. чел.	Доля неработающего населения	Затраты на стимулирование сбыта, тыс. руб.	Доход на душу населения, тыс.руб./чел.	Розничный товарооборот, тыс. руб.
1	15,2	0,39	9,1	0,96	360
2	12,8	0,29	10,1	0,8	298
3	13,8	0,34	5	0,84	328
4	14	0,36	7	0,86	330
5	16,3	0,47	9	0,98	366
6	12,6	0,28	4	0,83	316
7	13,2	0,32	12	0,87	334
8	12,9	0,29	6,5	0,84	300
9	13,1	0,33	8	0,81	314
10	12,5	0,28	7	0,85	320
11	15,7	0,4	8,5	0,97	362
12	13,5	0,34	5	0,83	332

Построение многофакторной регрессионной модели осуществлялось по методу Брандона. В общем виде прогнозная функция $F(x_1, x_2, \dots, x_m)$ имеет вид:

$$y = \bar{y} \prod_{k=1}^m f_k(x_k),$$

где y – расчетное значение зависимой переменной;

$$\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n} \text{ – средняя величина исходных значений } y;$$

n – количество наблюдений.

Задача построения регрессионной модели по методу Брандона разбивается на несколько этапов:

- ранжирование влияющих факторов;
- выбор вида зависимости и построение статистической модели.

Для решения задачи прогнозирования использован пакет электронных таблиц Microsoft Excel.

В результате ранжирования влияющих факторов был получен следующий результат: наиболее значимым фактором является «доход на душу населения» (частный коэффициент множественной корреляции

$R_{yx4} = 0,66$), наименее значимым – «численность населения» (частный коэффициент множественной корреляции $R_{yx1} = 0,249$).

Объем розничного товарооборота в районе 1 при росте дохода на душу населения на 5% составил 373,07 тыс. руб.

Литература

1. Маркетинговые исследования и эффективный анализ статистических данных. К.: ООО «ТИД «С», 2002. 768 с.
2. Количественные методы анализа в маркетинге / под ред. Т.П. Данько, И.И. Скоробогатых. СПб.: Питер, 2005. 384 с.

РАЗРАБОТКА НОВОГО МЕТОДА ХРАНЕНИЯ ГРАФА СВЯЗАННОСТИ ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСОВ

М.А. ШИРАЙ

ООО «СайнГрейн», г. Москва
e-mail: michael.sheerai@gmail.com

На данный момент по качеству поиска информационно-поисковые системы (ИПС) сети Интернет не имеют аналогов. Основным критерием качества работы поисковой системы является релевантность поиска (степень соответствия запроса и найденного, то есть уместность результата). Для повышения релевантности поиска современные ИПС используют различные методы ранжирования выдачи. Самым распространенным из них является ссылочное ранжирование, при котором ранг сайта зависит от параметров входящих и исходящих ссылок. Ссылочное ранжирование позволяет значительно увеличить качество результатов поиска. Однако оно имеет ряд недостатков, одним из которых является огромная трудоемкость. Для организации ссылочного ранжирования необходим граф связанности Интернет-ресурсов (далее граф) – граф у которого узлами являются интернет-ресурсы (далее ресурсы), дуги – ссылки. Граф хранится в виде базы данных с информацией обо всех значимых ссылках, их источниках и приемниках в сети Интернет, оптимизированной для поиска всех ссылок для приемника. Для составления графа необходимо посетить все документы в сети Интернет и сохранить информацию о ссылках. Хранение графа – одна из самых сложных задач при построении поисковой системы и во многом от эффективности ее решения зависит производительность всей системы [1].

Количество доменов в «рунете» на текущий момент примерно 2.5 млн. Количество доменов 3-го уровня, на которые есть ссылки, – 30 млн. Ссылки на крупнейшие сайты, поисковые системы и системы

сбора статистики собирать не имеет смысла, так как они есть почти на каждом сайте, и если их исключить, то по статистике [2] на один домен приходится примерно 5 входящих ссылок. Итого, в рунете около 150 млн. значимых ссылок. Чтобы накопить такое количество ссылок за 14 дней, система хранения данных должна обладать способом добавления новых данных, обеспечивающим добавление не менее чем 446000 записей в час.

Для хранения графа можно использовать различные способы организации хранения данных. Рассмотрим наиболее подходящие способы с точки зрения хранения данных и доступа к ним.

1. Хранение данных в РСУБД. Данные хранятся в едином файле БД, для ускорения доступа к ним необходимо строить и, по мере поступления данных, обновлять индексы (примеры: Microsoft SQL Server, Oracle, Postgres SQL).

2. Хранение данных в файле БД, организованном с помощью интегрируемой объектной СУБД. При использовании этого способа объектные методы управления СУБД интегрируются в основную программу, для ускоренного поиска данных используются индексы, аналогичные индексам в РСУБД.

3. Хранение данных в бинарном файле с пользовательской организацией. Доступ к данным – произвольный.

4. Метод хранения данных в текстовых файлах в каталоге директорий. Данные хранятся в множестве файлов, сгруппированные по ним таким образом, чтобы в одном файле были все результаты работы по одному ресурсу; дерево из директорий, организованное с помощью хэш-функции, обеспечивает быстрый поиск файла на диске за счет индексов файловой системы.

Рассмотрим применение нового метода хранения данных в текстовых файлах в каталоге директорий для хранения графа. Для реализации метода хранения данных в файловой системе необходимо подготовить файловую систему, то есть создать разделы на жестких дисках, отформатированные в формате определенной файловой системы. Так как исследование проводится с использованием операционной системы Microsoft Windows 2008 RC2, рациональным будет выбор файловой системы "FAT32" (рис. 1), которая обеспечивает быструю скорость записи и чтения при размере кластера в 4 кБ и малых размерах разделов (до 16 ГБ) за счет отсутствия механизмов контроля за потерями данных [3, 4]. Примерный средний размер хранения одной ссылки 0.5 кБ. Так как объем ОСИ при данном подходе может достигать 75 ГБ, будем использовать 10 разделов FAT32 по 8 ГБ. Метод предполагает хранение большого количества небольших файлов (средний размер меньше 4 кБ), поэтому установим размер кластера в 4 кБ [3, 4].

Criteria	FAT32	NTFS
Max Volume Size	32GB for all OS. 2TB for some OS	2TB
Max Files on Volume	4194304	Nearly Unlimited
Max File Size	4GB minus 2 Bytes	Limit Only by Volume Size
Max Clusters Number	4177918	Nearly Unlimited
Max File Name Length	Up to 255 System	Up to 255 Unicode
Unicode File Names	Character Set	Character Set
System Records Mirror	Second Copy of FAT	MFT Mirror File
Boot Sector Location	First Sector and Copy in Sector #6	First and Last Sectors
File Attributes	Standard Set	Standard and Custom
Alternate Streams	No	Yes
Compression	No	Yes
Encryption	No	No
Object Permissions	No	Yes
Disk Quotas	No	No
Sparse Files	No	No
Reparse Points	No	No
Volume Mount Points	No	No
Built-In Security	No	Yes
Recoverability	No	Yes
Performance	High on small volumes Low on large	Low on small volumes High on Large
Disk Space Economy	Average	Max
Fault Tolerance	Minimal	Max

Рис. 1. Сравнение файловых систем FAT32 и NTFS

При поиске файла на диске по известному полному имени файла используется внутренний индекс файловой системы, по которому файл находится за кратчайшее время [5]. Так как выходной информацией являются ссылки на указанный домен, то для каждого найденного (по ссылке) домена будем создавать отдельный файл домена (далее файл), в который и будут записываться ссылки. Для ускорения работы индекса FAT32 будем хранить файлы в дереве директорий так, чтобы в одной директории было не более 100 файлов, количество подкатегорий в категории и глубина дерева были минимальными. Для каждого файла построим путь вида «x\xx\xx», где x – символ цифры, изменяющийся (в зависимости от значения хэш-функции MD5 от названия домена) от 0 до 9. Количество потомков в дереве директорий не будет превышать 100. Количество комбинаций в этом пути – количество созданных директорий, в данном случае 1 млн. То есть примерно 30 доменов в директории. Первая часть пути «x» – номер FAT32 раздела, в котором будет создан файл. За счет большого количества файлов достигается

отказоустойчивость, в случае программного или аппаратного сбоя пострадает лишь один из 30 млн. файлов, что почти не повлияет на работу системы в целом. При поступлении новых данных (ссылок) по хэш-функции от названия целевого домена определяется файл на диске, в котором будет храниться ссылка. Если файла еще нет, он будет создан, иначе информация о ссылке записывается в конец файла. Для получения ссылок на домен достаточно найти его файл на диске, используя хэш-функцию его названия, и считать из него информацию. В отличие от реляционных СУБД (для примера рассмотрим Microsoft SQL Server 2008) метод хранения данных в файловой системе обеспечивает прямой доступ к файловой системе и помогает избежать ненужных для текущей задачи работ, например работ по контролю за целостностью данных, построению индексов, контролю доступа и др. За счет чего скорость доступа к данным возрастает.

Проанализировав возможность применения нового метода к хранению графа, можно сделать вывод, что недостатком метода являются высокие требования дискового пространства. Однако большинство современных бюджетных жестких дисков выпускается объемом от 0.5 ТБ до 2 ТБ, поэтому требования к дисковому пространству в объеме 60 ГБ не являются критическими.

Метод хранения данных в файловой системе обладает рядом важных достоинств, таких как высокая производительность добавления и выборки данных, простота разработки, возможность масштабирования и высокая степень отказоустойчивости. Реализация данного метода открывает большие перспективы для построения эффективных систем ссылочного ранжирования.

Литература

1. Brin S., Page L. «The Anatomy of a Large-Scale Hypertextual Web Search Engine»
2. Brian J., Sammes A.J. Forensic Computing: A Practitioner's Guide (Practitioner Series). Berlin: Springer, 2000. P. 157.
3. URL: <http://www.rukv.ru/analytics-200703-runet-links.html>
4. URL: http://en.wikipedia.org/wiki/Comparison_of_file_systems
5. URL: http://www.ntfs.com/ntfs_vs_fat.htm

СЕКЦИЯ 3

Математика и её приложения

ОБ ОДНОМ СЛУЧАЕ ЯВНОГО РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ МАРКУШЕВИЧА¹

В.М. АДУКОВ, А.А. ПАТРУШЕВ

Южно-Уральский государственный университет
454080 г. Челябинск, пр. им. В.И. Ленина, 76
тел.: (351)2679317; e-mail: avm@susu.ac.ru

Задача Маркушевича (см., например, [1]) – это задача отыскания кусочно аналитической функции $\varphi(z)$, граничные значения которой на контуре Γ удовлетворяют следующему условию сопряжения

$$\varphi_+(t) = a(t)\varphi_-(t) + b(t)\overline{\varphi_-(t)} + f(t).$$

Здесь $a(t)$, $b(t)$, $f(t)$ – гельдеровские на Γ функции, причем $a(t) \neq 0$ всюду на Γ .

В данной работе задача Маркушевича решена в явном виде в случае, когда контур Γ является единичной окружностью, а коэффициент $b(t)$ есть граничное значение мероморфной в единичном круге функции.

Прежде всего, приемом, указанным в работе [2], общий случай задачи явно приводится к случаю, когда $a(t) = t^k$, затем задача Маркушевича сводится к матричной краевой задаче Римана [1], которая явно решается методом существенных многочленов (см., например, [3]).

В результате число l линейно независимых решений однородной задачи и число p условий разрешимости вычисляются через ранг явно заданной конечной матрицы, а нахождение общего решения сводится к решению некоторых систем линейных алгебраических однородных уравнений. Предложенный алгоритм может быть реализован программно в системах компьютерной математики с использованием точных вычислений.

Литература

1. Литвинчук Г.С. Краевые задачи и сингулярные интегральные уравнения со сдвигом М.: Наука, 1977. 448 с.
2. Расулов К.М. Об одном методе решения граничной задачи Маркушевича в классе аналитических функций // Исследования по краевым задачам комплексного анализа и дифференциальным уравнениям: меж-

¹ Работа выполнена при поддержке РФФИ-Урал, проект №10-01-96005.

вуз. сб. науч. тр. / Смоленский гос. ун-т. Смоленск, 2001. Вып. 3. С. 98-108.

3. Адуков В.М. Факторизация Винера-Хопфа кусочно мероморфных матриц-функций // Матем. сборник, 2009. Т. 200, № 8. С. 3-24.

ОБ ОДНОЙ ТРЕХЭЛЕМЕНТНОЙ КРАЕВОЙ ЗАДАЧЕ ТИПА РИМАНА В КУСОЧНО-НЕПРЕРЫВНОЙ ПОСТАНОВКЕ В СЛУЧАЕ ПОЛУПЛОСКОСТИ

Н.Г. АНИЩЕНКОВА

Смоленский государственный университет, г. Смоленск

1. Постановка задачи. Пусть $L = \{t: \text{Im}t = 0\}$, $T^+ = \{z: \text{Im}z > 0\}$ и $T^- = \overline{C} \setminus (T^+ \cup L)$. В дальнейшем в основном будем пользоваться терминами и обозначениями, принятыми в [1].

Рассмотрим следующую краевую задачу. *Требуется найти все кусочно бианалитические функции $F^\pm(z)$, принадлежащие классу $A_2(T^\pm) \cap I^{(2)}(L)$ (см. [2]), исчезающие на бесконечности, ограниченные вблизи узлов контура L и удовлетворяющие во всех обыкновенных точках этого контура (см. [3]) следующим краевым условиям:*

$$F^+(t) = G_{11}(t)F^-(t) + G_{12}(t)\overline{F^-(t)} + g_1(t), \quad (1)$$

$$\frac{\partial F^+(t)}{\partial n_+} = -G_{21}(t)\frac{\partial F^-(t)}{\partial n_-} + G_{22}(t)\frac{\partial \overline{F^-(t)}}{\partial n_-} + ig_2(t), \quad (2)$$

где $G_{kj}(t)$, $g_k(t)$ ($k=1, 2$; $j=1, 2$) – заданные на L функции, $G_{kj}(t) \in H_0^{(1)}$, $g_k(t) \in H^{(1)}(L)$, причем $G_{k1}(t) \neq 0$. Здесь, в равенстве (2), множитель (-1) при $G_{21}(t)$ и множитель i при $g_2(t)$ введены для удобства в дальнейших обозначениях.

Сформулированную задачу для краткости будем называть *задачей GR_{22} в случае полуплоскости*.

Отметим, что задача GR_{22} , поставленная в монографии К.М. Расулова (см. [1]), в непрерывной постановке была исследована в работах автора в случае произвольных односвязных областей (см., например, [4]).

2. О решении задачи GR_{22} в вырожденном случае. Известно (см., например, [1]), что всякую исчезающую на бесконечности кусочно бианалитическую функцию $F^\pm(z)$ с линией скачков L можно представить в виде:

$$F^\pm(z) = \varphi_0^\pm(z) + \bar{z}\varphi_1^\pm(z), \quad z \in T^\pm, \quad (3)$$

где $\varphi_0^\pm(z)$, $\varphi_1^\pm(z)$ – аналитические в области T^\pm функции, причем $\prod\{\varphi_m^\pm, \infty\} \geq 1+m$, $m=0,1$.

Будем искать решение задачи GR_{22} в виде

$$F^\pm(z) = f_0^\pm(z) + (\bar{z} - z)f_1^\pm(z). \quad (4)$$

Так как L – действительная ось, то $\frac{\partial}{\partial n_\pm} = \pm i \left(\frac{\partial}{\partial z} - \frac{\partial}{\partial \bar{z}} \right)$ и $\bar{t} = t$. Тогда с учетом представления (4) краевые условия (1) и (2) примут вид:

$$\Phi_k^+(t) = G_{k1}(t)\Phi_k^-(t) + G_{k2}(t)\overline{\Phi_k^-(t)} + Q_k(t), \quad k=1,2, \quad (5)$$

где $\Phi_k^\pm(z) = f_{k-1}^\pm(z)$, а функции $Q_k(t)$ определенным образом выражаются через заданные в условии задачи GR_{22} функции.

Введем аналитические в области T^\pm функции $\psi_{kj}^\pm(z)$ по формулам:

$$\psi_{k1}^+(z) = \Phi_k^+(z), \quad \psi_{k1}^-(z) = \Phi_k^-(z), \quad \psi_{k2}^+(z) = \overline{\Phi_k^-(\bar{z})}, \quad \psi_{k2}^-(z) = \overline{\Phi_k^+(\bar{z})}. \quad (6)$$

Тогда краевые задачи (5) можно свести к векторно-матричной задаче Римана с разрывными коэффициентами (при фиксированном k) относительно кусочно аналитического вектора $\psi_k^\pm(z) = \begin{pmatrix} \psi_{k1}^\pm(z) \\ \psi_{k2}^\pm(z) \end{pmatrix}$ вида

$$\psi_k^+(t) = G_k(t)\psi_k^-(t) + q_k(t), \quad (7)$$

где
$$G_k(t) = \begin{pmatrix} \frac{|G_{k1}(t)|^2 - |G_{k2}(t)|^2}{G_{k1}(t)} & \frac{G_{k2}(t)}{G_{k1}(t)} \\ -\frac{\overline{G_{k2}(t)}}{G_{k1}(t)} & \frac{1}{G_{k1}(t)} \end{pmatrix}, \quad q_k(t) = \begin{pmatrix} \frac{\overline{G_{k1}(t)} \cdot Q_k(t) - G_{k2}(t) \cdot \overline{Q_k(t)}}{G_{k1}(t)} \\ -\frac{\overline{Q_k(t)}}{G_{k1}(t)} \end{pmatrix}.$$

Таким образом, получен следующий основной результат.

Теорема. Пусть $L = \{t: \text{Im}t = 0\}$, $|G_{k1}(t)| \equiv |G_{k2}(t)|$, $k=1,2$. Тогда решение задачи GR_{22} сводится к последовательному решению двух обычных задач Римана с разрывными коэффициентами в классе кусочно аналитических функций с линией скачков L , исчезающих на бесконечности и ограниченных в узлах, и двух – имеющих на бесконечности ноль второго порядка и бесконечность интегрируемого порядка в узлах контура.

Литература

1. Расулов К.М. Краевые задачи для полианалитических функций и некоторые их приложения. Смоленск: СГПУ, 1998. 344 с.

2. Болотин И.Б. Кусочно-непрерывные краевые задачи типа Римана в классах бианалитических функций: дис. ... канд. физ.-мат. наук. Смоленск, 2004. 106 с.

3. Мухелишвили Н.И. Сингулярные интегральные уравнения. М.: Наука, 1968. 511 с.

4. Анищенко Н.Г. Трехэлементные краевые задачи типа Римана для бианалитических функций: дис. ... канд. физ.-мат. наук. Смоленск, 2002. 120 с.

ОБ ОДНОМ СПОСОБЕ РЕШЕНИЯ ОБРАТНОЙ ЗАДАЧИ ТЕОРИИ ДИНАМИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

Ю.С. АСФАНДИЯРОВА

Южно-Уральский государственный университет
454080, г. Челябинск, пр. им. В.И. Ленина, 76
тел.: (351) 2679971; e-mail: Asfandiyarova@list.ru

Динамические измерения получают все большее распространение в технике и научных исследованиях [1]. Многие физические процессы описываются с помощью краевых задач для дифференциальных уравнений.

Линейная динамическая система описывается с помощью краевой задачи:

$$\begin{cases} L[x] = x^{(n)} + p_{n-1}x^{(n-1)} + \dots + p_1x' + p_0x = f(t), \\ U_j(x) = \alpha_j, \quad j = 1, 2, \dots, n, \end{cases} \quad (1)$$

где $x(t)$ – неизвестная функция ($x(t) \in C^n[a, b]$), $p_i(t)$, $f(t)$ – непрерывные на $[a, b]$ функции, $U_j(x)$ – линейные функционалы, α_j – числа.

Важный класс задач теории измерений составляют задачи нахождения неизвестной функции $f(t)$ по измеренной функции $x(t)$, так называемые *обратные задачи* динамических измерений.

Логичным кажется решение поставленной задачи подстановкой измеренной функции $x(t)$ в дифференциальное выражение $L[x]$. Но вследствие наличия динамических погрешностей измерений такой метод себя не оправдывает.

Заметим, что любую задачу (1) можно подходящей заменой переменной свести к полуднородной:

$$\begin{cases} L[x] = x^{(n)} + p_{n-1}x^{(n-1)} + \dots + p_1x' + p_0x = \tilde{f}(t), \\ U_j(x) = 0, \quad j = 1, 2, \dots, n. \end{cases} \quad (1a)$$

При этом одним из возможных путей нахождения неизвестной функции $\tilde{f}(t)$ является обращение дифференциального оператора (1а) с помощью функции Грина.

Известно, что если задача (1а) однозначно разрешима для произвольной правой части $\tilde{f}(t)$, то существует единственная функция Грина $G(t, \tau)$, такая, что решение неоднородной задачи представимо в виде

$$x(t) = \int_a^b G(t, \tau) \tilde{f}(\tau) d\tau. \quad (2)$$

Предлагается способ построения функции Грина исходной задачи как решения интегрального уравнения Фредгольма II-го рода, в которое входит функция Грина вспомогательной задачи:

$$\begin{cases} x^{(n)} = \tilde{f}(t), \\ U_j(x) = 0, \quad j = 1, 2, \dots, n. \end{cases} \quad (3)$$

Функция Грина задачи (3) может быть получена непосредственно из определения, так как фундаментальная система решений уравнения $x^{(n)} = 0$ известна.

Может быть доказана следующая теорема [4].

Теорема. Пусть задача (1) однозначно разрешима $\forall f(t)$, тогда функция Грина этой задачи является единственным решением уравнения:

$$G(t, s) - \tilde{G}(t, s) = \int_a^b G(t, \tau) V(\tau, s) d\tau, \quad (4)$$

где $\tilde{G}(t, \tau)$ – функция Грина вспомогательной задачи (3) и

$$V(\tau, s) = -\sum_{k=0}^{n-1} p_k(t) \frac{\partial^k \tilde{G}(\tau, s)}{\partial \tau^k}.$$

На основании сформулированной теоремы предложен следующий алгоритм решения обратной задачи динамических измерений.

1. Вычисляем функцию Грина вспомогательной задачи (3).
2. Находим функцию Грина основной задачи из уравнения (4).
3. Находим искомую функцию из соотношения (2), рассматриваемого как уравнение относительно $\tilde{f}(t)$ при заданной функции $x(t)$.

Реализован блок, производящий вычисление функции Грина для линейных дифференциальных уравнений с переменными коэффициентами с использованием пакета Mathematica 5.1.

Описанный алгоритм позволяет независимо производить часть вычислений внутри каждого блока, поэтому перспективным является написание программ для систем с массовым параллелизмом.

Литература

1. Грановский В.А. Динамические измерения: Основы метрологического обеспечения. Л.: Ленинградское отделение, 1984. 224 с.
2. Асфандиярова Ю.С., Заляпин В.И. Функция Грина линейной краевой задачи с нелокальными данными // Труды Математического центра им. Н.И.Лобачевского. Казань: Казан. матем. общ-во, 2009. Т. 39. С. 128
3. Асфандиярова Ю.С. Об одном способе построения функции Грина на линейной краевой задачи // Труды 41-й Всероссийской молодежной школы-конференции «Проблемы теоретической и прикладной математики». Екатеринбург, 2010.
4. Zalyapin V.I., Kharitonova N.V., Ermakov S.V. Inverse problem of the measurements theory // Inverse problems, Design and Optimization Symposium, Miami, Florida, USA. April 16–18, 2007. P. 91-96.

ВТОРАЯ ЧЕТЫРЕХЭЛЕМЕНТНАЯ КРАЕВАЯ ЗАДАЧА ТИПА КАРЛЕМАНА ДЛЯ БИАНАЛИТИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ В СЛУЧАЕ ОКРУЖНОСТИ

Н.Н. БОГДАНОВА, К.М. РАСУЛОВ

Смоленский государственный университет, г. Смоленск

1. Постановка задачи. Пусть T^+ – конечная односвязная область на расширенной плоскости комплексного переменного $z = x + iy$, ограниченная простым гладким замкнутым контуром L . Область, дополняющую $T^+ \cup L$ до полной плоскости, обозначим через T^- и будем для определенности предполагать, что начало координат принадлежит области T^+ . В дальнейшем будем пользоваться в основном терминами и обозначениями, принятыми в монографиях [1], [2]. Рассмотрим следующую краевую задачу.

Требуется найти все кусочно бианалитические функции $F(z) = \{F^+(z), F^-(z)\}$ класса $A_2(T^\pm) \cap H^{(2)}(L)$, исчезающие на бесконечности и удовлетворяющие на линии скачков L следующим граничным условиям:

$$A_{11}(t) \overline{F^+(t)} + A_{12}(t) F^+[\alpha(t)] = G_{11}(t) \overline{F^-(t)} + G_{12}(t) F^-[\alpha(t)] + g_1(t), \quad (1)$$

$$A_{21}(t) \frac{\partial \overline{F^+(t)}}{\partial n_+} + A_{22}(t) \frac{\partial F^+[\alpha(t)]}{\partial n_+} = -G_{21}(t) \frac{\partial \overline{F^-(t)}}{\partial n_-} - G_{22}(t) \frac{\partial F^-[\alpha(t)]}{\partial n_-} - g_2(t), \quad (2)$$

где $A_{kj}(t), G_{kj}(t), g_k(t)$ ($k=1, 2; j=1, 2$) – заданные на L комплекснозначные функции, причем $A_{kj}(t), G_{kj}(t) \in H^{(3-k)}(L)$, $g_k(t) \in H^{(2-k)}(L)$, $\frac{\partial}{\partial n_+} \left(\frac{\partial}{\partial n_-} \right)$ – производная по внутренней (внешней) нормали к L , $\alpha(t)$ – прямой или обратный сдвиг контура L , удовлетворяющий условию Карлемана

$$\alpha[\alpha(t)] = t, \quad (3)$$

причем $\alpha'(t) \in H(L)$.

В формуле (2) множитель (-1) перед $G_{21}(t), G_{22}(t), g_2(t)$ введен для удобства в дальнейших обозначениях.

Сформулированную задачу будем называть *второй основной четырехэлементной краевой задачей типа задачи Карлемана в классах бианалитических функций* или короче – *задачей K_{42}* , а соответствующую однородную задачу ($g_1(t) \equiv g_2(t) \equiv 0$) – *задачей K_{42}^0* .

Сразу отметим, что в частном случае, когда

$$A_{12}(t) \equiv A_{22}(t) \equiv G_{12}(t) \equiv G_{22}(t) \equiv 0, \quad A_{11}(t) \neq 0, \quad A_{21}(t) \neq 0, \quad t \in L, t \in L,$$

используя оператор сопряжения, задачу K_{42} легко свести к основной (двухэлементной) краевой задаче типа Римана для бианалитических функций, которая была поставлена Ф.Д. Гаховым в его известной монографии (см. [2], с. 319). При выполнении указанных выше условий задача K_{42} в случае произвольных конечносвязных областей с гладкими границами была подробно исследована в работах К.М. Расулова (см., например, монографию [1] и имеющуюся там библиографию).

В случае, когда на контуре L выполняются условия:

$$A_{11}(t) \equiv A_{21}(t) \equiv 0, \quad A_{12}(t) \equiv A_{22}(t) \equiv 1, \quad \alpha(t) \equiv 0,$$

задача K_{41} была рассмотрена в работах [3] – [4].

Следует отметить также, что в частном случае (при $\alpha(t) \equiv t$) задача K_{42} исследована в диссертации Ю.А. Медведева [5].

В настоящей статье задача K_{42} исследуется в сформулированной выше постановке в случае, когда контур L есть единичная окружность: $L = \{t : |t| = 1\}$.

2. О сведении задачи K_{42} к двум векторно-матричным задачам Римана для аналитических функций.

Как известно (см., например, [1], [2]), всякую исчезающую на бесконечности кусочно бианалитическую функцию $F(z)$ с линией скачков L можно представить в виде:

$$F(z) = \begin{cases} F^+(z) = \varphi_0^+(z) + \bar{z} \varphi_1^+(z), & z \in T^+, \\ F^-(z) = \varphi_0^-(z) + \bar{z} \varphi_1^-(z), & z \in T^-, \end{cases} \quad (4)$$

где $\varphi_k^+(z)$, $\varphi_k^-(z)$ – аналитические соответственно в T^+ и T^- функции, для которых выполняются условия: $\prod \{\varphi_k^-, \infty\} \geq 1+k$, $k=0,1$; здесь $\prod \{\varphi_k^-, \infty\}$ – обозначение порядка функции $\varphi_k^-(z)$ в точке $z = \infty$.

Первым важным шагом при исследовании задачи \mathbf{K}_{42} является доказательство справедливости следующего утверждения.

Теорема 2.1. *Если на $L = \{t : |t| = 1\}$ выполняются условия*

$$A_{k1}(t) \overline{G_{k1}[\alpha(t)]} - \overline{A_{k2}[\alpha(t)]} G_{k2}(t) \neq 0, \quad t \in L, \quad (5)$$

то решение задачи \mathbf{K}_{42} сводится к решению следующих двух векторно-матричных задач Римана относительно кусочно аналитических вектор-функций $\psi_k^\pm(z) = (\psi_{k1}^\pm(z), \psi_{k2}^\pm(z))$:

$$\psi_k^+(t) = W_{k1}(t) \psi_k^-(t) + W_{k2}(t) \psi_k^-[\alpha(t)] + Q_k(t), \quad t \in L, \quad k=1,2, \quad (6)$$

где

$$\psi_{k1}^\pm(z) = \Phi_k^\pm(z), \quad \psi_{k2}^\pm(z) = \frac{1}{z} \overline{\Phi_k^\mp\left(\frac{1}{z}\right)}, \quad z \in T^\pm, \quad (6a)$$

$$\left\{ \begin{aligned} \Phi_1(z) &= \begin{cases} \Phi_1^+(z) = z\varphi_0^+(z) + \varphi_1^+(z), & z \in T^+, \\ \Phi_1^-(z) = \varphi_0^-(z) + \frac{1}{z} \varphi_1^-(z), & z \in T^-; \end{cases} \\ \Phi_2(z) &= \begin{cases} \Phi_2^+(z) = z^2 \frac{d\varphi_0^+(z)}{dz} + z \frac{d\varphi_1^+(z)}{dz} + \varphi_1^+(z), & z \in T^+, \\ \Phi_2^-(z) = z \frac{d\varphi_0^-(z)}{dz} + \frac{d\varphi_1^-(z)}{dz} + \frac{1}{z} \varphi_1^-(z), & z \in T^-; \end{cases} \end{aligned} \right. \quad (6b)$$

$$W_{k1}(t) = \begin{pmatrix} \frac{t\Delta_{k1}(t)}{\delta_k(t)} & 0 \\ 0 & \frac{tV_{k2}[\alpha(t)]}{\delta_k[\alpha(t)]} \end{pmatrix}, \quad W_{k2}(t) = \begin{pmatrix} 0 & \frac{[\alpha(t)]^2 \Delta_{k2}(t)}{\delta_k(t)} \\ \frac{V_{k1}[\alpha(t)]}{t\delta_k[\alpha(t)]} & 0 \end{pmatrix}, \quad Q_k(t) = \begin{pmatrix} \frac{Q_{k1}(t)}{\delta_k(t)} \\ \frac{Q_{k2}[\alpha(t)]}{t\delta_k[\alpha(t)]} \end{pmatrix}, \quad (6b)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \Delta_{k_1}(t) = \overline{G_{k_1}(t)}G_{k_1}[\alpha(t)] - \overline{G_{k_2}(t)}G_{k_2}[\alpha(t)], \\ \Delta_{k_2}(t) = A_{k_1}(t)\overline{G_{k_2}(t)} - \overline{A_{k_2}(t)}G_{k_1}[\alpha(t)], \\ V_{k_1}(t) = A_{k_2}[\alpha(t)]\overline{G_{k_1}(t)} - \overline{A_{k_1}(t)}G_{k_2}[\alpha(t)], \\ V_{k_2}(t) = A_{k_1}(t)\overline{A_{k_1}(t)} - A_{k_2}[\alpha(t)]\overline{A_{k_2}(t)}, \\ Q_{k_1}(t) = \overline{g_k(t)}G_{k_1}[\alpha(t)] - \overline{G_{k_2}(t)}g_k[\alpha(t)], \\ Q_{k_2}(t) = \overline{g_k(t)}A_{k_2}[\alpha(t)] - \overline{A_{k_1}(t)}g_k[\alpha(t)]. \end{array} \right. \quad (6\Gamma)$$

Доказательство. Учитывая представление кусочно бианалитической функции в виде (4) и формулу

$$\frac{\partial}{\partial n_{\pm}} = \pm i \left(t' \frac{\partial}{\partial t} - \bar{t}' \frac{\partial}{\partial \bar{t}} \right)$$

(см., например, [2], с.304), после перехода к комплексно сопряженным значениям функций в краевых условиях (1), (2), будем иметь:

$$\begin{aligned} & \overline{A_{11}(t)}(\varphi_0^+(t) + \bar{t}\varphi_1^+(t)) + \overline{A_{12}(t)}(\overline{\varphi_0^+[\alpha(t)] + \alpha(t)\varphi_1^+[\alpha(t)]}) = \\ & = \overline{G_{11}(t)}(\varphi_0^-(t) + \bar{t}\varphi_1^-(t)) + \overline{G_{12}(t)}(\overline{\varphi_0^-[\alpha(t)] + \alpha(t)\varphi_1^-[\alpha(t)]}) + \overline{g_1(t)}, \end{aligned} \quad (7)$$

$$\begin{aligned} & \overline{A_{21}(t)} \left(t' \frac{\partial \varphi_0^+(t)}{\partial t} + t' \bar{t}' \frac{\partial \varphi_1^+(t)}{\partial t} - \bar{t}' \varphi_1^+(t) \right) - \\ & - \overline{A_{22}(t)} \left(\overline{\alpha'(t) \frac{\partial \varphi_0^+[\alpha(t)]}{\partial t} + \alpha'(t) \alpha(t) \frac{\partial \varphi_1^+[\alpha(t)]}{\partial t} - \alpha'(t) \varphi_1^+[\alpha(t)]} \right) = \\ & = \overline{G_{21}(t)} \left(t' \frac{\partial \varphi_0^-(t)}{\partial t} + t' \bar{t}' \frac{\partial \varphi_1^-(t)}{\partial t} - \bar{t}' \varphi_1^-(t) \right) - \\ & - \overline{G_{22}(t)} \left(\overline{\alpha'(t) \frac{\partial \varphi_0^-[\alpha(t)]}{\partial t} + \alpha'(t) \alpha(t) \frac{\partial \varphi_1^-[\alpha(t)]}{\partial t} - \alpha'(t) \varphi_1^-[\alpha(t)]} \right) + \overline{ig_2(t)}. \end{aligned} \quad (8)$$

В силу того, что для всех точек на окружности $L = \{t : |t| = 1\}$ выполняются равенства следующего вида

$$t \cdot \bar{t} = 1, \quad t' = it,$$

можно преобразовать соотношения (7) и (8) следующим образом

$$\begin{aligned} & \overline{tA_{11}(t)}(t\varphi_0^+(t) + \varphi_1^+(t)) + \alpha(t)\overline{A_{12}(t)}(\overline{\alpha(t)\varphi_0^+[\alpha(t)] + \varphi_1^+[\alpha(t)]}) = \\ & = \overline{G_{11}(t)}(\varphi_0^-(t) + \bar{t}\varphi_1^-(t)) + \overline{G_{12}(t)}(\overline{\varphi_0^-[\alpha(t)] + \alpha(t)\varphi_1^-[\alpha(t)]}) + \overline{g_1(t)}, \\ & \overline{tA_{21}(t)} \left(t^2 \frac{\partial \varphi_0^+(t)}{\partial t} + t \frac{\partial \varphi_1^+(t)}{\partial t} + \varphi_1^+(t) \right) + \end{aligned} \quad (9)$$

$$\begin{aligned}
& + \alpha(t) \overline{A_{22}(t)} \left(\overline{[\alpha(t)]^2 \frac{\partial \varphi_0^+[\alpha(t)]}{\partial t} + \alpha(t) \frac{\partial \varphi_1^+[\alpha(t)]}{\partial t} + \varphi_1^+[\alpha(t)]} \right) = \\
& = \overline{G_{21}(t)} \left(t \frac{\partial \varphi_0^-}{\partial t} + \frac{\partial \varphi_1^-}{\partial t} + t \varphi_1^- \right) + \\
& + \overline{G_{22}(t)} \left(\alpha(t) \frac{\partial \varphi_0^-[\alpha(t)]}{\partial t} + \frac{\partial \varphi_1^-[\alpha(t)]}{\partial t} + \overline{\alpha(t) \varphi_1^-[\alpha(t)]} \right) + \overline{g_2(t)}. \quad (10)
\end{aligned}$$

Если теперь ввести в рассмотрение функции $\Phi_k^+(z)$ и $\Phi_k^-(z)$, заданные по формулам (6б), то равенства (9) и (10) примут вид

$$\overline{t A_{k1}(t) \Phi_k^+(t) + \alpha(t) A_{k2}(t) \Phi_k^+[\alpha(t)]} = \overline{G_{k1}(t) \Phi_k^-(t) + G_{k2}(t) \Phi_k^-[\alpha(t)]} + \overline{g_k(t)}, \quad k=1,2. \quad (11)$$

Таким образом, решение исходной задачи \mathbf{K}_{42} удалось свести к решению двух четырехэлементных обобщенных задач Римана вида (11) относительно исчезающих на бесконечности кусочно аналитических функций $\Phi_1(z) = \{\Phi_1^+(z), \Phi_1^-(z)\}$ и $\Phi_2(z) = \{\Phi_2^+(z), \Phi_2^-(z)\}$.

Из соотношений (11), переходя к комплексно сопряженным значениям функций и подставив всюду вместо t выражение $\alpha(t)$ (с учетом условия Карлемана (3)), будем иметь:

$$\begin{aligned}
& [\alpha(t)]^2 \overline{A_{k1}[\alpha(t)] \alpha(t) \Phi_k^+[\alpha(t)]} + t^{-1} \overline{A_{k2}[\alpha(t)] \Phi_k^+(t)} = \\
& = \alpha(t) \overline{G_{k1}[\alpha(t)] \alpha(t) \Phi_k^-[\alpha(t)]} + \overline{G_{k2}[\alpha(t)] \Phi_k^-(t) + g_k[\alpha(t)]}, \quad k=1,2. \quad (12)
\end{aligned}$$

Далее введем в рассмотрение аналитические соответственно в T^+ и T^- функции $\psi_{k1}^+(z), \psi_{k2}^+(z)$ и $\psi_{k1}^-(z), \psi_{k2}^-(z)$ ($k=1,2$), задаваемые соотношениями (6а).

Важно заметить, что в силу формул (6а) предельные значения функций $\psi_{k1}^\pm(z), \psi_{k2}^\pm(z)$ в точках окружности $L = \{t: |t|=1\}$ должны удовлетворять условиям «симметрии»:

$$\psi_{k1}^\pm(t) = \Phi_k^\pm(t), \quad \psi_{k2}^\pm(t) = t \overline{\Phi_{k1}^\mp(t)}, \quad \psi_{k2}^\pm[\alpha(t)] = \overline{\alpha(t) \Phi_{k1}^\mp[\alpha(t)]}, \quad t \in L, \quad k=1,2. \quad (13)$$

С учетом формул (13) равенства (11) и (12) запишем в виде следующей системы (при каждом фиксированном значении k):

$$\begin{cases}
t^{-1} \overline{A_{k1}(t) \psi_{k1}^+(t) + [\alpha(t)]^2 \overline{A_{k2}(t) \psi_{k2}^-[\alpha(t)]}} = \\
= \overline{G_{k1}(t) \psi_{k1}^-(t) + \alpha(t) \overline{G_{k2}(t) \psi_{k2}^+[\alpha(t)]} + g_k(t)}, \\
[\alpha(t)]^2 \overline{A_{k1}[\alpha(t)] \psi_{k2}^-[\alpha(t)]} + t^{-1} \overline{A_{k2}[\alpha(t)] \psi_{k1}^+(t)} = \\
= \alpha(t) \overline{G_{k1}[\alpha(t)] \psi_{k2}^+[\alpha(t)]} + \overline{G_{k2}[\alpha(t)] \psi_{k1}^-(t) + g_k[\alpha(t)]}.
\end{cases} \quad k=1,2. \quad (14)$$

Выразив из первого уравнения системы (14) функцию $\psi_{k1}^+(t)$, а из второго уравнения этой системы – функцию $\psi_{k2}^+[\alpha(t)]$, будем иметь:

$$\left\{ \begin{array}{l} \psi_{k1}^+(t) = \frac{t \Delta_{k1}(t)}{\delta_k(t)} \psi_{k1}^-(t) + \frac{[\alpha(t)]^2 \Delta_{k2}(t)}{\delta_k(t)} \psi_{k2}^-[\alpha(t)] + \frac{Q_{k1}(t)}{\delta_k(t)}, \\ \psi_{k2}^+[\alpha(t)] = \frac{V_{k1}(t)}{\alpha(t) \delta_k(t)} \psi_{k1}^-(t) + \frac{\alpha(t) V_{k2}(t)}{\delta_k(t)} \psi_{k2}^-[\alpha(t)] + \frac{Q_{k2}(t)}{\alpha(t) \delta_k(t)}. \end{array} \right. \quad k = 1, 2. \quad (15)$$

Наконец, заменив во втором уравнении системы (15) t на $\alpha(t)$, с учетом условия Карлемана (3), окончательно получим

$$\left\{ \begin{array}{l} \psi_{k1}^+(t) = \frac{t \Delta_{k1}(t)}{\delta_k(t)} \psi_{k1}^-(t) + \frac{[\alpha(t)]^2 \Delta_{k2}(t)}{\delta_k(t)} \psi_{k2}^-[\alpha(t)] + \frac{Q_{k1}(t)}{\delta_k(t)}, \\ \psi_{k2}^+(t) = \frac{V_{k1}[\alpha(t)]}{t \delta_k[\alpha(t)]} \psi_{k1}^-[\alpha(t)] + \frac{t V_{k2}[\alpha(t)]}{\delta_k[\alpha(t)]} \psi_{k2}^-(t) + \frac{Q_{k2}[\alpha(t)]}{t \delta_k[\alpha(t)]}. \end{array} \right. \quad k = 1, 2. \quad (16)$$

Но система (16) есть «развернутая» форма записи краевого условия (6).

Таким образом, установлено, что при выполнении условий (5) решение исходной задачи K_{42} действительно можно свести к решению двух трехэлементных векторно-матричных задач Римана вида (6) относительно кусочно аналитических вектор-функций.

Теперь осталось показать, как после решения двух векторно-матричных задач Римана вида (6) можно восстановить искомые кусочно бианалитические функции $F^+(z)$ и $F^-(z)$.

Для этого сначала находим функции $\Phi_k^\pm(z)$:

$$\Phi_k^\pm(z) = \psi_{k1}^\pm(z), \quad k = 1, 2,$$

где $\psi_k^\pm(z) = \begin{pmatrix} \psi_{k1}^\pm(z) \\ \psi_{k2}^\pm(z) \end{pmatrix}$ – решение задачи Римана (6).

Затем определяем аналитические компоненты искоемых бианалитических функций из следующих двух систем:

$$\left\{ \begin{array}{l} z \varphi_0^+(z) + \varphi_1^+(z) = \Phi_1^+(z), \quad z \in T^+, \\ z^2 \frac{d\varphi_0^+(z)}{dz} + z \frac{d\varphi_1^+(z)}{dz} + \varphi_1^+(z) = \Phi_2^+(z), \quad z \in T^+; \end{array} \right. \quad (17)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \varphi_0^-(z) + \frac{1}{z} \varphi_1^-(z) = \Phi_1^-(z), \quad z \in T^-, \\ z \frac{d\varphi_0^-(z)}{dz} + \frac{d\varphi_1^-(z)}{dz} + \frac{1}{z} \varphi_1^-(z) = \Phi_2^-(z), \quad z \in T^-. \end{array} \right. \quad (18)$$

Решая системы (17) и (18) относительно $\varphi_k^+(z)$ и $\varphi_k^-(z)$ ($k=1,2$) соответственно, получаем:

$$\varphi_0^+(z) = \frac{\Phi_1^+(z) - \Phi_2^+(z)}{2z} + \frac{1}{2} \frac{d\Phi_1^+(z)}{dz}, \quad (19)$$

$$\varphi_1^+(z) = \frac{\Phi_1^+(z) + \Phi_2^+(z)}{z} - \frac{z}{2} \frac{d\Phi_1^+(z)}{dz}, \quad (20)$$

$$\varphi_0^-(z) = \Phi_1^-(z) - \frac{1}{2}\Phi_2^-(z) + \frac{z}{2} \frac{d\Phi_1^-(z)}{dz}, \quad (21)$$

$$\varphi_1^-(z) = \frac{z}{2}\Phi_2^-(z) - \frac{z^2}{2} \frac{d\Phi_1^-(z)}{dz}. \quad (22)$$

Важно заметить, что согласно условию задачи функция $\varphi_0^+(z)$ должна быть аналитической в области T^+ , а выражение, стоящее в правой части формулы (19), в общем случае не удовлетворяет этому требованию. Отсюда получаем условие разрешимости искомой задачи

$$\int_L \frac{\Phi_1^+(\tau) - \Phi_2^+(\tau)}{\tau} d\tau = 0. \quad (23)$$

Кроме того, функция $\varphi_1^-(z)$ является аналитической в области T^- , и она к тому же должна иметь на бесконечности нуль не ниже второго порядка. В связи с этим получаем ещё два условия разрешимости:

$$\int_L \left(\frac{\tau}{2}\Phi_2^-(\tau) - \frac{\tau^2}{2} \cdot \frac{d\Phi_1^-(\tau)}{d\tau} \right) \tau^n d\tau = 0, \quad n = 0, 1. \quad (24)$$

Следовательно, при выполнении условий (23) и (24) решение задачи K_{42} можно находить по формуле (4), где функции $\varphi_k^\pm(z)$, $k = 0, 1$ определяются по формулам (19) – (22). Теорема полностью доказана.

Замечание 2.1. Важно отметить, что в силу соотношений (13) предельные значения функций $\psi_{k1}^\pm(z)$, $\psi_{k2}^\pm(z)$ должны удовлетворять условиям:

$$\psi_{k2}^\mp(z) = \overline{\alpha(t)\psi_{k1}^\pm[\alpha(t)]}, \quad t \in L, \quad k = 1, 2.$$

Таким образом, из приведенных рассуждений следует, что в случае выполнения условий (5) на контуре $L = \{t : |t| = 1\}$ проблема исследования задачи K_{42} в классах кусочно бианалитических функций сводится в основном к проблеме исследования двух векторно-матричных задач Римана вида (6). Исследование структуры матриц $W_k(t)$ ($k = 1, 2$) в краевых условиях (6) позволяет получить конструктивные решения векторно-матричных задач Римана вида (6), а следовательно, и поставленной задачи K_{42} , например, в следующих случаях:

I. $\det W_{k1}(t) \neq 0$ и $\det W_{k2}(t) \neq 0$, $t \in L$, $k = 1, 2$ (*невыврожденный случай*).

II. $\det W_{k1}(t) \neq 0$, а $\det W_{k2}(t) \equiv 0$, $t \in L$, $k = 1, 2$ (*1-й полувыврожденный случай*).

III. $\det W_{k2}(t) \neq 0$, а $\det W_{k1}(t) \equiv 0$ $t \in L$, $k = 1, 2$ (*2-й полувыврожденный случай*).

Литература

1. Расулов К.М. Краевые задачи для полианалитических функций и некоторые их приложения. Смоленск: СГПУ, 1998. 343 с.
2. Гахов Ф.Д. Краевые задачи М.: Наука, 1977. 640 с.
3. Анищенко Н.Г. Трехэлементные краевые задачи типа Римана для бианалитических функций: дис. ... канд. физ.-мат. наук: 01.01.01 Смоленск, 2002. – 120 с.
4. Анищенко Н.Г., Зверович Э.И., Расулов К.М. О решении обобщенной краевой задачи типа Римана для бианалитических функций в круге // Докл. НАН Беларуси. 2002. Т.45, N 6. С. 22-25.
5. Медведев Ю.А. Четырехэлементные краевые задачи типа задачи Римана в классах бианалитических функций: дис. ... канд. физ.-мат. наук: 01.01.01 Смоленск, 2007. 115 с.
6. Литвинчук Г.С. Краевые задачи и сингулярные интегральные уравнения со сдвигом М.: Наука, 1977. 448 с.
7. Расулов К.М., Богданова Н.Н. О некоторых случаях эффективно-го решения основных четырехэлементных краевых задач типа Карлемана в классах бианалитических функций // Исследования по краевым задачам комплексного анализа и дифференциальным уравнениям / Смоленский гос. ун-т. Смоленск, 2007. Вып. 8. С. 71-75.

ОБ ОДНОЙ ОДНОРОДНОЙ КРАЕВОЙ ЗАДАЧЕ С БЕСКОНЕЧНЫМ ИНДЕКСОМ ДЛЯ БИАНАЛИТИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ

И.Б. БОЛОТИН

Смоленский государственный университет, г. Смоленск

1. Постановка задачи. Пусть на плоскости комплексного переменного задан лежащий на вещественной оси луч $L = [1; \infty)$ и $D = \bar{C} \setminus L$.

В дальнейшем в основном будем пользоваться терминами и обозначениями, принятыми в [1].

Рассмотрим следующую краевую задачу. *Требуется найти все бианалитические функции $F(z)$, принадлежащие классу $A_2(D) \cap I^{(2)}(L)$ (см. [2]), исчезающие на бесконечности, ограниченные вблизи конца контура L и удовлетворяющие во всех внутренних точках этого контура следующим краевым условиям:*

$$F^+(t) = G_0(t)F^-(t), \quad (1)$$

$$\frac{\partial F^+(t)}{\partial n_+} = G_1(t) \frac{\partial F^-(t)}{\partial n_-}, \quad (2)$$

где $\frac{\partial}{\partial n_+} \left(\frac{\partial}{\partial n_-} \right)$ – производная по левой (правой) нормали к контуру L , $G_k(t)$ ($k=0,1$) – заданные на L функции класса, удовлетворяющие следующим условиям:

$$\arg G_0(t) = 2\pi\varphi(t)t^\rho, \quad \ln|G_0(t)| \in H^{(1)}(L), \quad (3)$$

$$0 < \rho < \frac{1}{2}, \quad (4)$$

$$\varphi(t) \in H^{(1)}(L), \quad \varphi(\infty) = \lambda > 0, \quad -1 < \varphi(1) \leq 0, \quad (5)$$

$$G_1(t) \in H^{(1)}(L), \quad G_1(t) \neq 0, \quad t \in L. \quad (6)$$

Ради краткости сформулированную задачу будем называть *второй основной однородной задачей типа Римана с бесконечным индексом с порядком завихрения ρ* и обозначать $R_{2,2}^0$.

Отметим, что задача $R_{2,2}^0$, поставленная в монографии Ф.Д. Гахова (см, например, [3]), в кусочно-непрерывной постановке была исследована в работах автора (см., например, [2]).

2. О решении задачи $R_{2,2}^0$. Известно (см. [1], [3]), что всякую исчезающую на бесконечности бианалитическую функцию $F(z)$ с линией скачков L можно представить в виде:

$$F(z) = \varphi_0(z) + \bar{z}\varphi_1(z), \quad (7)$$

где $\varphi_0(z)$, $\varphi_1(z)$ – аналитические в области D функции (аналитические компоненты бианалитической функции), причем

$$\prod \{\varphi_s, \infty\} \geq 1 + s, \quad s = 0, 1.$$

Будем искать решение задачи $R_{2,2}^0$ в виде:

$$F(z) = f_0(z) + (\bar{z} - z)f_1(z), \quad (8)$$

где $f_0(z)$, $f_1(z)$ – аналитические в области D функции, связанные с аналитическими компонентами формулами: $\varphi_0(z) = f_0(z) - zf_1(z)$, $\varphi_1(z) = f_1(z)$.

Используя представление (8), а также тот факт, что для контура L справедливы соотношения $\frac{\partial}{\partial n_\pm} = \pm \left(\frac{\partial}{\partial z} - \frac{\partial}{\partial \bar{z}} \right)$, $\bar{t} = t$, краевые условия (1)-(2) можно переписать следующим образом:

$$f_0^+(t) = G_0(t)f_0^-(t), \quad (9)$$

$$f_1^+(t) = G_1(t)f_1^-(t) + g(t), \quad (10)$$

где $g(t) = \frac{1}{2} \left(\frac{df_0^+(t)}{dt} - G_2(t) \frac{df_0^-(t)}{dt} \right)$.

С учетом условий (3)-(6) равенство (9) представляет собой однородную краевую задачу Римана с бесконечным индексом и порядком завихрения ρ , а равенство (10) – обычную краевую задачу типа Римана для аналитических функций.

Таким образом, справедлив следующий основной результат.

Теорема. *Решение задачи $R_{2,2}^0$ сводится к последовательному решению однородной краевой задачи Римана (9) с бесконечным индексом и порядком завихрения ρ и обычной краевой задачи Римана (10) в классе функций, имеющих ноль второго порядка на бесконечности и бесконечность интегрируемого порядка на конце контура L .*

Следствие. *Задача $R_{2,2}^0$ не является нетеровой, т.е. число линейно независимых решений задачи бесконечно.*

Литература

1. Расулов К.М. Краевые задачи для полианалитических функций и некоторые их приложения Смоленск: СГПУ, 1998. 344 с.
2. Болотин И.Б. Кусочно-непрерывные краевые задачи типа Римана в классах бианалитических функций: дис. ... канд. физ.-мат. наук: 01.01.01: защищена 21.06.04 Смоленск, 2004. 106 с.
3. Гахов Ф.Д. Краевые задачи М.: Наука, 1977. 640 с.

ПОСТРОЕНИЕ ПОЛУМАРКОВСКИХ МОДЕЛЕЙ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ¹

Ю.Г. БОЯРИНОВ, М.И. ДЛИ, В.И. МИЩЕНКО*

Филиал ГОУ ВПО МЭИ (ТУ)

214013, г. Смоленск, Энергетический пр-д., д.1

тел.: (4812) 66-69-75, e-mail: byg@yandex.ru

* Смоленский гуманитарный университет

214014, г. Смоленск, ул. Герцена, д. 2, тел.: (4812) 68-33-35

В настоящее время крупные современные промышленные предприятия представляют собой сложные производственно-экономические системы, в состав которых входит целый ряд подсистем, связанных сквозными производственными и финансовыми потоками.

Для повышения обоснованности решений по управлению производственными подсистемами промышленных предприятий достаточно широко используются различные методы математического моделирования. В качестве одного из перспективных подходов к построению моделей

¹ Работа выполнена при поддержке РФФИ, грант № 10-01-97506-р_центр_а.

систем подобного типа может рассматриваться применение теории полумарковских процессов, в соответствии с которой в качестве показателя эффективности применяется значение вероятности заставить подсистему в желаемом состоянии. Уровень сложности полумарковских моделей определяется не только перечнем учитываемых факторов, но и соответствующим уровнем сложности самой системы, наличием в ней разнородных подсистем, элементов и взаимосвязей между ними [1-4].

Детализация процессов функционирования производственно-экономических систем позволяет выделить ряд возможных состояний, что дает возможность изобразить граф полумарковской модели в виде, приведенном на рис. 1.

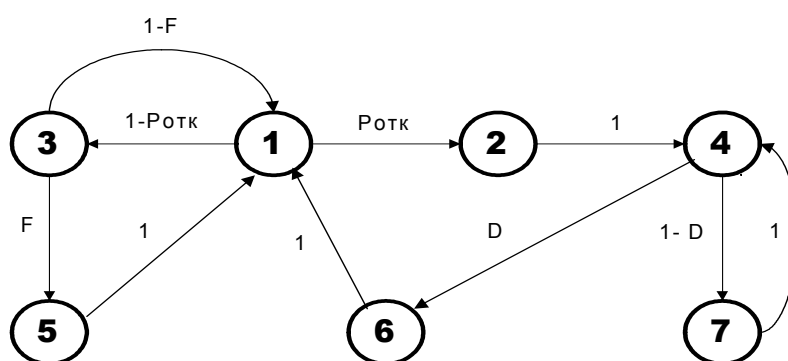


Рис. 1. Граф состояний для модели процесса функционирования производственно-экономической системы

На рис. 1 приведены следующие обозначения: состояние 1 – функционирование системы в заданном режиме; состояние 2 – возникновение существенных отклонений в функционировании системы; состояние 3 – диагностика нормально функционирующей системы; состояние 4 – анализ причин существенного отклонения показателей функционирования системы от заданных; состояние 5 – ложное обнаружение проблемы в функционировании системы и прохождение в связи с этим расширенной диагностики; состояние 6 – устранение причин отклонений функционирования системы (в том числе и отказов) и их устранение; 7 – функционирование системы с необнаруженной проблемой; F – вероятность ложного обнаружения проблемы; D – вероятность обнаружения истинной проблемы.

С точки зрения традиционных методов исследования полумарковских моделей одним из показателей эффективности функционирования сложных систем является вероятность их пребывания в первом состоянии, соответствующем нормальному функционированию. Для определения данного показателя полумарковский процесс задается матрицей условных функций распределения продолжительности пребывания в со-

стояниях $F(t)=\{F_{ij}(t)\}$, определяемых видом анализируемой модели, а также матрицей переходных вероятностей $W = \{\omega_{ij}\}$. При использовании модели, изображенной на рис. 3, количество возможных состояний равно 7.

Матрица переходных вероятностей вложенной марковской цепи для модели, приведенной на рис. 1, имеет следующий общий вид:

$$W = \begin{pmatrix} 0 & P_A & 1 - P_A & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 - F & 0 & 0 & 0 & F & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & D & 1 - D \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}.$$

При построении матрицы W определяются следующие характеристики. Вероятность возникновения существенных отклонений в течение периода восстановления нормального функционирования системы $T_{об}$, определяемая по формуле вида:

$$P_A = 1 - \exp(-\lambda_A \cdot T_{об}),$$

где λ_A – интенсивность возникновения существенных отклонений (отказов).

Вероятность обнаружения существенных отклонений D рассчитывается при помощи выражения:

$$D = D_1 \exp(-\lambda_K T_{об}) D_2 (1 - \exp(-\lambda_K T_{об})),$$

где $D_1(D_2)$ – вероятность обнаружения существенного отклонения эффективными (неэффективными) средствами контроля и диагностики, λ_K – интенсивность отклонений системы контроля.

Вероятность ложного вывода о существенных отклонениях в функционировании системы F определяется при помощи выражения:

$$F = F_1 \exp(-\lambda_K \cdot T_{об}) + F_2 (1 - \exp(-\lambda_K \cdot T_{об})),$$

где $F_1(F_2)$ – вероятность ложного вывода о существенных отклонениях в функционировании системы, сделанного с использованием эффективных (неэффективных) инструментов контроля.

Матрицу условных законов распределения продолжительности пребывания в соответствующих состояниях графа можно представить следующим образом.

$$\mathbf{F}(\mathbf{t}) = \begin{pmatrix} 0 & F_{12}(t) & F_{13}(t) & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & F_{24}(t) & 0 & 0 & 0 \\ F_{31}(t) & 0 & 0 & 0 & F_{35}(t) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & F_{46}(t) & F_{47}(t) \\ F_{51}(t) & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ F_{61}(t) & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & F_{74}(t) & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}.$$

Если обозначить: T_K – продолжительность диагностики системы и выполнения профилактических мероприятий; T_B – средняя продолжительность восстановления нормального режима функционирования системы; T_{PK} – продолжительность расширенной диагностики (контроля) системы, обусловленной ложной фиксацией проблемы, то элементы $\mathbf{F}(\mathbf{t})$ будут иметь следующий вид:

$$F_{12}(t) = \begin{cases} 0, & t \leq 0 \\ \frac{1 - \exp(-\lambda_A t)}{1 - \exp(-\lambda_A T_{об})}, & 0 < t < T_{об}; \\ 1, & t \geq T_{об} \end{cases}; \quad F_{13}(t) = \begin{cases} 0, & t < T_{об}; \\ 1, & t \geq T_{об}; \end{cases}$$

$$F_{24}(t) = \begin{cases} 0, & t \leq 0, \\ \frac{\exp(-\lambda_K \cdot T_{об})(\exp(\lambda_K \cdot t) - 1)}{1 - \exp(-\lambda_K \cdot T_{об})}, & 0 < t < T_{об}, \\ 1, & t \geq T_{об}; \end{cases}$$

$$F_{31}(t) = F_{35}(t) = F_{46}(t) = F_{47}(t) = \begin{cases} 0, & t < T_K; \\ 1, & t \geq T_K; \end{cases}$$

$$F_{51}(t) = \begin{cases} 0, & t < T_{PK}; \\ 1, & t \geq T_{PK}; \end{cases}; \quad F_{61}(t) = \begin{cases} 0, & t < T_B; \\ 1, & t \geq T_B; \end{cases}; \quad F_{74}(t) = \begin{cases} 0, & t < T_{об}; \\ 1, & t \geq T_{об}; \end{cases}.$$

В этом случае вероятность застать процесс функционирования системы в состоянии 1 (состояние нормального функционирования) в любой (произвольный) момент времени можно определить по формуле вида:

$$P_1 = \frac{\frac{1}{\lambda_A} P_A}{(T_{об} + T_K)(1 - P_A + \frac{P_A}{D}) + (1 - P_A)T_{PK} + P_A T_B}. \quad (1)$$

На основе формулы (1) могут быть определены основные параметры системы обеспечения ее работоспособности: периодичности и полноты диагностики; периодичности и масштабности проведения профилактических мероприятий и т.д. Вместе с тем основным показателем эффективности функционирования производственно-экономической системы является доход или прибыль. В этой связи состояние 1 следует

трактовать как состояние функционирования, обеспечивающее наибольшую прибыль или доход.

Анализ практических ситуаций показывает, что применение приведенного выше математического аппарата для управления системами обеспечения нормального (или оптимального по критерию максимизации прибыли) функционирования производственно-экономических системам затруднено вследствие ряда обстоятельств.

Во-первых, возникают ситуации существенного разброса характеристик отдельных состояний, в которых может находиться система в процессе функционирования. Например, состояние работоспособности производственно-экономической системы может характеризоваться выпуском продукции различного качества (высшего, первого и второго сорта), что, безусловно, сказывается на экономических показателях ее реализации. При этом состояния входных переменных (сырье, материалы, квалификация обслуживающего персонала и т.д.) остаются практически неизменными, т.е. качество выпускаемой продукции определяется в основном состояниями управляемой системы.

Во-вторых, при анализе достаточно уникальных наукоемких технических и технологических подсистем производственно-экономических систем часто отсутствуют статистические данные, на основе которых могли бы быть определены вероятностные характеристики полумарковской модели, используемой при управлении системой обеспечения ее заданного функционирования.

В-третьих, сложная последовательно-параллельная структура технологических процессов и бизнес-процессов производственно-экономических систем, высокие затраты, вызванные простоями, отказами и техническим обслуживанием, определяют целесообразность декомпозиции общей системы обеспечения ее заданного функционирования на отдельные подсистемы с последующим синтезом оптимальной с экономической точки зрения модели управления.

Первое из рассмотренных обстоятельств определяет необходимость учета при нахождении основных параметров системы обеспечения текущей работоспособности промышленных предприятий возможности определенного разброса характеристик выпускаемой продукции, сказывающегося на их рыночной цене.

Допустим, что промышленное предприятие произвело N изделий одного вида, в число которых ходит N_1 изделий высшего сорта; N_2 – первого сорта; N_3 – второго сорта; $N_4 = N_{BP}$ – количество брака, т.е.:

$$N = N_1 + N_2 + N_3 + N_4.$$

Суммарную выручку от реализации указанной партии изделий можно определить как:

$$S = C_1 N_1 + C_2 N_2 + C_3 N_3 + C_4 N_4,$$

где C_1, C_2, C_3, C_4 – цена одного изделия первого, второго, третьего сорта или брака.

Очевидно, что эффективность данной производственной операции определяется общей выручкой, которая, в свою очередь, зависит от качественной структуры изготовленной партии изделий.

При этом распределение отклонений показателей качества изделий в партии от заданных значений является нормальным, но не стационарным. В условиях высокой степени износа основных фондов отечественных промышленных предприятий необходимо учитывать, что в процессе старения производственно-технологического оборудования дисперсия показателей качества выпускаемых изделий изменяется. На рис. 2 показаны плотности распределения отклонений показателей качества изделий в партии по группам качества при использовании новой и изношенной производственно-технологической линии.

Как видно из рисунка, при установленных уровнях объема производства продукции из-за роста во времени дисперсии отклонений показателя качества продукции от заданного количество качественной продукции (N_1) сокращается, а количество худшей по качеству (N_2, N_3) и бракованной (N_4) увеличивается. Это происходит из-за «расползания» плотности распределения по оси времени и соответствующего перераспределения продукции по сортам с учетом симметричности нормального распределения.

Двумерный график плотности распределения, построенный при помощи пакета MATLAB [5], как функции количества выпущенной продукции и времени имеет вид, представленный на рис. 3.

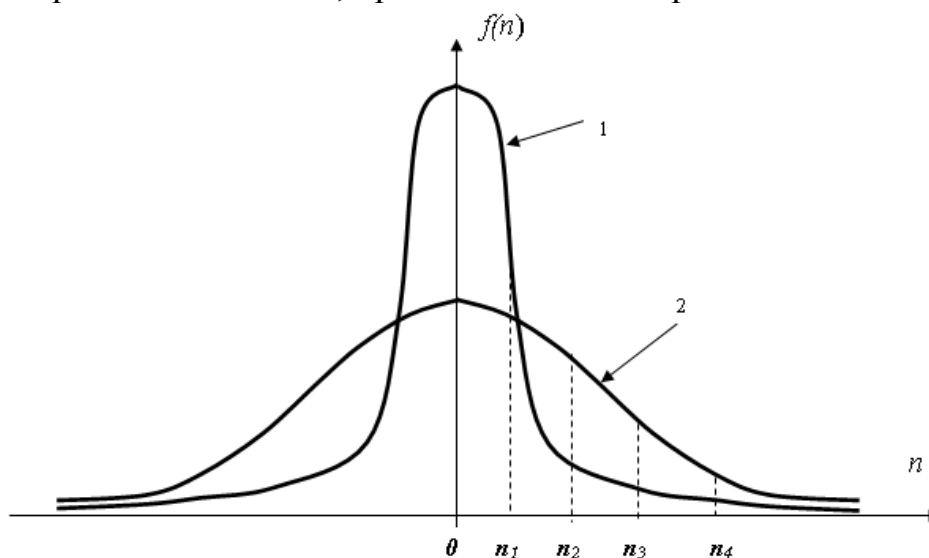


Рис. 2. Распределение отклонений показателя качества изделий в партии от заданного значения по группам качества:

1 – при использовании новой и 2 – изношенной производственно-технологической линии

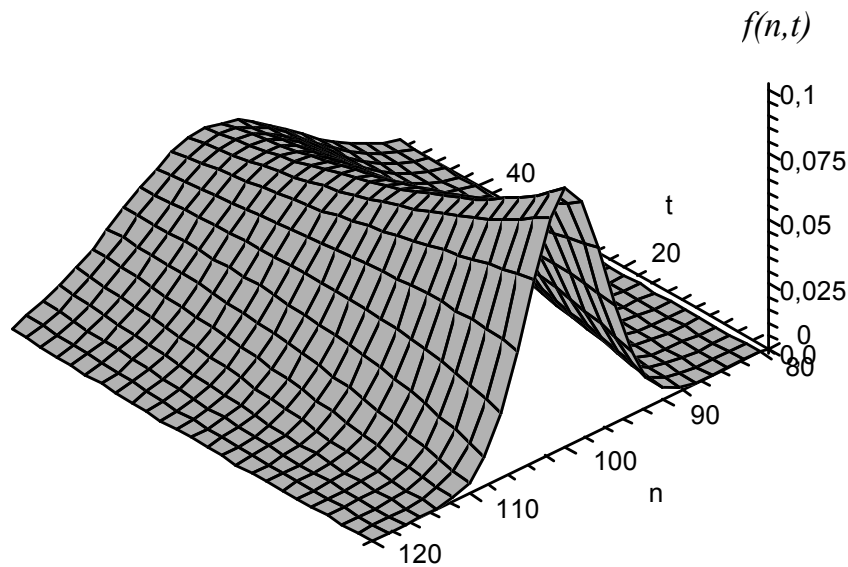


Рис. 3. Общий вид изменения плотности вероятности отклонений показателей изделий в партии из n -единиц

В этом случае количество продукции, относящееся к каждому из сортов, определится по формулам:

$$N_1(t) = \frac{2N}{\sigma_n(t)\sqrt{2\pi}} \int_0^{n_1} \exp\left(-\frac{n^2}{2\sigma_n^2(t)}\right) dn,$$

$$N_2(t) = \frac{2N}{\sigma_n(t)\sqrt{2\pi}} \int_{n_1}^{n_2} \exp\left(-\frac{n^2}{2\sigma_n^2(t)}\right) dn,$$

$$N_3(t) = \frac{2N}{\sigma_n(t)\sqrt{2\pi}} \int_{n_2}^{n_3} \exp\left(-\frac{n^2}{2\sigma_n^2(t)}\right) dn,$$

$$N_4(t) = \frac{2N}{\sigma_n(t)\sqrt{2\pi}} \int_{n_3}^{\infty} \exp\left(-\frac{n^2}{2\sigma_n^2(t)}\right) dn.$$

Зависимость дисперсии от времени можно определить на основе аппроксимации статистических данных полиномом степени d вида:

$$\sigma(t) = \sum_{i=1}^d \sigma_i t^i,$$

где коэффициенты σ_i рассчитываются по методу наименьших квадратов.

Значение рассматриваемой дисперсии и степень ее изменения существенно зависит от характеристик системы обеспечения работоспособности производственно-экономической системы, выбор которых представляет собой решение оптимизационной задачи. Критерием оптимальности в данном случае является обеспечение максимальной выручки за партию изделий в целом. Для решения указанной задачи необ-

ходимо представить составляющие формулы (1) в виде функций от показателей системы обеспечения работоспособности предприятия. Например, к показателям системы технического обслуживания и ремонта основного производственного оборудования относятся: периодичность и полнота контроля; продолжительности восстановления (включая обеспеченность запасными частями и инструментом, квалификацию и комплексность ремонтного персонала); продолжительность проведения проверок технического состояния и эффективности (достоверности) средств контроля и их надежности; надежность самого технологического оборудования и интенсивность его эксплуатации.

На практике решение указанной задачи в условиях применения дорогостоящих процедур технического контроля, обслуживания и ремонта, а также существенной дифференциации цен реализации конечной продукции, определяемой ее потребительскими характеристиками, затруднено вследствие недостатка статистических данных, на основе которых могли бы быть определены вероятностные характеристики полумарковской модели, используемой при управлении системой обеспечения ее заданного функционирования. В то же время известный аппарат процедуры теории нечетких множеств и нечеткого логического вывода [6], как представляется, мог бы позволить для решения данной проблемы комплексно использовать неполные статистические данные и экспертную информацию для определения возможности перехода обслуживаемой системы из одного состояния в другое.

Литература

1. ГОСТ 27.002-89. Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения.
2. Сычев Е.И. Метрологическое обеспечение радиоэлектронной аппаратуры. М.: РИЦ «Татьянин день», 1993.
3. Волков Л.И. Управление эксплуатацией летательных комплексов. М.: Высш. школа, 1981.
4. Мищенко В.И. Особенности моделирования взаимодействия сложных технических систем вооружения с системой их эксплуатации // Измерительная техника. 1999. №10.
5. Дьяконов В.П., Круглов В.В. MATLAB 6.5 SP1/7/7 SP1/7 SP2 + Simulink 5/6. Инструменты искусственного интеллекта и биоинформатики. М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2006.
6. Круглов В.В., Дли М.И. Интеллектуальные информационные системы: компьютерная поддержка систем нечеткой логики и нечеткого вывода. М.: Физматлит, 2002.

О ПОЛИАНАЛИТИЧЕСКИХ ФОРМАХ НА КОМПАКТНЫХ РИМАНОВЫХ ПОВЕРХНОСТЯХ

А.В. ВАСИН

Санкт-Петербургский государственный университет водных коммуникаций
г. Санкт-Петербург, ул. Двинская, 5/7
тел.: (812) 334-50-93; e-mail: guwc@mail.ru

Пучок дифференциалов на компактной римановой поверхности, оснащенной проективной структурой, называется n -аналитическим, если сечения пучка удовлетворяют в локальной проективной координате уравнению $\partial^n f / \partial^n \bar{z}^n = 0$. Для специальной проективной структуры, индуцированной накрывающим отображением единичного круга, дается описание пространства глобальных сечений и пространства первых когомологий n -аналитического пучка через известные группы когомологий голоморфных форм.

Пусть пучок $C^{p,q}$ гладких p, q -форм определен в пересечении проективных координатных окрестностей функциями перехода

$$z_\beta = \frac{a_{\beta\alpha} z_\alpha + b_{\beta\alpha}}{b_{\beta\alpha} z_\alpha + \bar{a}_{\beta\alpha}}, \quad |a_{\beta\alpha}|^2 - |b_{\beta\alpha}|^2 = 1.$$

Получим точную последовательность пучков на римановой поверхности с проективной структурой

$$0 \rightarrow P^{p,1-n} \xrightarrow{id} C^{p,1-n} \xrightarrow{\bar{\partial}^n} C^{p,1+n} \rightarrow 0,$$

где $\overline{P^{p,1-n}}$ представляет как раз пучок форм, аннулирующихся оператором $\bar{\partial}^n$, а точность в последнем члене следует из итерации леммы Дольбо. Интерес представляют пространство глобальных сечений $H^0(P^{p,1-n})$ и пространство первых групп когомологий $H^1(P^{p,1-n})$ пучка $P^{p,1-n}$. Оказывается, что эти пространства канонически изоморфны некоторым известным пространствам голоморфных дифференциалов, а именно справедлива

Основная теорема. *Для эллиптической кривой, наделенной проективной структурой, индуцированной накрывающим отображением единичного круга, имеем точные последовательности конечномерных пространств ($n \geq 2$):*

- 1) $0 \rightarrow H^0(P^{p+1,2-n}) \rightarrow H^0(P^{p,1-n}) \rightarrow 0, p \leq n-1,$
- 2) $0 \rightarrow H^0(P^{p+1,2-n}) \rightarrow H^0(P^{p,1-n}) \rightarrow H^0(O^{p+1-n}) \rightarrow 0, p \geq n.$

Последняя теорема вместе с теоремой двойственности типа Серра дает полное описание и пространств когомологий точной последовательности типа Дольбо.

Следствие. Для глобальных сечений справедливы следующие канонические изоморфизмы:

1) при $p < 1 - n$, $H^0(P^{p,1-n}) = 0$,

2) при $1 - n \leq p \leq n - 1$, $H^0(P^{p,1-n}) = \Lambda^{n-1} H^0(O^{p+n+1})$,

3) при $p \geq n$, $H^0(P^{p,1-n}) \approx H^0(O^{p+n-1}) \oplus H^0(O^{p+n-3}) \oplus \dots \oplus H^0(O^{p+1-n})$,

где Λ – оператор умножения на метрику Пуанкаре.

Литература

1. Васин А.В. Полианалитические формы на компактных римановых поверхностях // Записки научных семинаров ПОМИ. Т. 247(1997). С. 15-25.

ЗАДАЧА МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕЧЕНИЯ ЖИДКОСТИ ПО ОБВОДНОМУ КАНАЛУ ШЛЮЗА

А.В. ВАСИН, С.Н. БОЛБИН

Санкт-Петербургский государственный университет водных коммуникаций

г. Санкт-Петербург, ул. Двинская, 5/7

тел.: (812) 334-50-93; e-mail: guwc@mail.ru

Задача моделирования течения жидкости по обводному каналу шлюза относится к классу плоских нелинейных задач гидродинамики идеальной несжимаемой жидкости. В качестве численного метода решения задачи предлагается использовать метод комплексных граничных элементов (КМГЭ). В отличие от метода конечных элементов и метода конечных разностей, которые также применимы в рассматриваемом случае, КМГЭ требует для решения задачи разбиения только границы рассматриваемой области, а не всей области течения. Вместе с тем, если возникает необходимость отыскания решения в любой внутренней точке, то это можно сделать с помощью интегральной формулы Коши, используя известные из условий задачи значения потенциальных функций на границе области. С помощью рассматриваемого метода предлагается производить исследование зависимости интенсивности течения жидкости от формы шлюза, что позволяет подобрать такую конструкцию объекта, чтобы воздействие течения на сооружение оказалось минимальным.

Течение называется плоским, если все частицы движутся параллельно некоторой плоскости, причем скорости частиц в соответствующую

щих точках плоскостей, параллельных этой фиксированной плоскости, одинаковы по величине и направлению. В таком случае комплексный потенциал удовлетворяет уравнениям Коши-Римана. Для области D , ограниченной кусочно-гладкой замкнутой границей $C = C_1 \cup C_2 \cup \dots \cup C_n$, справедлива интегральная формула Коши, которую можно записать для потенциала с помощью предельных формул Сохоцкого в виде:

$$w(z_0) = \frac{1}{\varepsilon(z_0)i} \int_C \frac{w(z)}{z - z_0} dz,$$

где $\varepsilon(z_0) = 2\pi$ для внутренней точки, $\varepsilon(z_0) = \pi$ для точки на гладкой границе C , $\varepsilon(z_0) = \beta$ для угловой точки границы C (β – угол при вершине). Учитывая, что на некоторых стенках известна действительная часть $\phi(x, y)$ функции $w(z)$, а на других – мнимая часть $\psi(x, y)$, мы имеем смешанную краевую задачу.

Численное решение этой задачи можно получить, разбив контур C на N линейных элементов Γ_j узлами $z_j (j = 1, \dots, N)$. Тогда $w(z) = \lim_{\max|\Gamma_j| \rightarrow 0} G(z)$,

где $G(z)$ – линейная глобальная пробная функция для $z \in \sum_{j=1}^N \Gamma_j$ и

$G(z) = \sum_{j=1}^N w_j \Lambda_j(z)$, где w_j – значение $w(z)$ в точке z_j , $\Lambda_j(z)$ – линейная базисная функция вида:

$$\Lambda_j(z) = \begin{cases} (z - z_j)/(z_j - z_{j-1}), & z \in \Gamma_{j-1}, \\ (z_{j+1} - z)/(z_{j+1} - z_j), & z \in \Gamma_j, \\ 0, & z \notin \Gamma_{j-1} \cup \Gamma_j. \end{cases}$$

После указанного разбиения и линейной аппроксимации функции $w(z)$ на границе интеграл Коши можно вычислить аналитически в смысле главного значения. Для потенциала же получим линейные уравнения

$$\varepsilon i w_j = w_{j+1} - w_{j-1} + w_j \ln \left| \frac{z_{j+1} - z_j}{z_{j-1} - z_j} \right| + \sum_{\substack{m=1 \\ (m \neq j, \\ m \neq j+1)}}^N I_m,$$

где интегралы I_m вычисляются по формуле:

$$I_m = w_{m+1} - w_m + \left[\frac{(z_j - z_m)w_{m+1}}{z_{m+1} - z_m} - \frac{(z_j - z_{m+1})w_m}{z_{m+1} - z_m} \right] \ln \left(\frac{z_{m+1} - z_j}{z_m - z_j} \right).$$

Записывая уравнение для каждого узла границы и разделяя мнимые и действительные части, получаем:

$$AX + iBX = 0,$$

где A и B – матрицы $N \times 2N$, вектор $X = X(\varphi_1, \psi_1, \varphi_2, \psi_2, \dots, \varphi_N, \psi_N)$. Выполним декомпозицию матриц, получаем систему линейных уравнений

$$CY = F,$$

решив которую, получаем все значения $(\varphi_1, \psi_1, \varphi_2, \psi_2, \dots, \varphi_N, \psi_N)$ в граничных узлах. На основании полученных данных можно построить комплексный потенциал $G(z)$ в любой точке области D .

Литература

1. Афанасьев К.Е., Стуколов С.В. КМГЭ для решения плоских задач гидродинамики и его реализация на параллельных компьютерах: учебное пособие. Кемерово: КеМГУ, 2001. 208 с.
2. Громадка П.Т., Лей Ч. Комплексный метод граничных элементов в инженерных задачах. М: Мир, 1990. 303 с.

ПРИМЕР ПОСТРОЕНИЯ КВАЗИОБРАТНОГО НЕЛИНЕЙНОГО ЭВОЛЮЦИОННОГО ОПЕРАТОРА

Ю.М. ВУВУНИКЯН

Гродненский государственный университет
230023, г. Гродно, ул. Ожешко, 22
тел.: +375152740674; e-mail: vuv64@mail.ru.

В этой работе мы дадим эффективный пример построения квазиобратного оператора [1] четвертой степени кратности к эволюционному оператору, определяемому нелинейным дифференциальным уравнением первого порядка.

Рассмотрим следующее нелинейное дифференциальное уравнение:

$$x' + ax + bx^2 = f(t).$$

Ему соответствует эволюционный оператор

$$Ax = a_1 * x + S_2(a_2 * x^{\otimes 2}),$$

где $a_1 = \delta' + a\delta$, $a_2 = b\delta^{\otimes 2}$ (δ – дельта-функция).

Отметим, что $a_1^{*-1} = \theta e^{-at}$. Действительно, имеем:

$$\begin{aligned} a_1 * a_1^{*-1} &= (\delta' + a\delta) * \theta e^{-at} = \delta' * \theta e^{-at} + a\delta * \theta e^{-at} = \\ &= \theta' e^{-at} - a\theta e^{-at} + a\theta e^{-at} = \theta' e^{-at} = \delta e^{-at} = \delta. \end{aligned}$$

Пусть эволюционный оператор

$$Bf = b_1 * x + S_2(b_2 * f^{\otimes 2}) + S_3(b_3 * f^{\otimes 3}) + S_4(b_4 * f^{\otimes 4})$$

является квазиобратным оператором четвертой степени кратности к оператору A .

Обозначим

$$x_1 = b_1 * f, \quad x_2 = S_2(b_2 * f^{\otimes 2}), \quad x_3 = S_3(b_3 * f^{\otimes 3}), \quad x_4 = S_4(b_4 * f^{\otimes 4}).$$

Тогда

$$Bf = x_1 + x_2 + x_3 + x_4.$$

Имеем

$$\begin{aligned} (A \circ B)f &= a_1 * Bf + S_2(a_2 * (Bf)^{\otimes 2}) = a_1 * (b_1 * f + S_2(b_2 * f^{\otimes 2}) + S_3(b_3 * f^{\otimes 3}) + \\ &+ S_4(b_4 * f^{\otimes 4})) + S_2(a_2 * (b_1 * f + S_2(b_2 * f^{\otimes 2}) + S_3(b_3 * f^{\otimes 3}) + S_4(b_4 * f^{\otimes 4}))^{\otimes 2}) = \\ &= a_1 * b_1 * f + a_1 * (S_2(b_2 * f^{\otimes 2})) + a_1 * S_3(b_3 * f^{\otimes 3}) + a_1 * S_4(b_4 * f^{\otimes 4}) + \\ &+ S_2(a_2 * (b_1 * f)^{\otimes 2}) + S_2(a_2 * ((b_1 * f) \otimes (b_2 * f^{\otimes 2}))) + S_2(a_2 * ((b_2 * f^{\otimes 2}) \otimes (b_1 * f))) + \\ &+ S_2(a_2 * ((b_1 * f) \otimes (b_3 * f^{\otimes 3}))) + S_2(a_2 * ((b_2 * f^{\otimes 2})^{\otimes 2})) + \\ &+ S_2(a_2 * ((b_3 * f^{\otimes 3}) \otimes (b_1 * f))) + g, \end{aligned} \quad (1)$$

где через g обозначена сумма слагаемых, имеющих порядок относительно f выше 4.

Так как оператор B является квазиобратным оператором четвертой степени к оператору A , то из соотношения (1) вытекают следующие равенства:

$$a_1 * b_1 * f = f, \quad (2)$$

$$a_1 * (S_2(b_2 * f^{\otimes 2})) + S_2(a_2 * (b_1 * f)^{\otimes 2}) = 0, \quad (3)$$

$$\begin{aligned} a_1 * S_3(b_3 * f^{\otimes 3}) + S_2(a_2 * ((b_1 * f) \otimes (b_2 * f^{\otimes 2}))) + \\ + S_2(a_2 * ((b_2 * f^{\otimes 2}) \otimes (b_1 * f))) = 0 \end{aligned} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} a_1 * S_4(b_4 * f^{\otimes 4}) + S_2(a_2 * ((b_1 * f) \otimes (b_3 * f^{\otimes 3}))) + \\ + S_2(a_2 * ((b_2 * f^{\otimes 2})^{\otimes 2})) + S_2(a_2 * ((b_3 * f^{\otimes 3}) \otimes (b_1 * f))) = 0. \end{aligned} \quad (5)$$

Из полученного равенства (2) следует, что $b_1 = a_1^{*-1} = \theta e^{-at}$ и, значит,

$$x_1 = b_1 * f = f * a_1^{*-1} = f * \theta e^{-at} = \theta e^{-at} * f. \quad (6)$$

Из равенства (3) получаем:

$$a_1 * (S_2(b_2 * f^{\otimes 2})) = -S_2(a_2 * (b_1 * f)^{\otimes 2}),$$

откуда следует равенство

$$S_2(b_2 * f^{\otimes 2}) = -\theta e^{-at} * S_2(a_2 * (b_1 * f)^{\otimes 2}),$$

т.е.

$$x_2 = S_2(b_2 * f^{\otimes 2}) = -\theta e^{-at} * S_2(a_2 * x_1^{\otimes 2}). \quad (7)$$

Так как $a_2 = b\delta^{\otimes 2}$, то $a_2 * x_1^{\otimes 2} = bx_1^{\otimes 2}$, и, следовательно, из равенства (7) получаем

$$x_2 = -\theta e^{-at} * bS_2(x_1^{\otimes 2}) = -b\theta e^{-at} * x_1^2. \quad (8)$$

Рассмотрим соотношение (4). Имеем

$$a_1 * S_3(b_3 * f^{\otimes 3}) = -S_2(a_2 * ((b_1 * f) \otimes (b_2 * f^{\otimes 2}))) - S_2(a_2 * ((b_2 * f^{\otimes 2}) \otimes (b_1 * f))),$$

откуда получаем

$$\begin{aligned} x_3 &= -\theta e^{-at} * [S_2(a_2 * ((b_1 * f) \otimes (b_2 * f^{\otimes 2}))) + S_2(a_2 * ((b_2 * f^{\otimes 2}) \otimes (b_1 * f)))] = \\ &= -b\theta e^{-at} * [S_2((b_1 * f) \otimes (b_2 * f^{\otimes 2})) + S_2((b_2 * f^{\otimes 2}) \otimes (b_1 * f))] = \\ &= -b\theta e^{-at} * [S_2(x_1 \otimes x_2) + S_2(x_2 \otimes x_1)] = -2b\theta e^{-at} * (x_1 \cdot x_2). \end{aligned} \quad (9)$$

Рассмотрим теперь (5). Равенство (5) равносильно следующему:

$$\begin{aligned} a_1 * S_4(b_4 * f^{\otimes 4}) &= -S_2(a_2 * ((b_1 * f) \otimes (b_3 * f^{\otimes 3}))) - \\ &- S_2(a_2 * ((b_2 * f^{\otimes 2})^{\otimes 2})) - S_2(a_2 * ((b_3 * f^{\otimes 3}) \otimes (b_1 * f))), \end{aligned} \quad (10)$$

откуда следует, что

$$\begin{aligned} x_4 &= S_4(b_4 * f^{\otimes 4}) = -b\theta e^{-at} * [S_2((b_1 * f) \otimes (b_3 * f^{\otimes 3})) + \\ &+ S_2((b_2 * f^{\otimes 2})^{\otimes 2}) + S_2((b_3 * f^{\otimes 3}) \otimes (b_1 * f))] = \\ &= -b\theta e^{-at} * [S_2(x_1 \otimes x_3) + S_2((x_2)^{\otimes 2}) + S_2(x_3 \otimes x_1)] = \\ &= -b\theta e^{-at} * (2x_1x_3 + x_2^2). \end{aligned} \quad (11)$$

Таким образом, мы получили следующее утверждение:

Теорема. *Квазиобратный оператор В четвертой степени кратности к оператору А может быть представлен в следующем виде:*

$$Bf = x_1 + x_2 + x_3 + x_4,$$

где

$$x_1 = \theta e^{-at} * f, \quad (12)$$

$$x_2 = -b\theta e^{-at} * x_1^2, \quad (13)$$

$$x_3 = -2b\theta e^{-at} * (x_1 \cdot x_2), \quad (14)$$

$$x_4 = -b\theta e^{-at} * (2x_1x_3 + x_2^2). \quad (15)$$

Рассмотрим модельный пример, когда $a = b = 1$, $f(t) = \theta(t)$. Тогда

$$x_1(t) = (\theta e^{-t} * \theta)(t) = \theta(t) \int_{-\infty}^{+\infty} \theta(s) e^{-s} \theta(t-s) ds = \theta(t) \int_0^t e^{-s} ds = \theta(t)(1 - e^{-t}). \quad (16)$$

Используя соотношения (13) и (16), получим

$$\begin{aligned} x_2(t) &= -(\theta e^{-t} * \theta(1 - e^{-t})^2)(t) = -\theta(t) \int_0^t e^{-t+s} (1 - e^{-s})^2 ds = \\ &= -\theta(t) e^{-t} \int_0^t e^s (1 - e^{-s})(1 - e^{-s}) ds = -\theta(t) e^{-t} \int_0^t (e^s - 2 + e^{-s}) ds = \\ &= -\theta(t) e^{-t} (e^t - 1 + 2t - e^{-t} + 1) = -\theta(t) e^{-t} (e^t + 2t - e^{-t}) = \\ &= -\theta(t) (1 - 2te^{-t} - e^{-2t}) = \theta(t) (2te^{-t} + e^{-2t} - 1). \end{aligned} \quad (17)$$

Из равенств (16) и (17) следует, что

$$x_1(t) + x_2(t) = \theta(t)(1 - e^{-t}) + \theta(t)(2te^{-t} + e^{-2t} - 1) = \theta(t)((2t - 1)e^{-t} + e^{-2t}). \quad (18)$$

Далее, используя равенства (16) и (17), из равенства (14) получим

$$\begin{aligned} x_3(t) &= (-2\theta(t) e^{-t} * (\theta(t)(1 - e^{-t})(2te^{-t} + e^{-2t} - 1)))(t) = \\ &= -2\theta(t) \int_0^t e^{-t+s} (1 - e^{-s})(2se^{-s} + e^{-2s} - 1) ds = \\ &= -2\theta(t) e^{-t} \int_0^t e^s (1 - e^{-s})(2se^{-s} + e^{-2s} - 1) ds = \\ &= -2\theta(t) e^{-t} \int_0^t (2s + 1 + e^{-s} - 2se^{-s} - e^{-2s} - e^s) ds = \\ &= -2\theta(t) e^{-t} (t^2 + t - e^{-t} + 1 + 2te^{-t} + 2e^{-t} - 2 + \frac{1}{2}e^{-2t} - \frac{1}{2} - e^t + 1) = \\ &= -2\theta(t) e^{-t} (t^2 + t - \frac{1}{2} + (2t + 1)e^{-t} + \frac{1}{2}e^{-2t} - e^t) = \\ &= \theta(t) (2 - (2t^2 + 2t - 1)e^{-t} - 2(2t + 1)e^{-2t} - e^{-3t}). \end{aligned} \quad (19)$$

Применяя равенства (18) и (19), получаем

$$x_1(t) + x_2(t) + x_3(t) = \theta(t) (2 - 2t^2 e^{-t} - (4t + 1)e^{-2t} - e^{-3t}). \quad (20)$$

Вычислим теперь $x_4(t)$. Из равенств (15), (16), (17), (19) имеем

$$\begin{aligned} x_4(t) &= -\theta e^{-t} * \theta [2(1 - e^{-t})(2 - (2t^2 + 2t - 1)e^{-t} - 2(2t + 1)e^{-2t} - e^{-3t}) + \\ &+ (2te^{-t} + e^{-2t} - 1)^2] = -\theta e^{-t} * \theta [5 - (4t^2 + 8t + 2)e^{-t} + (8t^2 - 4t - 8)e^{-2t} + \\ &+ (8s^2 - 4s - 8)e^{-2s} + (12s + 2)e^{-3s} + 3e^{-4s}] ds = -\theta(t) e^{-t} \times \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& \times \int_0^t [5e^s - (4s^2 + 8s + 2) + (8s^2 - 4s - 8)e^{-s} + (12s + 2)e^{-2s} + 3e^{-3s}] ds = \\
& = -\theta(t) \left[5 - \left(\frac{4}{3}t^3 + 4t^2 + 2t - 4 \right) e^{-t} - (8t^2 + 12t + 4)e^{-2t} - (6t + 4)e^{-3t} - e^{-4t} \right] = \\
& = \theta(t) \left[\left(\frac{4}{3}t^3 + 4t^2 + 2t - 4 \right) e^{-t} + (8t^2 + 12t + 4)e^{-2t} + (6t + 4)e^{-3t} + e^{-4t} - 5 \right].
\end{aligned} \tag{21}$$

Сложив равенства (20) и (21), окончательно получим

$$\begin{aligned}
x_1(t) + x_2(t) + x_3(t) + x_4(t) &= \theta(t) (2 - 2t^2 e^{-t} - (4t + 1)e^{-2t} - e^{-3t}) + \\
&+ \theta(t) \left[\left(\frac{4}{3}t^3 + 4t^2 + 2t - 4 \right) e^{-t} + (8t^2 + 12t + 4)e^{-2t} + (6t + 4)e^{-3t} + e^{-4t} - 5 \right] = \\
&= \theta(t) \left[\left(\frac{4}{3}t^3 + 2t^2 + 2t - 4 \right) e^{-t} + (8t^2 + 8t + 3)e^{-2t} + (6t + 3)e^{-3t} + e^{-4t} - 3 \right].
\end{aligned}$$

Таким образом, мы показали, что в рассматриваемом случае имеет место равенство

$$V\theta(t) = \theta(t) \left[\left(\frac{4}{3}t^3 + 2t^2 + 2t - 4 \right) e^{-t} + (8t^2 + 8t + 3)e^{-2t} + (6t + 3)e^{-3t} + e^{-4t} - 3 \right].$$

Литература

1. Вувуникян Ю.М. Квазиобращение нелинейных эволюционных операторов // Системы компьютерной математики и их приложения: материалы международной конференции. Смоленск: Изд-во СмолГУ, 2008. Вып. 9. С. 144-146.

ЗАДАЧА НЕЙМАНА ДЛЯ ПОЛУПРОСТРАНСТВА. МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПОЛЕЙ ПРИ ЧАСТИЧНОМ НАРУШЕНИИ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ

Д.П. ГОЛОСКОКОВ, А.А. КАРДАКОВ

Санкт-Петербургский государственный университет водных коммуникаций
г. Санкт-Петербург, ул. Двинская, 5/7
тел.: (812) 334-50-93; e-mail: guwc@mail.ru

Нарушение теплоизоляции горячих поверхностей судовых силовых установок может привести к повышению температуры в окружающей среде за предельно допустимые значения, ожоговым поражениям обслуживающего персонала, а также воспламенению горючих предметов, находящихся вблизи изолируемого пожароопасного объекта.

Определение значений температуры и её распределение в замкнутом пространстве машинных помещений является актуальной задачей противопожарной безопасности и охраны труда рабочего персонала.

В качестве математической модели для определения температурных полей в машинных помещениях предлагается следующая задача стационарной теплопроводности – задача Неймана для полупространства: найти функцию $u(r, z)$, удовлетворяющую следующим условиям:

$$\Delta u = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial u}{\partial r} \right) + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} = 0, \quad 0 < r < \infty, \quad z > 0;$$

$$u|_{r \rightarrow 0} - \text{ограничена}, \quad u|_{\sqrt{r^2+z^2} \rightarrow \infty} - \text{ограничена};$$

$$\left. \frac{\partial u}{\partial z} \right|_{z=+0} = -\frac{f(r)}{k}, \quad k - \text{коэффициент теплопроводности.}$$

Разделяя переменные, получим:

$$(rR')' + \lambda rR = 0, \quad R|_{r \rightarrow 0} - \text{ограничена}, \quad R|_{r \rightarrow \infty} - \text{ограничена}; \quad (1)$$

$$Z'' - \lambda Z = 0. \quad (2)$$

Задача Штурма-Лиувилля (1) имеет непрерывный спектр собственных значений [1]: $\lambda \in [0, +\infty)$, $\lambda_\nu = \nu^2$, $(0 \leq \nu < +\infty)$. Собственные функции: $R_\nu(r) = J_0(\nu r)$, где $J_0(x)$ – цилиндрическая функция Бесселя первого рода с нулевым индексом [1]. Таким образом, совокупность частных решений с учетом ограниченности решения уравнения (2) имеет вид

$$u_\nu(r, z) = C_\nu e^{-\nu z} J_0(\nu r), \quad 0 \leq \nu < \infty.$$

Применяя обобщенный принцип суперпозиции [1], запишем

$$u(r, z) = \int_0^\infty C_\nu e^{-\nu z} J_0(\nu r) d\nu. \quad (3)$$

Предполагая возможными дифференцирование и предельный переход, получим

$$\left. \frac{\partial u}{\partial z} \right|_{z=+0} = -\frac{f(r)}{k} = -\int_0^\infty C_\nu \nu J_0(\nu r) d\nu. \quad (4)$$

Откуда находим [1]

$$C_\nu = \frac{1}{k} \int_0^\infty f(r) r J_0(\nu r) dr. \quad (5)$$

Таким образом, получено формальное решение задачи (4), (5).

В качестве примера рассмотрим следующую задачу: массивное тело на некотором круге радиуса a излучает тепло с постоянной плотностью теплового потока q_0 , а за пределами этого круга тепловой поток равен нулю $q = 0$. Требуется найти стационарное распределение температуры $u(r, z)$.

Воспользуемся полученным решением (4), (5). Имеем:

$$f(r) = \begin{cases} q_0, & r < a, \\ 0, & r > a; \end{cases} \Rightarrow C_v = \frac{q_0}{k} \int_0^a r J_0(vr) dr.$$

Последний интеграл легко вычисляется [1] (с учетом уравнения (1))

$$C_v = -\frac{q_0}{k v^2} r J_0'(vr) \Big|_{r=0}^{r=a} = \frac{q_0 a}{k v} J_1(va).$$

А тогда распределение температуры задается формулой

$$u(r, z) = \frac{q_0 a}{k} \int_0^\infty e^{-vz} J_1(va) J_0(vr) \frac{dv}{v}.$$

Вычислим, например, температуру $u(0, z)$ вдоль оси z :

$$u|_{r=0} = \frac{q_0 a}{k} \int_0^\infty e^{-vz} J_1(va) \frac{dv}{v} = \frac{q_0 a^2}{k(\sqrt{a^2 + z^2} + z)}.$$

Измерив температуру $u_* = u(0, z_*)$ в какой-нибудь точке $z = z_*$ на оси z , найдем тепловой поток q_0 :

$$q_0 = \frac{(\sqrt{a^2 + z_*^2} + z_*) k u_*}{a^2}.$$

Таким образом, окончательное решение задачи представим в виде

$$u(r, z) = \frac{(\sqrt{a^2 + z_*^2} + z_*) u_*}{a} \int_0^\infty e^{-vz} J_1(va) J_0(vr) \frac{dv}{v}.$$

Литература

1. Голоскоков Д.П. Уравнения математической физики. Решение задач в системе Maple. СПб.: Питер, 2004. 539 с.: ил.

О МОДЕЛИ ИЕРАРХИЧЕСКОГО ТИПА ДЛЯ ЗАДАЧИ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ КВОТ НА ЗАГРЯЗНЕНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

В.А. ГОРЕЛИК*, Д.К. БОРОДИН**, А.В. РОДЮКОВ***

* Вычислительный центр им. А.А. Дородицина РАН, г. Москва

** Университетский колледж, г. Гент, Бельгия

*** Борисоглебский государственный педагогический институт, г. Борисоглебск
e-mail: 2409555@mail.ru

Задача предоставления квот на загрязнение окружающей среды является важнейшим рыночным инструментом экологической политики, проводимой на государственном уровне. Даная проблема была официально закреплена в Монреальском протоколе по веществам, разрушающим озоновый слой, а также в Киотском протоколе, который обязывает развитые страны и страны с переходной экономикой сократить или стабилизировать выбросы парниковых газов [2, 3]. Осуществление торговли квотами, при которой хозяйствующие субъекты на территории государства могут осуществлять операции с квотами на выбросы парниковых газов на определенном рынке, т.е. правительство устанавливает конкретный объем суммарной загрязняемости в качестве экологической цели. После установления соответствующих ограничений на выброс определенных веществ на определенной территории и за конкретный период времени начинается распределение соответствующего количества квот. В такой ситуации непременно возникает конфликтная ситуация, представимая в виде иерархического типа, когда имеется руководящий Центр и исполняющие его решения подсистемы, взаимодействующие между собой и претендующие на получение квот. Задача подсистем заключается в установлении отношений с Центром. Считается, что задача предоставления квот решается в условиях неопределенности, которая может быть связана с изменением окружающей среды или появлением новых участников.

При наличии горизонтальных связей между подсистемами требуется введение некоторого принципа коллективного поведения (рассмотрение будем вести на примере двух элементов нижнего уровня). Предполагается, что обмен информацией между подсистемами не происходит, однако их функции выигрыша зависят от стратегий друг друга, и это влияет на выбор ими своих стратегий. Централизованный характер информационно-модели, который выражается в наличии права первого хода у Центра, приводит к зависимости стратегий подсистем от стратегии Центра, то есть $x_2(x_1)$, $x_3(x_1)$.

Данная информационная модель задается набором

$$\langle \{X_1, X_2, X_3, Y\}, f_1(x_1, x_2, x_3, y), f_2(x_1, x_2, x_3, y), f_3(x_1, x_2, x_3, y) \rangle,$$

в котором: $X_i \subset R^{n_i}$ – компактное множество стратегий i -го участника иерархии, $Y \subset R^m$ – компактное множество неопределённостей, $x_i \in X_i \subset R^{n_i}$ – стратегия i -го участника иерархии, $y \in Y$ – неопределённость, функция полезности i -го участника иерархии задана непрерывной скалярной функцией f_i .

Множества стратегий Центра и подсистем зададим в виде

$$X_i = \{x_i \in R^{n_i} \mid g_{ik}(x_i) \geq 0, k = \overline{1, k_i}\}, i = 1, 2, 3.$$

Считаем, что функции g_{ik} непрерывно дифференцируемы и удовлетворяют условию ρ -регулярности, то есть для любого $x_i \in R^{n_i} \setminus X_i$ ($i = 1, 2, 3$) существует $\beta_i > 0$, что $\min_{k=1, k_i} g_{ik}(x_i) \leq -\beta_i \rho(x_i, X_i)$, где ρ – метрика в R^{n_i} .

Будем предполагать, что цель каждого участника – оценка выбранной им стратегии с точки зрения возможных потерь, которые численно представляются в виде следующих функций риска:

$$F_i(x_1, x_2, x_3, y) = f_i(x_1, x_2, x_3, y) - \max_{z_i \in X_i} f_i(z_1, z_2, z_3, y) \leq 0, i = 1, 2, 3.$$

Так как здесь использованы неположительные функции риска, то наимудшими (гарантированными) являются значения неопределённости, минимизирующие эти функции, и участникам желательно их максимизировать, т.е. сделать их значения как можно ближе к нулю.

Процесс информационного взаимодействия уровней иерархии при заданной ниже информированности сторон можно построить следующим образом. Центр делает ход первым, ему известны множества X_2 и X_3 стратегий подсистем и их функции риска. Центр также знает, что подсистемам при выборе стратегии известно лишь множество Y возможных значений неопределённости, из-за чего последние ориентируются на реализацию наихудшего значения неопределённости, при которой для любых $x_i \in X_i$ функции риска будут принимать минимальные значения $\min_{y \in Y} F_2(x_1, x_2, x_3, y)$ и $\min_{y \in Y} F_3(x_1, x_2, x_3, y)$.

Для формализации процедуры принятия решений определим между подсистемами равновесие по Нэшу. Для его реализации достаточно, чтобы каждый из участников нижнего уровня знал функции выигрыша и допустимые множества всех подсистем, а также знал область возможных значений неопределённого фактора.

Равновесие по Нэшу определяется равенствами

$$\min_{y \in Y} F_2(x_1, x_2^p(x_1), x_3^p(x_1), y) = \max_{x_2 \in X_2} \min_{y \in Y} F_2(x_1, x_2, x_3^p(x_1), y),$$

$$\min_{y \in Y} F_3(x_1, x_2^p(x_1), x_3^p(x_1), y) = \max_{x_3 \in X_3} \min_{y \in Y} F_3(x_1, x_2^p(x_1), x_3, y).$$

Предполагаем, что подсистемы заранее договариваются, какое именно равновесие из возможных они будут использовать. Множество таких (составленных по договорённости) равновесий $(x_2^p(x_1), x_3^p(x_1))$ при каждом x_1 образует отображение $R(x_1) \subset X_2 \times X_3$, которое считаем непустым. Возникает задача оценки эффективности управления x_1 на множестве $R(x_1)$.

С помощью непосредственных вычислений нетрудно убедиться, что решение задачи Центра путём её приближённого сведения методом штрафных функций к задаче на максимум (то есть заменой равенств, определяющих $R(x_1)$, на совокупность ограничений-равенств) невозможно из-за «взаимной увязки» переменных x_2, x_3 в неравенствах, определяющих равновесие Нэша.

Однако Х. Никайдо и К. Исода построили вспомогательный критерий эффективности, на основе которого можно решить максиминную задачу и получить равновесие Нэша. В нашем случае этот критерий имеет вид

$$\begin{aligned} \Phi(x_1, x_2, x_3, z_2, z_3) &= \\ &= \min_{y \in Y} F_2(x_1, x_2, x_3, y) - \min_{y \in Y} F_2(x_1, z_2, x_3, y) + \\ &+ \min_{y \in Y} F_3(x_1, x_2, x_3, y) - \min_{y \in Y} F_3(x_1, x_2, z_3, y), \end{aligned}$$

он, как несложно заметить, при сделанных выше предположениях непрерывен по всем аргументам. Будем считать, что внутренние минимумы достигаются.

Применяя теорему Х. Никайдо и К. Исода [1], получаем, что информационная модель двух подсистем на нижнем уровне имеет точку равновесия $(x_2^p(x_1), x_3^p(x_1))$ тогда и только тогда, когда

$$\min_{\substack{z_2 \in X_2 \\ z_3 \in X_3}} \Phi(x_1, x_2^p(x_1), x_3^p(x_1), z_2, z_3) = \max_{\substack{x_2 \in X_2 \\ x_3 \in X_3}} \min_{\substack{z_2 \in X_2 \\ z_3 \in X_3}} \Phi(x_1, x_2, x_3, z_2, z_3) = 0.$$

Так как

$$\min_{\substack{z_2 \in X_2 \\ z_3 \in X_3}} \Phi(x_1, x_2, x_3, z_2, z_3) \leq 0,$$

то равенство

$$\min_{\substack{z_2 \in X_2 \\ z_3 \in X_3}} \Phi(x_1, x_2, x_3, z_2, z_3) = 0$$

можно рассматривать как дополнительное ограничение в задаче определения гарантирующего управления Центра. Ясно, что множество пар (x_2, x_3) , удовлетворяющих ограничению, образует множество, которое

без ограничения общности можно считать множеством равновесий Нэша, т.е.

$$R(x_1) = \left\{ (x_2, x_3) \in X_1 \times X_2 \left| \min_{\substack{z_2 \in X_2 \\ z_3 \in X_3}} \Phi(x_1, x_2, x_3, z_2, z_3) = 0 \right. \right\}.$$

Для функции $\min_{\substack{z_2 \in X_2 \\ z_3 \in X_3}} \Phi(x_1, x_2, x_3, z_2, z_3)$ потребуем выполнения условия

регулярности

$$\min_{\substack{z_2 \in X_2 \\ z_3 \in X_3}} \Phi(x_1, x_2, x_3, z_2, z_3) \leq -K\rho((x_2, x_3), X_2 \times X_3), \quad \forall (x_2, x_3) \notin X_2 \times X_3,$$

где $K > 0$ – константа.

Будем использовать принцип благожелательности подсистем, то есть ответы подсистем заключаются в выборе ими таких стратегий $(x_2^P(x_1), x_3^P(x_1)) \in R(x_1)$, чтобы

$$(x_2^P(x_1), x_3^P(x_1)) \in \mathop{\text{Arg}} \max_{(x_2, x_3) \in R(x_1)} \min_{y \in Y} F_1(x_1, x_2, x_3, y).$$

Таким образом, имеем максиминную задачу

$$\max_{\substack{x_1 \in X_1 \\ (x_2, x_3) \in R(x_1)}} \min_{y \in Y} F_1(x_1, x_2, x_3, y) = w^0,$$

а оптимальный выбор Центра состоит в выборе управления

$$x_1^0 \in \mathop{\text{Arg}} \max_{x_1 \in X_1} \min_{y \in Y} F_1(x_1, x_2^P(x_1), x_3^P(x_1), y).$$

В результате получили задачу определения максимина на связанных множествах. Эмиссии, совершённые без определённой квоты, облагаются штрафом, поэтому для решения поставленной задачи используется метод штрафных функций [4]. Метод штрафных функций как способ сведения сложных оптимизационных задач к более простым получил в настоящее время широкое распространение. Применительно к реальным задачам управления в организационных системах он имеет более глубокий смысл, нежели просто формальный метод решения. Во-первых, в таких системах ограничения, в отличие от физических, зачастую носят приближенный или даже условный характер. Априорно ясно, что эти ограничения нежелательно нарушать слишком сильно. В такой ситуации замена их штрафами представляет собой элемент моделирования и позволяет оценить стоимость нарушений ограничений. Во-вторых, в качестве реальных механизмов управления в иерархических системах часто выступают именно штрафы, а не формальные установления ограничений, которые могут нарушаться. В-третьих, информация в организационных системах является, как правило, весьма приближенной. В такой ситуации большая точность при оптимизации бессмысленна и соз-

дает только ложное представление о степени достоверности результатов. Это обстоятельство, в частности, делает ненужным применение больших штрафных констант в том случае, когда метод штрафов выступает просто как метод решения задач.

После вычисления оптимальной стратегии Центр определит, какое количество квот выделить каждой подсистеме.

Литература

1. Никайдо Х., Исода К. Заметка о бескоалиционных выпуклых играх // Бесконечные антагонистические игры под. ред. Н.Н. Воробьева. М.: Физматгиз, 1963. С. 449-458.
2. URL: <http://www.un.org/russian/documen/convents/kyoto.pdf>
3. URL: http://www.iea.ru/article/kioto_order/kyoto03.pdf
4. Горелик В.А., Горелов М.А., Кононенко А.Ф. Анализ конфликтных ситуаций в системах управления / М.: Радио и связь, 1991. 288 с.

ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНАЯ ИГРА ДВУХ КОАЛИЦИЙ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЁННОСТИ

В.А. ГОРЕЛИК*, **А.Ф. ТАРАКАНОВ****, **А.В. РОДЮКОВ****

* Вычислительный центр им. А.А. Дородницына РАН, г. Москва

** Борисоглебский государственный педагогический институт, г. Борисоглебск
e-mail: aft777@mail.ru

Постановка и решение задач в игровой форме давно практикуются математиками. Это связано с возможностью адекватного описания средствами теории игр сложных управляемых систем и принятия в них оптимальных решений. Основы теории игр заложены в хорошо известных книгах Р. Айзекса, Н.Н. Воробьева, Р.Д. Льюса и Х. Райфы, Н.Н. Красовского, Дж. Фон Неймана и О. Моргенштерна, Г. Оуэна, Л.С. Понтрягина. Позже теория игр успешно развивалась многими другими учёными [1] – [13].

Книга В.И. Жуковского и А.А. Чикрия [14] посвящена дифференциальным играм. В ней получен ряд результатов, однако без наличия неопределённости. В сборниках статей [15] – [17] коалиционный вариант игры не рассматривался. В [18] на основе принципа угроз и контругроз дано решение коалиционной игры в условиях неопределённости. Внутри коалиций решение строится с использованием максимума по Слейтеру, неопределённость учитывается также по Слейтеру.

В настоящей статье изучена дифференциальная игра двух коалиций (в каждой – по два игрока). Отношения между игроками внутри каждой коалиции считаются доброжелательными, так и строятся на основе максимума по Парето. Поэтому в соответствующих математических моде-

лях возможно построение как индивидуальных и коллективных выигрышей. Коллективный выигрыш строится на основе принципа Парето [14]. Предполагается, что отношение коалиций носит антагонистический характер. В этой ситуации применяется концепция угроз и контругроз.

Принятие решений членами коалиций происходит в условиях неопределённости (например, ошибки в измерениях, неточно известные параметры, возмущающее воздействие внешних сил, погрешности в передаче информации и т.п., см., например, [14, 18]). В качестве «особого» вида неопределённости можно выделить информационную неопределённость, которая связана с полным или частичным отсутствием информации о следующем «ходе» коалиции-оппонента. Поэтому каждая коалиция конструирует своё решение на основе некоторых заранее определённых правил. Ниже это делается с использованием принципа Слейтера [18].

В качестве решения рассматриваемой в статье игры двух коалиций в условиях неопределённости предлагается коалиционное гарантированное равновесие. Исследованы его свойства, для линейно-квадратичного варианта игры получены достаточные условия оптимальности.

Литература

1. Leitmann G. Cooperative and Non-Cooperative Many Players Differential Games. Vienna: Springer, 1974.
2. Chow G.C. Analysis and Control of Dynamic Economic Systems. New York: John Wiley & Sons Inc., 1975.
3. Kendrick D. Stochastic Control for Economic Models. New York: McGraw-Hill Inc., 1981.
4. Petit M.L. Control Theory and Dynamic Games in Economic Policy Analysis. Cambridge: Cambridge University Press, 1990.
5. Mehlmann A. Applied Differential Games. New York: Plenum Press, 1991.
6. Neck R., Matulka J. OPTCON: An Algorithm for the Optimal Control of Nonlinear Stochastic Models. Annals of Operations Research, 1991. P. 375-401.
7. Basar T., Olsder G.J. Dynamic Noncooperative Game Theory. London: Academic Press, 1995.
8. Behrens D., Neck R. OPTGAME 2.0: An Algorithm for Equilibrium Solutions of N-Person Discrete-Time (Non-)Linear Dynamic Games. Discussion Paper. University of Klagenfurt, Department of Economics, 2000.
9. Красовский Н.Н., Субботин А.И. Позиционные дифференциальные игры. М.: Наука, 1974.
10. Вайсборд Е.М., Жуковский В.И. Введение в дифференциальные игры многих лиц и их приложения. М.: Сов. радио, 1980.

11. Воробьёв Н.Н. Теория игр для экономистов-кибернетиков. М.: Наука, 1985.
12. Жаутыков О.А., Жуковский В.И., Жаркынбаев С. Дифференциальные игры многих лиц (с запаздыванием времени). Алма-Ата: Наука, 1988.
13. Клеймёнов А.Ф. Неантагонистические позиционные дифференциальные игры. Екатеринбург: Наука, 1993.
14. Жуковский В.И., Чикрий А.А. Линейно-квадратичные дифференциальные игры. Киев: Наук. думка, 1994.
15. Многокритериальные и игровые задачи при неопределённости: тезисы докладов VI международного семинара (8-14 сентября 1996). М.: РосЗИТЛП, 1996.
16. Вестник Псковского Вольного университета. Математика и информатика. Специальное приложение к журналу. Псков: ПВУ, Том. 1, 1997.
17. Управление сложными системами: межвузовский сборник статей. М.: РосЗИТЛП, 1999.
18. Жуковский В.И. Введение в линейно-квадратичные дифференциальные игры при неопределённости. В 2 частях. М.: МНИИПУ, 1997.

ЗАДАЧА МАРКУШЕВИЧА, СОДЕРЖАЩАЯ КОНЕЧНОЕ ЧИСЛО ТОЧЕК РАЗРЫВА

Е.В. ДАВЬЯЛОВА

Белорусский государственный университет, г. Минск
e-mail: e.kiaoga@gmail.com

Рассмотрим задачу нахождения функций φ , кусочно-аналитических и ограниченных в плоскости переменного $z = x + iy$ с линией разрыва $\text{Im } z = 0$. Предельные значения слева ($\varphi(x^+) = \varphi^+(x)$) и справа ($\varphi(x^-) = \varphi^-(x)$) от выбранной ориентации оси (ось условимся ориентировать слева направо) связаны уравнением

$$a(x)\varphi(x^+) + b(x)\overline{\varphi(x^+)} + c(x)\varphi(x^-) + d(x)\overline{\varphi(x^-)} = f(x), \quad (1)$$

коэффициенты которого ограничены, H -непрерывны на $\mathbb{R} \setminus \{r_1, \dots, r_n\}$ и удовлетворяют другим ограничениям, указываемым ниже. Точки $-\infty < r_1 < r_2 < r_3 < \dots < r_{2h} < r_{2h+1} = +\infty$ лежат на вещественной оси и выбираются произвольно. Предположим, что коэффициенты уравнения (1) удовлетворяют следующим тождествам:

$$|a(x)| = |b(x)|, |c(x)| = |d(x)| \quad \text{при } x \in L_1 = (r_1, r_2) \cup (r_3, r_4) \cup (r_{2h}, +\infty), \quad (2)$$

$$b(x) \equiv d(x) \equiv 0 \quad \text{при } x \in L_2 = (-\infty, r_1) \cup (r_2, r_3) \cup \dots \cup (r_{2h-1}, r_{2h}) \quad (3)$$

и больше нигде не обращаются в нуль.

Введем в рассмотрение риманову поверхность \mathfrak{R} рода h , заданную уравнением

$$w^2 - \hat{f}(z), \quad \text{где } \hat{f}(z) = \prod_{k=1}^{2h+1} (z - r_k). \quad (4)$$

Через $w(z) = \sqrt{\hat{f}(z)}$ обозначим ту непрерывную на $\mathbb{C} \setminus L_1$ ветвь, предельное значение которой сверху при $x \in (r_{2h}, +\infty)$ положительно. Поверхность \mathfrak{R} двулистка. Верхним листом назовем множество точек $(z, w(z))$, где $w(z)$ – выделенная ветвь. Нижний лист есть множество точек $(z, -w(z))$.

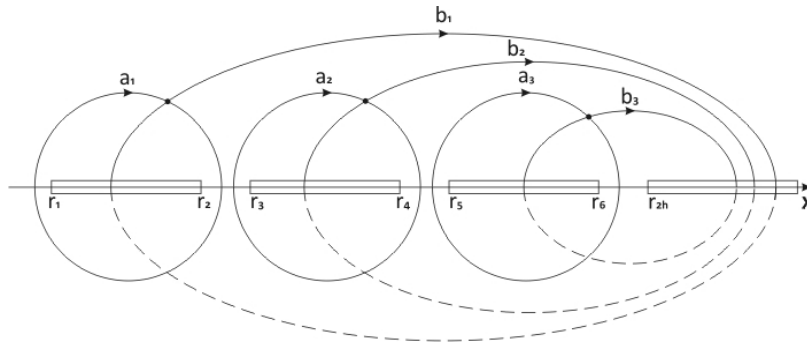
Введем контур $K = L_1' \cup L_2' \cup L_1'' \cup L_2''$, где

$$L_1' = \{(x, w(x)) \mid x \in L_1\}, \quad L_1'' = \{(x, -w(x)) \mid x \in L_1\},$$

$$L_2' = \{(x, w(x)) \mid x \in L_2\}, \quad L_2'' = \{(x, -w(x)) \mid x \in L_2\}.$$

Ориентация всех кривых контура K – слева направо.

Введем новую неизвестную функцию $\Phi(z, w(z)) = \varphi(z)$, где $(z, w(z))$ принадлежит верхнему листу. Положим также $\Phi(z, -w(z)) = \overline{\varphi(\bar{z})}$, где $(z, -w(z))$ принадлежит нижнему листу. Выразив из двух последних равенств $\varphi(z)$, получим, что $\Phi(z, w(z)) = \overline{\Phi(\bar{z}, -w(\bar{z}))}$. Это – условие симметрии, которому должна удовлетворять новая неизвестная функция $\Phi(z, w(z))$. Построим каноническое рассечение поверхности (4), как показано на рисунке. Условимся проводить сплошные линии на верхнем листе, а пунктирные – на нижнем.



После ряда преобразований задача сводится к задаче сопряжения:

$$\Phi^+(t, v) = G(t, v)\Phi^-(t, v) + g(t, v) \quad (5)$$

Рассмотрим однородную задачу сопряжения

$$\Phi^+(t, v) = G(t, v)\Phi^-(t, v). \quad (6)$$

Данная краевая задача допускает решение в замкнутой форме. Наша цель – найти аналитическое выражение для общего решения. Для этого применяем метод, изложенный в работе [1].

Для решения однородной задачи Римана на гиперэллиптических поверхностях будем использовать в качестве разрывного аналога ядра Коши следующее выражение:

$$\hat{\omega}_{(z, \omega(z))}(\tau, \zeta) = \begin{array}{c} \left| \begin{array}{cccc} \frac{w+\zeta}{2\zeta} \cdot \frac{d\tau}{\tau-z} - \frac{\tau d\tau}{2(\tau^2+1)} & \frac{d\tau}{\zeta} & \dots & \frac{\tau^{h-1} d\tau}{\zeta} \\ \int_{a_1} \frac{w+\zeta}{2\zeta} \cdot \frac{d\tau}{\tau-z} & \int_{a_1} \frac{d\tau}{\zeta} & \dots & \int_{a_1} \frac{\tau^{h-1} d\tau}{\zeta} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \int_{a_h} \frac{w+\zeta}{2\zeta} \cdot \frac{d\tau}{\tau-z} & \int_{a_h} \frac{d\tau}{\zeta} & \dots & \int_{a_h} \frac{\tau^{h-1} d\tau}{\zeta} \end{array} \right|, \\ \left| \begin{array}{ccc} \int_{a_1} \frac{d\tau}{\zeta} & \dots & \int_{a_1} \frac{\tau^{h-1} d\tau}{\zeta} \\ \dots & \dots & \dots \\ \int_{a_h} \frac{d\tau}{\zeta} & \dots & \int_{a_h} \frac{\tau^{h-1} d\tau}{\zeta} \end{array} \right| \end{array}, \quad (7)$$

где $\zeta^2 = \hat{f}(\tau)$. Ядро является абелевым дифференциалом по переменной (τ, ζ) с полюсами в точках $(\tau, \zeta) = (z, w)$ и вычетом $+1$, а в точках $(\pm i, \pm w(i))$ с вычетом $-\frac{1}{4}$ в каждой точке. По переменной (z, w) ядро является кусочно-мероморфной функцией с линиями разрыва a_ν , $\nu = \overline{1, h}$ и единственным полюсом в точке $(z, w) = (\tau, \zeta)$. Оно также удовлетворяет условию симметрии. Введем в рассмотрение комплексно-нормированный базис абелевых интегралов 1-го рода с общим нижним пределом:

$$u_1(z, w) = \overset{\prime}{\int}_{(\infty, \infty)}^{(z, w)} du_1(t, v), \dots, u_h(z, w) = \overset{\prime}{\int}_{(\infty, \infty)}^{(z, w)} du_h(t, v), \quad (8)$$

где штрих перед интегралом означает, что путь интегрирования не пересекает линий канонического рассечения. Рассмотрим систему:

$$\sum_{j=1}^h u_j(Q_j) = \frac{1}{2\pi i} \int_{\mathbb{K}} \ln G(\tau, \zeta) du_j(\tau, \zeta) + n_\nu + \sum_{j=1}^h B_{\nu j} m_j, \nu = \overline{1, h}, \quad (9)$$

где $B_{\nu j}$ – B -периоды базиса (8), а m_j – неопределенные целые числа. Задача нахождения точек $Q_1, \dots, Q_h \in \mathfrak{R}$ и целых чисел n_ν, m_j из системы (9) носит название проблемы обращения Якоби. Она обычно записывается как система сравнений по модулю периодов базиса абелевых интегралов 1-го рода

$$\sum_{j=1}^h u_j(Q_j) \equiv \frac{1}{2\pi i} \int_{\mathbb{K}} \ln G(\tau, \zeta) du_j(\tau, \zeta), \nu = \overline{1, h}, \quad (\text{по модулю периодов}). \quad (10)$$

Если считать проблему обращения Якоби решенной, а

$$(z_1, w_1), \dots, (z_h, w_h), m_1, \dots, m_h, n_1, \dots, n_h \quad (11)$$

каким-нибудь ее решением, то тем самым оказывается определен дивизор $F = \tilde{Q}^h Q_1^{-1} \dots Q_h^{-1}$. Таким образом, находим общее решение однородной задачи:

$$\Phi(z, w) = \varphi(z, w) \cdot \exp \left\{ \frac{1}{2\pi i} \int_{\mathbb{K}} \ln G(z, w) \hat{\omega}_{(z, w)} - \sum_{k=1}^h \int_{(\infty, \infty)}^{Q_k} \hat{\omega}_{(z, w)} - \sum_{k=1}^h 2\pi i e_k u_k(z, w) \right\} \quad (12)$$

где φ – произвольная мероморфная функция, кратная дивизору $\mathcal{E}^{-1} \mathcal{F}^{-1}$, $F = \tilde{Q}^h Q_1^{-1} \dots Q_h^{-1}$, $\text{ord } \mathcal{F} = 0$, $\mathcal{E} := (r_1, 0)^{\varkappa_1} \dots (r_{n-1}, 0)^{\varkappa_{n-1}} (r_n, \infty)^{\varkappa_n}$, $\text{ord } \mathcal{E} = \varkappa$. Подчиняя (12) условию симметрии, получим решение задачи (1).

Литература

1. Зверович Э.И. // Успехи матем. наук. 1971. Т. XXVI. Вып.1(157). С. 113-179.

РЕШЕНИЕ ГИПЕРСИНГУЛЯРНОГО ИНТЕГРО-ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО УРАВНЕНИЯ С ПОСТОЯННЫМИ КОЭФФИЦИЕНТАМИ НА СОСТАВНОМ КОНТУРЕ

О.Б. ДОЛГОПОЛОВА, Э.И. ЗВЕРОВИЧ

Белорусский государственный университет
2265703 г. Минск, пр. Независимости, 4
e-mail: Dolgopolova@tut.by

Пусть $L \subset \mathbb{C}$ – гладкая кривая, имеющая две компоненты связности L_1 и L_2 , которые являются простыми замкнутыми кривыми и ограничивают кольцевую область D^+ , $\hat{\mathbb{C}} \setminus D^+ = D_1^- \cup D_2^- \cup L$. Пусть $0 \in D_1^-$, $\infty \in D_2^-$.

Кривой L припишем ориентацию, оставляющую область D^+ слева. Пусть $f: L \rightarrow \mathbb{C}$ – H -непрерывная функция. Рассмотрим уравнение

$$\sum_{k=0}^n \left(a_k \varphi^{(k)}(t) + b_k \frac{k!}{\pi i} \int_L \frac{\varphi(\tau) d\tau}{(\tau-t)^{k+1}} \right) = f(t), \quad t \in L, \quad (1)$$

где $n \in \mathbb{N}$, $\varphi: L \rightarrow \mathbb{C}$ – неизвестная функция, такая, что $\varphi^{(n)}(t)$ – непрерывна и интегралы понимаются в смысле конечной части по Адамару.

Рассмотрим новую неизвестную функцию Φ , аналитическую в $\hat{\mathbb{C}} \setminus L$:

$$\Phi(z) = \frac{1}{2\pi i} \int_L \frac{\varphi(\tau) d\tau}{\tau - z}, \quad z \in \hat{\mathbb{C}} \setminus L, \quad \Phi(\infty) = 0.$$

Тогда для $t \in L$ справедливы обобщенные формулы Сохоцкого:

$$\begin{cases} \Phi^{(k)}(t^+) - \Phi^{(k)}(t^-) = \varphi^{(k)}(t), \\ \Phi^{(k)}(t^+) + \Phi^{(k)}(t^-) = \frac{k!}{\pi i} \int_L \frac{\varphi(\tau) d\tau}{(\tau-t)^{k+1}}, \end{cases} \quad k = 0, 1, \dots, n.$$

Используя эти формулы, исходное уравнение (1) можем переписать в следующем виде:

$$\sum_{k=0}^n (a_k + b_k) \Phi^{(k)}(t^+) - \sum_{k=0}^n (a_k - b_k) \Phi^{(k)}(t^-) = f(t), \quad t \in L. \quad (2)$$

Рассмотрим интеграл типа Коши

$$F(z) = \frac{1}{2\pi i} \int_L \frac{f(\tau) d\tau}{\tau - z}, \quad z \in L.$$

По формулам Сохоцкого

$$f(t) = F(t^+) - F(t^-), \quad \text{при } t \in L.$$

где $F(t^-) = F^-(t)$, $F(t^+) = F^+(t)$, $F^-(\infty) = 0$ – сужения F на D^- и D^+ соответственно. Используя это равенство, уравнение (2) можно переписать в виде

$$\sum_{k=0}^n (a_k + b_k) \Phi^{(k)}(t^+) - F(t^+) = \sum_{k=0}^n (a_k - b_k) \Phi^{(k)}(t^-) - F(t^-), \quad t \in L,$$

$$\Phi(\infty) = 0.$$

По теореме об аналитическом продолжении обе части равенства представляют собой сужения одной аналитической функции на области D^+ и D^- соответственно. Значение этой функции на бесконечности равно нулю, следовательно, по теореме Лиувилля, эта функция – тождественный нуль. Значит,

$$\sum_{k=0}^n (a_k + b_k) \Phi^{(k)}(z) = F(z), \quad z \in D^+, \quad (3)$$

$$\sum_{k=0}^n (a_k - b_k) \Phi^{(k)}(z) = F^-(z), \quad z \in D_1^-, \quad (4)$$

$$\sum_{k=0}^n (a_k - b_k) \Phi^{(k)}(z) = F^-(z), \quad z \in D_2^-, \quad \Phi^-(\infty) = 0. \quad (5)$$

Получили три линейных дифференциальных уравнения с постоянными коэффициентами. Эти уравнения легко решаются методом вариации произвольных постоянных.

Литература

1. Зверович Э.И. Обобщение формул Сохоцкого // Труды 4-ой конф. АМАДЕ. Т. 1. Минск, 2006. С. 55-56.

ПОСТРОЕНИЕ ОПЕРАТОРА ШВАРЦА ДЛЯ «РУЧКИ»

О.Б. ДОЛГОПОЛОВА, Э.И. ЗВЕРОВИЧ

Белорусский государственный университет

2265703 г. Минск, пр. Независимости, 4

e-mail: Dolgopolova@tut.by

Для краткости ручкой будем называть компактную ориентируемую риманову поверхность D рода один со связным краем ∂D (рис. 1). Разрезанная вдоль линии b поверхность D подобна однолистной. Она допускает конформный гомеоморфизм на верхнюю полуплоскость, из которой удалены два гомеоморфных образа диска, а образом края ∂D является вещественная ось (рис. 2). Дубль $D \cup \partial D \cup \tilde{D}$ поверхности D при этом отображается на плоскость $\hat{\mathbb{C}}$, из которой удалены четыре диска, а отображение симметрии переходит на плоскости $\hat{\mathbb{C}}$ в операцию комплексного сопряжения. Итак, с помощью конформного гомеоморфизма построена униформизация дубля ручки. Дубль – замкнутая ориентируемая риманова поверхность рода два. Выберем ее каноническое рассечение $a, \tilde{a}^{-1}, b, \tilde{b}^{-1}$ так, как указано на рис. 2.

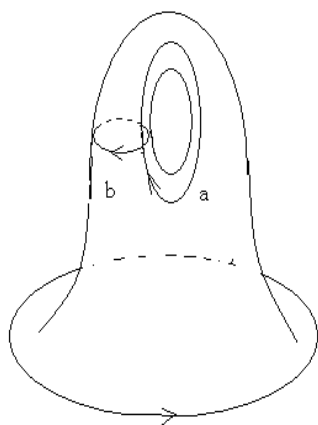


Рис. 1

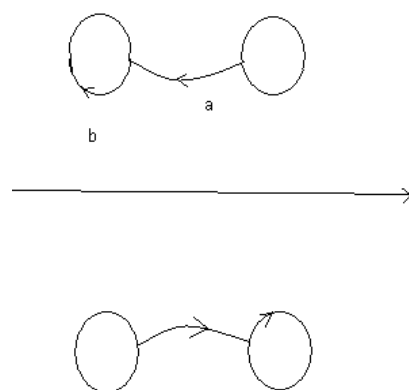


Рис. 2

Известно, что на дубле существует единственный базис абелевых дифференциалов первого рода $dw_1(z), dw_2(z)$, комплексно нормированный относительно выбранного канонического рассечения, т.е. такой, матрица периодов которого имеет вид: $\begin{pmatrix} 1 & 0 & B_1 & C \\ 0 & 1 & C & B_2 \end{pmatrix}$. Дифференциалы первого рода $-d\overline{w_2(\bar{z})}, -d\overline{w_1(\bar{z})}$ тоже образуют базис абелевых дифференциалов первого рода. Он тоже комплексно нормированный, поскольку

$$\int_a(-d\overline{w_2(\bar{z})}) = \int_{\bar{a}^{-1}} dw_2(z) = 1; \quad \int_{\bar{a}^{-1}}(-d\overline{w_2(\bar{z})}) = \int_a dw_2(z) = 0;$$

$$\int_a(-d\overline{w_1(\bar{z})}) = \int_{\bar{a}^{-1}} dw_1(z) = 0; \quad \int_{\bar{a}^{-1}}(-d\overline{w_1(\bar{z})}) = \int_a dw_1(z) = 1.$$

Отсюда в силу единственности заключаем, что введенные базисы совпадают, т.е. $-d\overline{w_2(\bar{z})} = dw_1(z)$, $-d\overline{w_1(\bar{z})} = dw_2(z)$. Значит, исходный базис можно взять в таком виде: $dw(z), -d\overline{w(\bar{z})}$. Используя его, можно более точно задать матрицу B -периодов:

$$B_1 = \int_b dw(z) = \int_b d\overline{w(\bar{z})} = -\int_b(-d\overline{w(\bar{z})}) = -\overline{B_2}.$$

Откуда

$$B_1 = -\overline{B_2} = iB, \text{ где } B > 0.$$

Аналогично $C = \int_b dw(z) = -\int_b(-d\overline{w(\bar{z})}) = -iC$, откуда $\text{Re } C = 0$.

Итак, матрица периодов выбранного базиса может быть взята в виде $\begin{pmatrix} 1 & 0 & iB & iC \\ 0 & 1 & iC & iB \end{pmatrix}$, причем $B > 0$, $B^2 - C^2 > 0$. Вводя абелевы интегралы первого рода $w(z), \overline{w(\bar{z})}$, рассмотрим проблему обращения Якоби

$$\begin{cases} w(z_1) + w(z_2) \equiv e - k, \\ -\overline{w(\bar{z}_1)} - \overline{w(\bar{z}_2)} \equiv -\bar{e} + \bar{k}, \end{cases} \quad (1)$$

где $k = -\frac{1}{2} + \frac{i}{2}B + \int_{\bar{a}^{-1}} w(t^-) d\overline{w(\bar{t})}$ – риманова константа. Известно, что система (1) всегда совместна, а так как второе сравнение (1) является следствием первого, то его можно отбросить.

Решение проблемы обращения (1) может быть найдено как совокупность нулей соответствующей тэта-функции Римана

$$\theta(w(z) - e; -\overline{w(\bar{z})} + \bar{e}) =$$

$$= \sum_{(m,n) \in \mathbb{Z}^2} \exp\{-\pi(Bm^2 + 2Cmn + Bn^2) + 2\pi i[m(w(z) - e) + n(-\overline{w(\bar{z})} + \bar{e})]\}.$$

(2)

Если в этом ряде заменить z на \bar{z} , а затем взять комплексное сопряжение ряда, то получим:

$$\sum_{(m,n) \in Z^2} \exp \{ -\pi(Bm^2 + 2Cmn + Bn^2) - 2\pi i [m(w(z) - e) + n(-\overline{w(\bar{z})} + \bar{e})] \}.$$

Очевидно, что суммы двух последних рядов равны. Значит, тэта-функция (2) принимает на вещественной оси чисто вещественные значения. Рассмотрим теперь проблему обращения частного вида:

$$w(\tau_1) + w(\tau_2) \equiv 2w(z). \quad (1')$$

Она имеет очевидное решение $\tau_1 = \tau_2 = z$. Поэтому соответствующая проблеме (1') тэта-функция Римана

$$\theta(w(\tau) - 2w(z) - k; -\overline{w(\bar{\tau})} + 2\overline{w(\bar{z})} + \bar{k}) \quad (3)$$

имеет при $\tau = z$ единственный нуль кратности 2. Кроме того, на основании предыдущего вывода она принимает при $\text{Im } \tau = 0$ чисто вещественные значения. Поэтому логарифмический дифференциал функции (3)

$$S(\tau, z) d\tau = d_\tau \ln \theta(w(\tau) - 2w(z) - k; -\overline{w(\bar{\tau})} + 2\overline{w(\bar{z})} + \bar{k}) \quad (4)$$

имеет в точке $\tau = z$ простой полюс с вычетом 2 и может служить ядром оператора Шварца для ручки. Оператором Шварца называется оператор, решающий задачу нахождения однозначной аналитической в D функции $F(z)$ по краевым значениям ее вещественной части (задачу Шварца):

$$\text{Re } F(t) = c(t), \quad t \in \partial D, \quad (5)$$

где $c(t)$ — H -непрерывная функция. Эта задача решается одной квадратурой с ядром (4)

$$F(z) = \frac{1}{2\pi i} \int_{\partial D} c(\tau) S(\tau, z) d\tau. \quad (6)$$

Эта функция аналитична в D , но, вообще говоря, многозначна из-за многозначности ядра (4). Однако при переходе через линию b она остается однозначной, а при переходе через линию a она претерпевает скачок, пропорциональный дифференциалу $dw(\tau)$. Отсюда следует, что равенство

$$\int_{\partial D} c(\tau) dw(\tau) = 0 \quad (7)$$

необходимо и достаточно для однозначности функции (6). Далее, при $z \rightarrow t \in \partial D$ по формуле Сохоцкого имеем:

$$F(t) = c(t) + \frac{1}{2\pi i} \int_{\partial D} c(\tau) S(\tau, t) d\tau. \quad (8)$$

Так как $\tau \in \partial D$, ядро $S(t, \tau)d\tau$ чисто вещественно, интегральный член в (8) – чисто мнимый. Поэтому, выделяя в (8) вещественные части, получаем равенство (5).

Литература

1. Зверович Э.И. Краевые задачи теории аналитических функций в гильбертовских классах на римановых поверхностях // Успехи матем. наук. Т. XXVI. Вып. 1(157), 1971. С. 113–179.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ МЕТОДОМ МОМЕНТНЫХ ОБСЛЕДОВАНИЙ

Г.С. ЕВДОКИМОВА

Смоленский гуманитарный университет, г. Смоленск

Повышение надежности изделий, разработка систем обслуживания и ремонта требуют своевременного получения информации о функционировании их в процессе эксплуатации. В основном применяются два вида сбора информации о надежности: постоянные наблюдения и разовые обследования. При постоянных наблюдениях персонал, эксплуатирующий то или иное изделие, фиксирует все произошедшие отказы по мере их возникновения. В случае разовых обследований отказы оборудования или машин устанавливаются путем периодических опросов эксплуатационников и изучения бухгалтерских и других документов.

Постоянные наблюдения позволяют наиболее точно и полно оценивать надежность машин, однако они имеют наивысшую длительность и трудоемкость. Разовые обследования несколько эффективнее в этом смысле. Однако вследствие плохого ведения документации возникают трудности при установлении наработки изделий. Следовательно, значительная часть информации совсем теряется. В связи с этим актуальным является дальнейшее исследование и разработка таких методов сбора информации о надежности изделий, которые позволяют значительно сократить время и стоимость ее оценки и не зависят от качества ведения технической и бухгалтерской отчетности.

Особенно привлекает внимание идея определения показателей надежности по так называемым мгновенным обследованиям [1]. Под ними здесь понимаются такие обследования, при которых фиксируются лишь состояния машин (работа или отказ) в произвольно взятый момент времени. Проведение таких обследований имеет минимальную трудоемкость и стоимость.

Для применения моментных наблюдений при оценке надежности машин необходимо решить вопрос о виде формул основных показателей надежности.

Очевидно, что отношение фиксируемых отказов к числу рабочих машин в момент наблюдения пропорционально отношению среднего времени восстановления к средней наработке на отказ

$$n_{om}/n_{uc} = t_{в.ср}/t_{ср},$$

где n_{om} – число отказавших машин; n_{uc} – число исправных машин; $t_{в.ср}$ – среднее время восстановления отказа; $t_{ср}$ – средняя наработка на отказ.

Следовательно, средняя наработка на отказ

$$t_{ср} = n_{uc} t_{в.ср} / n_{om}. \quad (1)$$

Коэффициент готовности, обычно записываемый в виде

$$K_2 = t_{ср} / (t_{ср} + t_{в.ср}),$$

после подстановки (1) преобразуется к виду

$$K_2 = n_{uc} / (n_{uc} + n_{om}).$$

Из равенства

$$t_{ср} = 1 / \omega(t)$$

следует, что

$$\omega(t) = n_{om} / n_{uc} t_{в.ср},$$

где $\omega(t)$ – параметр потока отказов.

Среднее число отказов за время t для стационарного потока отказов получается путем умножения параметра потока отказов на время t :

$$m_{ср} = n_{om} t / n_{uc} t_{в.ср}.$$

В случае нестационарного потока отказов оценка может быть получена по нескольким обследованиям [2] с последующей аппроксимацией ее степенной функцией вида

$$\omega(t) = vt^\alpha,$$

где v, α – параметры функции. Указанное выражение позволяет прогнозировать параметр потока отказов для различных моментов времени.

Средний ресурс машины определится из равенства

$$T_{ср} = n_{uc} t_{рем} / n_p,$$

где $t_{рем}$ – среднее время нахождения машины в капитальном ремонте; n_p – число машин, находящихся в капитальном ремонте.

Из анализа приведенных формул видно, что определению подлежит величина $t_{в.ср}$. Эта величина в чистом виде определяется при плановых экспериментальных испытаниях техники. Однако в реальных условиях простой техники определяются не только ее надежностью, но и уровнем организации устранения отказов, поэтому

$$t_{\text{в.ср}} = \kappa t_{\text{в.ср}}^n,$$

где $t_{\text{в.ср}}^n$ – среднее время восстановления отказов на плановых экспериментальных испытаниях; κ – коэффициент, учитывающий потери времени по организационным причинам, который можно определить, сопоставив потери времени на устранение отказов в условиях рядовой эксплуатации и на плановых экспериментальных испытаниях.

Так как метод моментных наблюдений является частным видом выборочного наблюдения, с той лишь разницей, что он служит способом изучения статистических процессов, протекающих во времени, то основная ошибка частоты отказавших машин будет

$$\sigma_n = \sqrt{\theta(1-\theta)/n},$$

где σ_n – средняя ошибка выборочной доли признака; θ – выборочная доля признака; n – объем моментных наблюдений.

При достаточно большом объеме моментных наблюдений с вероятностью P_t можно утверждать, что истинная доля изучаемого признака находится в границах доверительного интервала

$$\theta - t_{\sigma_n} \leq W \leq \theta + t_{\sigma_n},$$

где t_{σ_n} – нормированное отклонение, соответствующее доверительной вероятности.

Литература

1. Химмельблау Д. Анализ процессов статистическими методами. М.: Мир, 1973. 582 с.
2. Гнеденко Б.В., Беляев Ю.К., Соловьев А.Д. Математические методы в теории надежности. М.: Наука, 1965. 379 с.

ЛИНЕЙНОЕ ГИПЕРСИНГУЛЯРНОЕ ИНТЕГРО-ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЕ УРАВНЕНИЕ С ПОСТОЯННЫМИ КОЭФФИЦИЕНТАМИ

Э.И. ЗВЕРОВИЧ

Белорусский государственный университет, г. Минск

e-mail: Zverovich@bsu.by

Пусть $L \subset \mathbb{C}$ – простая гладкая замкнутая кривая, делящая плоскость \mathbb{C} на две области: D^+ и D^- . Пусть $0 \in D^+$, $\infty \in \hat{D}^-$. Имеем $\hat{\mathbb{C}} = D^+ \cup L \cup \hat{D}^-$. Кривой L припишем ориентацию, оставляющую область D^+ слева. Задавая H -непрерывную функцию $f: L \rightarrow \mathbb{C}$, рассмотрим уравнение

$$\sum_{k=0}^n \left[a_k \varphi^{(k)}(t) + b_k \frac{k!}{\pi i} \int_L \frac{\varphi(\tau)}{(\tau-t)^{k+1}} d\tau \right] = f(t), \quad t \in L, \quad (1)$$

где $n \in \mathbb{N}$, $\varphi: L \rightarrow \mathbb{C}$ – неизвестная функция, такая, что $\varphi^{(n)}(t)$ H -непрерывна, а все интегралы понимаются в смысле конечной части по Адамару [1, с. 423-431].

Уравнение (1) может быть решено в явном виде с помощью комбинации метода аналитического продолжения и метода вариации произвольных постоянных. С этой целью вводится новая неизвестная функция Φ , аналитическая при $z \in \hat{\mathbb{C}} \setminus L$:

$$\Phi(z) = \frac{1}{2\pi i} \int_L \frac{\varphi(\tau)}{\tau-z} d\tau, \quad z \in \hat{\mathbb{C}} \setminus L, \quad \Phi(\infty) = 0. \quad (2)$$

Предельные значения слева и справа на L этой функции и ее производных связаны обобщенными формулами Сохоцкого [2]:

$$\begin{cases} \Phi^{(k)}(t^+) - \Phi^{(k)}(t^-) = \varphi^{(k)}(t), \\ \Phi^{(k)}(t^+) + \Phi^{(k)}(t^-) = \frac{k!}{\pi i} \int_L \frac{\varphi(\tau) d\tau}{(\tau-t)^{k+1}}, \end{cases}$$

где $t \in L$, $k = 0, 1, 2, \dots, n$. Используя эти формулы, уравнение (1) можно записать в виде следующей дифференциальной задачи линейного сопряжения с неизвестной функцией Φ :

$$\sum_{k=0}^n \left\{ a_k [\Phi^{(k)}(t^+) - \Phi^{(k)}(t^-)] + b_k [\Phi^{(k)}(t^+) + \Phi^{(k)}(t^-)] \right\} = f(t), \quad t \in L. \quad (3)$$

С помощью интеграла типа Коши с плотностью $f(t)$ представим эту функцию в виде разности $f(t) = f^+(t) - f^-(t)$. Подставляя это в уравнение (3), перепишем его в следующем равносильном виде:

$$\sum_{k=0}^n (a_k + b_k) \Phi^{(k)}(t^+) - f^+(t) = \sum_{k=0}^n (a_k - b_k) \Phi^{(k)}(t^-) - f^-(t), \quad t \in L. \quad (4)$$

Применяя к этому равенству теорему об аналитическом продолжении через линию L , затем теорему Лиувилля, заключаем, что обе части этого равенства должны быть тождественно равными нулю (каждая в своей области). В результате приходим к следующим двум линейным дифференциальным уравнениям с постоянными коэффициентами:

$$\sum_{k=0}^n (a_k + b_k) \Phi^{(k)}(z) = f^+(z), \quad z \in D^+, \quad (5)$$

$$\sum_{k=0}^n (a_k - b_k) \Phi^{(k)}(z) = f^-(z), \quad z \in D^-. \quad (6)$$

Оба эти уравнения разрешимы безусловно и легко решаются в явном виде известным методом вариации произвольных постоянных. За недостатком места здесь их общие решения не выписываем. При

$a_n + b_n \neq 0$ общее решение уравнения (5) зависит линейно от n произвольных постоянных. Сужения на область D^+ всех его решений пригодны для построения решения задачи (3). При $a_n - b_n \neq 0$ общее решение уравнения (6) тоже зависит линейно от n произвольных постоянных. Однако его решение в общем случае оказывается многозначным, к тому же на бесконечности имеющим существенно особую точку. Это заставляет налагать на функцию $f^-(z)$ ограничения, обеспечивающие представимость решений уравнения (6) в виде интеграла (2). В частном случае $f^-(z) \equiv 0$ этим ограничениям удовлетворяет только тривиальное решение уравнения (6) и только в этом случае уравнение (1) разрешимо безусловно и его общее решение зависит линейно от n произвольных постоянных (оно равно сужению общего решения уравнения (5) на линию L). В случае $f^-(z) \neq 0$ требования однозначности решения и отсутствия у него существенно особой точки на бесконечности налагают на функцию $f^-(z)$ бесконечное (счетное) число линейных условий. Выполнение этих условий является критерием разрешимости уравнения (1), а при их выполнении общее решение уравнения (1) зависит линейно от n произвольных постоянных и равно $\varphi(t) = \Phi(t^+) - \Phi(t^-)$, $t \in L$.

Литература

1. Эдвардс Р. Функциональный анализ. Теория и приложения. М.: Мир, 1969.
2. Зверович Э.И. Обобщение формул Сохоцкого, // Труды 4-й конф. АМАДЕ. Т. 1. Минск, 2006. С. 55–56.

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ИЗОТРОПИЗАЦИИ НЕРАВНОВЕСНОЙ ВСЕЛЕННОЙ

Д.Ю. ИГНАТЬЕВ

Татарский государственный гуманитарно-педагогический университет
420021, г. Казань, ул. Межлаук, д.1
e-mail: notime2cry@mail.ru

В ряде предыдущих работ [1] – [4] в предположении восстановления скейлинга взаимодействий элементарных частиц в области сверхвысоких энергий исследовалась неравновесная кинетическая модель однородной изотропной вселенной, впервые предложенная в работах Ю.Г. Игнатъева [1] (см. также [2]). Поскольку первоначальное распределение частиц в неравновесной модели может быть произвольным, то естественно возникает задача и об исследовании эволюции неравновесной модели вселенной с первоначально анизотропным распределением частиц. Такая первоначальная анизотропия распределения при одновременном

требовании его однородности приводит к задаче о космологической эволюции анизотропной однородной модели вселенной, заполненной неравновесной анизотропной однородной плазмой. Заметим, что задача об эволюции однородной анизотропной вселенной, заполненной бесстолкновительным анизотропным газом в случае квазимагвелловского распределения, в 80-х годах частично исследовалась в работе Г.Г.Иванова [5]. Данная работа посвящена построению более полной модели эволюции анизотропной вселенной, заполненной неравновесной плазмой взаимодействующих частиц, и выяснению вопроса о релаксации такой модели к равновесной. Одной из целей работы является также выяснение в рамках данной модели возможности сохранения остаточной анизотропии вселенной при больших временах эволюции.

Найдено точное решение линеаризованного относительно малого параметра неравновесности кинетического уравнения в однородной космологической модели I-го типа Бианки, на основе которого проводится численное моделирование изотропизации вселенной в пакете Maple.

Литература

1. Игнатъев Ю.Г. Известия вузов. Физика, 29. No 2 19 (1986).
2. Ignatyev Yu.G. Gravitation & Cosmology. Vol.13 (2007), No. 1 (49), P. 1-14.
3. Ignatyev Yu.G., Ignatyev D.Yu. Gravitation & Cosmology. Vol. 13 (2007), No. 2 (50), P. 101-113.
4. Ignatyev Yu.G., Ignatyev D.Yu. Gravitation & Cosmology. Vol. 14 (2008), No. 4, P. 309-313.
5. Иванов Г.Г. Известия вузов. Физика, 24, No 53 (1981).

ЛОГАРИФМИЧЕСКИЕ ПОЛЯРНЫЕ КООРДИНАТЫ ДЛЯ РАСЧЁТА РЕЖИМА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ ПРОЦЕДУРАМИ НЬЮТОНОВСКОГО ТИПА

Е.Д. КАРАСЁВ*, Р.Л. ТЯН**

ЗАО Монитор Электрик

357506, а/я 128, Ставропольский край, г. Пятигорск, ул. Подстанционная, 26

* тел.: (4812) 52-53-90, e-mail: karaseb@monitel.ru

** тел.: (48793) 34-94-22, e-mail: tyan@monitel.ru

Расчёт режима электрической сети – важнейшая эксплуатационная задача, связанная с математическим моделированием электроэнергетической системы. При известной матрице Y узловых проводимостей сети требуется решить уравнение баланса токов в узлах

$$\Delta I = YU - I(U) = 0$$

относительно комплекснозначного вектора узловых напряжений U .

Под элементом вектора I тока инъекции в узел понимается разность между мощностями генерации и нагрузки в нём. Нагрузка задаётся статической характеристикой мощности по напряжению: $S(|U|) = P + jQ = \dot{I} \cdot U^*$. Функции модуля и сопряжения являются неаналитическими. Поэтому вектор небалансов оказывается невозможным продифференцировать по вектору напряжения. Это вынуждает в методах 2-го порядка переходить на формулы с действительными и мнимыми частями, модулями и фазами напряжений. Они громоздки, изобилуют тригонометрическими функциями, на их вычисление уходит значительное процессорное время.

В докладе предлагается использовать в качестве искомым переменных не комплексы узловых напряжений, а логарифмы от них – $\text{Ln}(U)$. Это упрощает формулы, предоставляет возможность выполнять значительную часть расчётов в комплексной арифметике. Кроме того, как для обычных полярных координат, при необходимости зафиксировать уровень напряжения в некотором узле можно добавить линейное ограничение, а не квадратичное, как при использовании декартовых координат.

Условимся впредь измерять напряжение каждого узла в долях от его номинального значения. Напряжение в киловольтах U свяжем с напряжением в относительных единицах U формулой $U = U \cdot V_N = V_N \cdot U$, где V_N – диагональная матрица номинальных напряжений. Введённые таким способом относительные единицы гарантируют близость к единице расчётных значений уровней напряжения в нормальных режимах.

Обозначив $Y = V_N Y V_N$ и $I = V_N \cdot I$, получим уравнение баланса в форме

$$\Delta I = YU - I = 0.$$

Матрица Y и вектор токов I в этом уравнении имеют размерность МВ·А.

Ток инъекции, как отмечалось, представляет собою функцию от модуля, т.е. одной из полярных координат напряжения. Вектор же U представлен в декартовых координатах. Так что в каких бы координатах ни выполнялась линеаризация небаланса, придётся дифференцировать одни координаты по другим. Но производной $d(\text{Re}(U) + j\text{Im}(U))/d(|U| + j\text{Arg}(U))$ не существует, и потому всегда дифференцируют не комплекс по комплексу, а действительные величины по действительным. Опишем альтернативу.

Фаза θ напряжения U – это мнимая часть его логарифма, модуль – это экспонента от вещественной части той же аналитической функции:

$$E = \text{Ln}(U)v + j\theta = \ln|U| + j\text{Arg}(U).$$

Таким образом, если вместо модуля напряжения использовать его логарифм, то переход к такого рода полярным координатам из декартовых будет задаваться аналитической функцией. Эти координаты и назовём логарифмическими полярными.

Плоскому старту в этой системе координат соответствует $E=0$.

Заметим, что в отличие от $\ln(U)$, $\text{Ln}(U)$ – это взаимно-однозначная аналитическая функция, правда, определённая не на комплексной плоскости, а на поверхности Римана, склеенной из листов комплексной плоскости по вещественной отрицательной полуоси.

В логарифмических полярных координатах сетевая мощность YU становится дифференцируемой функцией искомых переменных E :

$$\Delta(YU)=\Delta(Ye^E)=Y\Delta(e^E)=Y\text{diag}(e^E)\Delta E=Y\text{diag}(U)\Delta E.$$

Мощность нагрузки, определяющая ток инъекции, – это дифференцируемая функция от $\text{Re}(E)$, а не от E . И потому её нельзя продифференцировать по искомой переменной E . Поэтому будем все компоненты формулы небаланса рассматривать не как комплексные числа, а как вещественные. При этом каждое комплексное число в векторе токов, напряжений, мощностей, в матрице проводимостей можно заменить 2×2 -блоком вида:

$$\begin{bmatrix} a & -b \\ b & a \end{bmatrix} = \underbrace{\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}}_{\mathbf{1}} a + \underbrace{\begin{bmatrix} 0 & -1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}}_{\mathbf{j}} b = \mathbf{1}a + \mathbf{j}b. \quad (1)$$

Алгебра матриц такого вида изоморфна алгебре комплексных чисел $a+jb$ (где a и b – вещественные скаляры).

Для 2×2 -блока (или представляющего его столбца) можно определить операцию комплексного сопряжения, модуля и иные операции, выполняемые над комплексными числами. Будем использовать нотацию, общепринятую для этих операций, не упуская из виду, тем не менее, что имеем дело не с комплексами, а с вещественными векторами.

Поскольку второй столбец матриц такого рода восстанавливается по первому, то в самом правом сомножителе любого произведения можно удерживать только этот столбец и по нему, если нужно, воссоздавать всю матрицу. Оперировать одним столбцом проще, нежели блоком. Так, производная от обычного вектора по обычному вектору – это обычная матрица. А производная от вектора, элементами которого являются 2×2 -блоки, по блочному вектору той же формы – уже четырёхмерная структура. Так что прибегать к подобной нотации следует лишь по мере нужды. И где это возможно, будем комплексный скаляр, представляющий режимный параметр, отображать не 2×2 -блоком, а вещественным 2×1 -столбцом.

Прежде чем выводить формулы для расчёта режима методом Ньютона, получим матричный вариант формул для расчёта производных от произведения блоков, сопоставленных комплексным числам. Для этого введём в рассмотрение трёхмерную матрицу

$$\Gamma_{\alpha}^{\cdot\beta\gamma} = \left[\begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0 & -1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix} \right] = \left[\begin{pmatrix} \Gamma_1^{\cdot11} & \Gamma_1^{\cdot21} \\ \Gamma_2^{\cdot11} & \Gamma_2^{\cdot21} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \Gamma_1^{\cdot12} & \Gamma_1^{\cdot22} \\ \Gamma_2^{\cdot12} & \Gamma_2^{\cdot22} \end{pmatrix} \right],$$

где α – номер строки, β – номер столбца, γ – номер слоя.

Умножение $\Gamma_{\alpha}^{\cdot\beta\gamma} A_{\beta}$ с суммированием по второму индексу переводит вектор в блок 2×2 вида (1) если первый индекс блока сопоставить строке, а второй – столбцу. Умножение $\Gamma_{\alpha}^{\cdot\beta\gamma} A_{\gamma}$ с суммированием по третьему индексу делает то же самое, если первый индекс по-прежнему сохранить за строкой результата.

$$\Gamma_{\alpha}^{\cdot\beta\gamma} A_{\beta} = A_{\alpha}^{\cdot\gamma} \Rightarrow \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix} \rightarrow \begin{bmatrix} a & -b \\ b & a \end{bmatrix} \leftarrow \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix} \Leftarrow A_{\alpha}^{\cdot\beta} = \Gamma_{\alpha}^{\cdot\beta\gamma} A_{\gamma}$$

Получим теперь обычную матричную запись для производной по вектору от произведения комплексных функций, представленных блоками. Пусть левый блок будет матрицей размера 2×2 , а правый – 2×1 -вектором. Их произведение – вектор. Производная от вектора – матрица. Это даёт возможность записать итоговую формулу в матричном виде.

$$\frac{d}{dx_{\sigma}} (A_{\alpha}^{\cdot\gamma} B_{\gamma}) = \frac{d}{dx_{\sigma}} (\Gamma_{\alpha}^{\cdot\beta\gamma} A_{\beta} B_{\gamma}) = \Gamma_{\alpha}^{\cdot\beta\gamma} B_{\gamma} \frac{dA_{\beta}}{dx_{\sigma}} + \Gamma_{\alpha}^{\cdot\beta\gamma} A_{\beta} \frac{dB_{\gamma}}{dx_{\sigma}} = B_{\alpha}^{\cdot\beta} \frac{dA_{\beta}}{dx_{\sigma}} + A_{\alpha}^{\cdot\gamma} \frac{dB_{\gamma}}{dx_{\sigma}}$$

Тензорная запись подразумевает суммирование по индексу, если его буква в одном из сомножителей располагается сверху, а в другом – снизу. Умножение в такой нотации коммутативно. Это и было учтено выше.

Сопоставим индекс α строке левых множителей в обоих слагаемых, а индекс σ – столбцу результата. Тогда производную от произведения комплексных скаляров A и B по вектору x можно будет записать в такой матричной форме:

$$\frac{d(AB)}{dx} \Rightarrow B \frac{dA}{dx} + A \frac{dB}{dx}.$$

Здесь левые множители B и A – 2×2 -блоки вида (1). B и A как объекты дифференцирования – 2×1 -векторы. Индекс переменной дифференцирования сопоставим столбцу. Это даст возможность описать дифференциал произведения матричной формулой

$$d(AB) \Rightarrow \left(B \frac{dA}{dx} + A \frac{dB}{dx} \right) \cdot dx, \quad (2)$$

если вектор dx представить столбцом. Именно так чаще всего и поступают: вектор режимных параметров обычно представляют столбцом.

Получим теперь формулу для расчёта матрицы производных от вещественного вектора узловых токов инъекций, записанного в декартовых координатах, по вещественному вектору узловых напряжений, записанному в логарифмических полярных координатах.

Вектор тока инъеции I любого узла получается как произведение 2×2 -блока, обратного блоку сопряжённого напряжения U^{*-1} этого узла, на сопряжённый вектор мощности инъеции S^* . Применим формулу (2).

$$\begin{aligned} \frac{\partial I}{\partial E} &= \frac{\partial}{\partial E} \left(U^{*-1} \cdot S^* \right) = S^* \cdot \frac{\partial U^{*-1}}{\partial E} + U^{*-1} \cdot \frac{\partial S^*}{\partial E} = S^* \frac{\partial \left(e^{-v+1+j\theta} \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} \right)}{\partial \begin{bmatrix} v \\ \theta \end{bmatrix}} + U^{*-1} \cdot \frac{\partial S^*}{\partial \begin{bmatrix} v \\ \theta \end{bmatrix}} = \\ &= S^* \cdot \left[-e^{-v+1+j\theta} \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} \quad \text{Je}^{-v+1+j\theta} \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} \right] + U^{*-1} \cdot \left[\frac{\partial S^*}{\partial v} \quad 0 \right] = \\ &= S^* \cdot \left[-U^{*-1} \quad \mathbf{j} \cdot U^{*-1} \right] + U^{*-1} \cdot \left[\frac{\partial S^*}{\partial v} \quad 0 \right] = U^{*-1} \cdot \left[\begin{bmatrix} -S^* & \mathbf{j} S^* \end{bmatrix} + \left[\frac{\partial S^*}{\partial v} \quad 0 \right] \right] = U^{*-1} \cdot \overbrace{\left[\begin{matrix} -S^* + \frac{\partial S^*}{\partial v} & \mathbf{j} S^* \end{matrix} \right]}^{S'} \end{aligned}$$

Объединим токи инъеций отдельных узлов в вектор I , а логарифмы напряжений узлов – в вектор E . Поскольку ток инъеции любого узла зависит от напряжения только этого же узла, то частные производные $\partial I / \partial E$ образуют блочно-диагональную матрицу с диагональными блоками вида

$$\frac{\partial I}{\partial E} = U^{*-1} \cdot \overbrace{\left(\begin{matrix} -P + \frac{\partial P}{\partial v} & Q \\ Q - \frac{\partial Q}{\partial v} & P \end{matrix} \right)}^{S'} \quad (3)$$

Получим формулы для производных мощностей, предположив, что статические характеристики нагрузки заданы в форме квадратного полинома от модуля напряжения, измеренного в долях от номинала:

$$\begin{aligned} \frac{\partial P}{\partial v} &= \frac{\partial P}{\partial V} \cdot \frac{\partial V}{\partial v} = \frac{\partial P}{\partial V} \cdot \frac{\partial \exp(v)}{\partial v} = \frac{\partial P}{\partial V} \cdot \exp(v) = \frac{\partial P}{\partial V} \cdot V, \\ \frac{\partial P}{\partial v} &= \frac{\partial}{\partial V} \left[P_{\text{ном}} (c_p + b_p V + a_p V^2) \right] \cdot V = P_{\text{ном}} (b_p + 2a_p V) \cdot V. \end{aligned} \quad (4)$$

Формула для Q аналогична.

Производную по E от первого слагаемого небаланса узловых токов можно рассчитать так:

$$\frac{\partial}{\partial E}(Y \cdot U) = Y \cdot \frac{\partial U}{\partial E} = Y \cdot \frac{\partial(e^E)}{\partial E} = Y \cdot \text{diag}(e^E) = Y \cdot U_d.$$

U_d – блочно-диагональная матрица с диагональными блоками вида (1).

Формально в предыдущем равенстве один вектор был продифференцирован по другому. Поскольку множители были образами комплексных чисел, то, как и следовало ожидать, блоки результирующей матрицы приобрели структуру (1). Заметим, что дифференцирование по обычным полярным координатам породило бы матрицу общей структуры. И на её расчёт пришлось бы затратить гораздо большее время.

Итак, поправку ΔE к напряжениям в логарифмических координатах для метода Ньютона можно рассчитать из уравнения:

$$(Y \cdot U_d - \partial I / \partial E) \cdot \Delta E = -(Y \cdot U - I),$$

или, что то же самое, по формуле:

$$(Y \cdot U_d - U_d^{-1} \cdot S') \cdot \Delta E = -(Y \cdot U - U_d^{-1} \cdot \check{S}). \quad (5)$$

$\partial I / \partial E$ и S' – блочно-диагональные матрицы. Их диагональные блоки рассчитываются по формулам (3)–(4).

Тригонометрические функции в формуле (5) отсутствуют. Вместо них для каждого узлового напряжения нужно рассчитать $U=e^E$, т.е. вычислить единственную комплексную экспоненту. Это требует гораздо меньшего времени, чем на расчёт матрицы Якоби в обычных полярных координатах, – там тригонометрические функции пришлось бы вычислять и для недиагональных блоков.

Компоненты формулы (5) вычисляются с максимальным привлечением комплексной арифметики. Это касается расчёта $Y \cdot U_d$, $Y \cdot U$. Полученные комплексы затем трансформируются в вещественные блоки. Расчёт диагональных блоков $\partial I / \partial E$ по формулам (3)–(4) и их вычитание из диагональных блоков $Y \cdot U_d$ выполняется, конечно, в вещественной арифметике, равно как и последующее решение системы линейных уравнений.

Расчёт режима сети в логарифмических полярных координатах был реализован в режимном тренажёре диспетчера Финист. Промышленная и опытно-промышленная эксплуатация его в ОДУ и Исполнительном аппарате Системного Оператора ЕЭС России продемонстрировала высокую надёжность и скорость расчёта режима. Эти координаты использу-

ются для расчёта состояния системы на момент начала тренировки, а также при расчёте переходных процессов в модели среднего движения, не учитывающей взаимных качаний роторов синхронных машин. Применение этой системы координат представляется перспективным для расчёта нормальных установившихся режимов и в иных прикладных целях.

Однако рассчитывать режимы коротких замыканий в логарифмической полярной системе координат нецелесообразно. Причина состоит в вероятной глубокой просадке напряжений. По мере уменьшения сопротивления закоротки надёжность сходимости будет ухудшаться. А при металлическом замыкании на шинах, представленном узлом в расчётной модели, расчёт окажется невозможным, поскольку

$$v = \operatorname{Re}(\operatorname{Ln}(V \rightarrow 0)) \rightarrow -\infty.$$

ПОСТРОЕНИЕ ПОЛИНОМИАЛЬНОГО РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ДИРИХЛЕ ДЛЯ УРАВНЕНИЯ ПУАССОНА С ПОМОЩЬЮ ФОРМУЛЫ АЛЬМАНСИ

В.В. КАРАЧИК, Н.А. АНТРОПОВА

Южно-Уральский государственный университет
454080 г. Челябинск, пр. им. В.И. Ленина, 76
тел. (351) 2679971; e-mail: Nataly_a_a_7@mail.ru

Хорошо известно классическое представление Альманси для полигармонических функций, которое успешно применяется для построения решений модельных задач для бигармонического и полигармонического уравнений. В работах [1-3] конечное представление Альманси распространено на аналитические функции действительных переменных. Имеются также работы, посвященные обобщению представления Альманси на дифференциальные операторы, отличные от оператора Лапласа [4].

В настоящей работе представления Альманси применяются для построения решений задачи Дирихле для уравнения Пуассона в единичном шаре. В [5, 6] уже была сделана попытка построения полиномиальных решений уравнения Пуассона $\Delta u(x) = Q(x)$ и полигармонического уравнения $\Delta^m u(x) = Q(x)$, где $Q(x)$ – произвольный полином. Хорошо известна функция Грина $G(x, \xi)$ задачи Дирихле в шаре, а поэтому с теоретической точки зрения построение решения такой задачи не представляет интереса. Однако при полиномиальной правой части $Q(x)$ и полиномиальном граничном значении $u|_{|x|=1} = P(x)$ решение $u(x)$ задачи Дирихле оказывается полиномиальным, для его нахождения необходимо вычислять сингулярный интеграл

$$u(x) = -\frac{1}{\omega_n} \int_{|x|<1} G(x, \xi) Q(\xi) d\xi, \quad (1)$$

где $G(x, \xi) = E(x, \xi) - E(|x| \xi, x/|x|)$, $E(x, \xi) = (n-2)^{-1} |\xi - x|^{2-n}$ ($n > 2$), а ω_n – площадь единичной сферы в \mathbb{R}^n .

Сначала рассмотрим однородную краевую задачу для уравнения Пуассона в единичном шаре $\Omega = \{x \in \mathbb{R}^n : |x| < 1\}$:

$$\Delta u(x) = Q(x), x \in \Omega, \quad u_{|x|=1} = 0, \quad (2)$$

с полиномиальной правой частью $Q(x)$ и при $n > 2$.

Теорема 1. *Решение задачи (2) можно записать в виде*

$$u(x) = \frac{|x|^2 - 1}{2} \int_0^1 \sum_{s=0}^{\infty} \frac{(1-t|x|^2)^s (1-t)^s}{(2s+2)!!(2s)!!} \Delta^s Q(tx) t^{n/2-1} dt. \quad (3)$$

Пример 1. Пусть в задаче (2) $Q(x) = x_i$, а значит, $m=1$. Тогда в сумме из формулы (3) будет только один член $s=0$. Поэтому

$$u(x) = \frac{|x|^2 - 1}{2} x_i \int_0^1 \frac{t^{n/2}}{2} dt = x_i \frac{|x|^2 - 1}{2(n+2)},$$

что несомненно верно: $\Delta u(x) = x_i$ и $u_{|x|=1} = 0$.

Замечание 1. Формула (3) является аналогом формулы (1), записанной в случае полиномиальных функций $Q(x)$.

Теперь рассмотрим неоднородную задачу Дирихле для уравнения Лапласа в шаре

$$\Delta v(x) = 0, x \in \Omega, \quad v_{|x|=1} = P(x), \quad (4)$$

с полиномиальным граничным значением $P(x)$ и при $n > 2$.

Справедливо следующее утверждение, дополняющее теорему 1.

Теорема 2. *Решение задачи (4) можно записать в виде*

$$v(x) = P(x) - \frac{|x|^2 - 1}{2} \int_0^1 \sum_{s=0}^{\infty} \frac{(1-t|x|^2)^s (1-t)^s}{(2s+2)!!(2s)!!} \Delta^{s+1} P(tx) t^{n/2-1} dt. \quad (5)$$

Пример 2. Пусть в задаче (4) $P(x) = x_i^2$. Тогда в сумме из формулы (5) тоже будет только один член $s=0$. Поэтому

$$v(x) = x_i^2 - \frac{|x|^2 - 1}{2} \int_0^1 \frac{2t^{n/2-1}}{2} dt = x_i^2 - \frac{|x|^2 - 1}{n},$$

что верно, поскольку $\Delta v(x) = 2 - 2n/n = 0$ и $(v(x) - x_i^2)_{|x|=1} = 0$.

Литература

1. Карачик В.В. Об одном представлении аналитических функций гармоническими // Математические труды. 10:2 (2007). С. 142–162.
2. Карачик В.В. Об одном разложении типа Альманси // Математические заметки. 83:3 (2008). С. 370–380.
3. Карачик В.В., Антропова Н.А. О разложениях типа Альманси // Известия Челябинского научного центра, N 1(35). 2007. С. 37–42.
4. Карачик В.В. Разложения типа Альманси для операторов второго порядка // Известия Челябинского научного центра, N 1(43). 2009. С. 16–21.
5. Карачик В.В., Антропова Н.А. Об одном методе решения уравнения Пуассона // Вестник ЮУрГУ, Серия: Математика, физика, химия. 2007. Вып. 9. N 19(91). С. 22–29.
6. Карачик В.В., Антропова Н.А. О решении неоднородного полигармонического уравнения и неоднородного уравнения Гельмгольца // Дифференциальные уравнения. 2010. Т. 46, № 3. С. 384–395.

О ВЕЩЕСТВЕННЫХ КОЭФФИЦИЕНТАХ ФУНКЦИЙ ИЗ КЛАССА $\tilde{K}_n^R(E)$

Э.Г. КИРЬЯЦКИЙ

Вильнюсский технический университет им. Гедиминаса, г. Вильнюс
e-mail: eduard.kiryatzkii@takas.lt

Обозначим через $\tilde{K}_n^R(E)$ класс голоморфных в единичном круге E функций

$$F(z) = z^n + \sum_{k=2}^{\infty} a_{k,n} z^{n+k-1}, \quad (1)$$

где $a_{k,n}$, $k = 2, 3, 4, \dots$ – вещественные коэффициенты.

Теорема. Пусть $F(z)$ – любая функция вида (1) из класса $\tilde{K}_n^R(E)$. Тогда для коэффициентов этой функции справедливы оценки

$$|a_{k,n}| \leq \frac{n+2k-1}{n+1}, \quad k = 2, 3, 4, \dots \quad (2)$$

Знаки равенства в (2) реализуются функцией

$$\Phi_n(z) = z^n + \sum_{k=2}^{\infty} \frac{n+2k-1}{n+1} z^{n+k-1},$$

принадлежащей классу $\tilde{K}_n^R(E)$.

ТЕОРЕМА ДВОЙСТВЕННОСТИ ДЛЯ СРЕДНИХ В k -МЕРНОМ ЕВКЛИДОВОМ ПРОСТРАНСТВЕ

Э.Г. КИРЬЯЦКИЙ

Вильнюсский технический университет им. Гедиминаса, г. Вильнюс
e-mail: eduard.kiriyatzkii@takas.lt

Пусть M_1, M_2, \dots, M_n точки k -мерного шара W с центром в начале координат радиуса R и T – граница шара. Определим средние s -того порядка по формулам

$$\Omega_n(s; M_1, \dots, M_n) = \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \rho^s(M; M_i) \right)^{\frac{1}{s}}, \quad s \neq 0,$$

$$\Omega_n(s; M_1, \dots, M_n) = \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \rho(M; M_i) \right)^{\frac{1}{n}}, \quad s = 0,$$

где $M \in T$ и $\rho(M; M_i)$ – обычное расстояние между двумя точками в k -мерном евклидовом пространстве.

Теорема. (Двойственность). Если $k + s = 2$, то

$$\min_{M_1, \dots, M_n \in W} \max_{M \in T} \Omega_n(s; M_1, \dots, M_n) = \max_{M_1, \dots, M_n \in W} \min_{M \in T} \Omega_n(s; M_1, \dots, M_n) = R.$$

Имеются примеры, которые показывают, что если $k + s \neq 2$, то двойственность не всегда имеет место.

СУЩЕСТВЕННЫЕ СПЕКТРЫ ФРЕДГОЛЬМА И БРАУДЕРА ОПЕРАТОРА ВЗВЕШЕННОГО СДВИГА В БАНАХОВОЙ АЛГЕБРЕ ОГРАНИЧЕННЫХ ОПЕРАТОРОВ

М. В. МАРТОН

Белорусский государственный университет
220050, г. Минск, пр. Независимости, 4
e-mail: marton_m@mail.ru

Данная работа посвящена нахождению существенных спектров Фредгольма и Браудера оператора взвешенного сдвига $T: l_1 \rightarrow l_1$, $Tx = (0, a_1x_1, a_2x_2, \dots)$ в банаховой алгебре ограниченных линейных операторов $\mathbf{B}(l_1)$, который обозначается $\sigma_{\text{eb}}(T)$. Рассматриваются четыре классификации всех операторов взвешенного сдвига T в зависимости от последовательности весов a_k следующих типов:

- a) $\forall k, a_k \neq 0$ и $\inf |a_k| > 0$;
- b) $\forall k, a_k \neq 0$ и $\inf |a_k| = 0$;
- c) $\exists a_k = 0$ и число нулей среди весов a_k конечно;
- d) $\exists a_k = 0$ и число нулей среди весов a_k бесконечно.

Существенные спектры Фредгольма и Браудера, а также другие существенные спектры оператора T описываются с помощью тонкой структуры этого оператора, которая подробно исследована в работе [1].

Различаются следующие возможности для области значений $R(T)$ и левого обратного T^{-1} : **I.** $R(T) = I_1$; **II.** $R(T) \neq I_1$, но $\text{cl}(R(T)) = I_1$; **III.** $\text{cl}(R(T)) \neq I_1$; и **1.** $\exists T^{-1}$ и ограничен; **2.** $\exists T^{-1}$ и неограничен; **3.** T^{-1} не существует, cl – замыкание множества.

Таким образом, каждый оператор попадает в один из девяти непесекающихся классов операторов, определяемых тремя возможностями для его области значений и его левого обратного. Состоянием оператора называются описанные классы, которые обозначаются с помощью римских и арабских чисел рассмотренной классификации. Например, если $T \in I$, т.е. $R(T) = I_1$, и $T \in 3$, т.е. T^{-1} не существует, то мы объединяем это в виде записи $T \in I_3$. Для описания тонкой структуры спектра ограниченного оператора из $\mathbf{B}(I_1)$ воспользуемся свойствами «состояния оператора $T - \lambda I$ ». Для этого введем, связанные с состояниями оператора, спектральные подмножества. Например, спектральное подмножество $\Pi_3(T)$ по определению означает, что $\Pi_3(T) := \{\lambda \in \mathbb{C} : T - \lambda I \in \Pi_3\}$ (см. подробности в книге [2]).

Рассмотрим следующие подмножества комплексной плоскости \mathbb{C} :

$$\Delta_1(T) = \{\lambda \in \mathbb{C} : \overline{R(T - \lambda I)} = R(T - \lambda I)\},$$

$$\Phi^+(T) = \{\lambda \in \Delta_1(T) : \text{nul}(T - \lambda I) < \infty\}, \quad \Phi^-(T) = \{\lambda \in \Delta_1(T) : \text{def}(T - \lambda I) < \infty\},$$

$$\Delta_2(T) = \Phi^+(T) \cup \Phi^-(T) = s\text{-}\Phi(T), \quad \Delta_3(T) = \Phi^+(T) \cap \Phi^-(T) = \Phi(T),$$

$$\Delta_4(T) = \{\lambda \in \Delta_3(T) : \text{ind}(T - \lambda I) = 0\} = \Phi_0(T),$$

$$\Delta_5(T) = \{\lambda \in \Delta_4(T) : \text{проколота́я окрестность точки } \lambda \text{ лежит в резольвентном множестве } \rho(T)\} = V(T).$$

Пусть $T \in \mathbf{B}(X)$ – ограниченный линейный оператор, тогда каждое из следующих подмножеств спектра $\sigma(T)$: $\sigma_{\text{ef}}(T) = \mathbb{C} \setminus \Delta_3(T)$, $\sigma_{\text{eb}}(T) = \mathbb{C} \setminus \Delta_5(T)$, – называется существенным спектром Фредгольма и Браудера оператора T .

Во всех четырех случаях спектр оператора взвешенного сдвига T равен $\sigma(T) = \Pi_2(T) \cup \Pi_1(T) \cup \Pi_2(T) \cup \Pi_3(T) = \{\lambda \in \mathbb{C} : |\lambda| \leq r_\sigma\}$, где r_σ – спектральный радиус, равный

$$r_{\sigma} = \lim_{k \rightarrow \infty} (\sup_{m \geq 1} |a_m \dots a_{m+k-1}|)^{1/k}.$$

В случае а) существенный спектр Фредгольма равен $\sigma_{\text{ef}}(T) = \Pi_2(T) \cup \Pi_3(T) = \sigma(T) \setminus \Pi_1(T) = \{\lambda \in \mathbf{C}: r_2' \leq |\lambda| \leq r_{\sigma}\}$, а для существенного спектра Браудера справедливо равенство $\sigma_{\text{eb}}(T) = \Pi_2(T) \cup \Pi_1(T) \cup \Pi_3(T) = \sigma(T) = \{\lambda \in \mathbf{C}: |\lambda| \leq r_{\sigma}\}$. В этом случае спектральное подмножество $\Pi_1(T)$ имеет вид $\Pi_1(T) = \{\lambda \in \mathbf{C}: |\lambda| < r_2'\}$, спектральное подмножество $\Pi_3(T)$ пустое, и для r_2' справедливо следующее представление:

$$r_2' = \sup_{k \geq 1} [(\inf_{m \geq 2} |a_m \dots a_{m+k-1}|)]^{1/k},$$

В случае б) существенные спектры Фредгольма и Браудера совпадают со спектром оператора T и справедливо равенство $\sigma_{\text{ef}}(T) = \sigma_{\text{eb}}(T) = \Pi_2(T) \cup \Pi_3(T) = \sigma(T) = \{\lambda \in \mathbf{C}: |\lambda| \leq r_{\sigma}\}$. В этом случае спектральные подмножества $\Pi_1(T)$ и $\Pi_3(T)$ пустые.

В случае в) существенные спектры оператора T имеют следующее представление. Если $\inf\{|a_n|: n \geq k+1\} > 0$, где a_k – последний нулевой вес, то тогда существенный спектр Фредгольма равен $\sigma_{\text{ef}}(T) = \Pi_2(T) \cup \Pi_3(T) = \sigma(T) \setminus \{\Pi_1(T) \cup \Pi_3(T)\} = \{\lambda \in \mathbf{C}: r_2 \leq |\lambda| \leq r_{\sigma}\}$, а если $\inf\{|a_n|: n \geq k+1\} = 0$, то имеем $\sigma_{\text{ef}}(T) = \Pi_2(T) \cup \Pi_3(T) \cup \Pi_3(T) = \sigma(T) \setminus \Pi_1(T) = \{\lambda \in \mathbf{C}: r_2 \leq |\lambda| \leq r_{\sigma}\} \cup \{0\}$. Существенный спектр Браудера совпадает со спектром оператора T и справедливо равенство $\sigma_{\text{eb}}(T) = \Pi_2(T) \cup \Pi_1(T) \cup \Pi_3(T) \cup \Pi_3(T) = \sigma(T) = \{\lambda \in \mathbf{C}: |\lambda| \leq r_{\sigma}\}$. В этом случае спектральное подмножество $\Pi_1(T)$ имеет вид $\Pi_1(T) = \{\lambda \in \mathbf{C}: 0 < |\lambda| < r_2\}$, а спектральное подмножество $\Pi_3(T)$ состоит из одной точки, т.е. $\Pi_3(T) = \{0\}$, и r_2 имеет следующее представление:

$$r_2 = \sup_{k \geq 1} [(\inf_{m \geq j+2} |a_m \dots a_{m+k-1}|)]^{1/k}, \text{ а } j = \max\{k \geq 1: a_k = 0\}.$$

В случае д) существенные спектры Фредгольма и Браудера, как и в случае б), совпадают со спектром оператора T , отличие состоит лишь в тонкой структуре спектра этого оператора, и для них справедливо следующее равенство $\sigma_{\text{ef}}(T) = \sigma_{\text{eb}}(T) = \Pi_2(T) \cup \Pi_3(T) = \sigma(T) = \{\lambda \in \mathbf{C}: |\lambda| \leq r_{\sigma}\}$. В этом случае спектральные подмножества $\Pi_1(T)$ и $\Pi_2(T)$ пустые.

Литература

1. Мартон М.В. Тонкая структура спектра оператора взвешенного сдвига в банаховом пространстве последовательностей // Веснік МДУ імя А.А. Куляшова. 2002. №2–3.
2. Ерошенко В.А. Функциональный анализ: спектральные и фредгольмовы свойства линейных операторов / В.А. Минск: БГУ, 2002. 144 с.

НЕКОТОРЫЕ СВОЙСТВА h -ОДНОРОДНЫХ ПРОСТРАНСТВ

С.В. МЕДВЕДЕВ

Южно-Уральский государственный университет
454080, г. Челябинск, пр. Ленина, 76
тел.: (351)2679971; e-mail: medv@is74.ru

В математике применяются разные варианты понятия однородного пространства. В рамках общей топологии пространство X называется *однородным*, если для любых двух точек x, y из этого пространства существует такой гомеоморфизм $f: X \rightarrow X$, что $f(x) = y$. Таким образом, в однородном пространстве нет особенностей и окрестности любых точек устроены одинаково. Мы ограничимся классом метрических нульмерных (в смысле \dim) пространств. Нульмерное метрическое пространство X называется *h -однородным* (термин предложен А.В. Островским), если в X любое непустое открыто-замкнутое подмножество гомеоморфно всему пространству X . Отсюда следует, что в таком пространстве любые два открыто-замкнутых подмножества будут гомеоморфны между собой. Несложно доказать, что каждое метрическое нульмерное h -однородное пространство является и однородным пространством. Обратное утверждение неверно.

На первый взгляд кажется, что свойства h -однородных пространств похожи на свойства нульмерных топологических групп. Однако ван Милл построил сепарабельную топологическую группу G , в которой для любых двух разных элементов существует ровно один автогомеоморфизм группы, переводящий один элемент в другой. Из единственности такого преобразования вытекает, что G не является h -однородным пространством, так как в h -однородном пространстве одну точку можно перевести в другую различными способами (за счет выбора разных окрестностей точек). С другой стороны, несложно построить h -однородное пространство (оно получается в результате объединения специальным образом пространства иррациональных и пространства рациональных чисел), на котором нельзя ввести структуру топологической группы.

Перечислим некоторые свойства h -однородных пространств. Обозначим через ω множество целых неотрицательных чисел $\{0, 1, 2, 3, \dots\}$.

Теорема 1. Пусть даны два h -однородных пространства X_1 и X_2 . Тогда декартово произведение $X_1 \times X_2$ является h -однородным пространством.

Теорема 2. Пусть X_i – h -однородное пространство для каждого $i \in \omega$. Тогда произведение $\prod\{X_i : i \in \omega\}$ является h -однородным пространством.

Теорема 3. Пусть дано нульмерное метрическое пространство X , которое представимо в виде объединения пространства первой кате-

гории и абсолютного G_δ -множества. Тогда X^ω будет h -однородным пространством.

Для нульмерного метрического пространства X рассмотрим класс пространств $\sigma LF(X) = \{Y: Y = \cup\{Y_i: i \in \omega\}$, где каждое Y_i – замкнутое подмножество в Y , причем любая точка $y \in Y_i$ имеет окрестность, гомеоморфную некоторому замкнутому подмножеству из $X\}$.

Теорема 4. Пусть дано нульмерное метрическое пространство X и дан кардинал k такой, что $w(X) \leq k$. Тогда существует единственное (с точностью до гомеоморфизма) такое h -однородное пространство Z первой категории и веса k , что $Z \in \sigma LF(X)$ и любое непустое открыто-замкнутое множество из Z содержит замкнутое подмножество, гомеоморфное пространству X .

Пространство Z из теоремы 4 назовем h -однородным расширением пространства X веса k в классе пространств первой категории и обозначим через $h(X, k)$. Например, для канторова множества C и кардинала $k = \omega$ пространство $h(C, \omega)$ гомеоморфно произведению $Q \times C$, где Q – пространство рациональных чисел.

Теорема 5. Пусть пространство $Y \in \sigma LF(X)$ для нульмерного метрического пространства X и дан кардинал k такой, что $k \geq \max\{w(X), w(Y)\}$. Тогда Y гомеоморфно замкнутому подмножеству из $h(X, k)$.

Теоремы 4 и 5 показывают, что между понятиями h -однородности и универсальности (относительно вложений) пространств имеется тесная связь.

Замечание. Теоремы 1-5 получены автором. Исследованием свойств h -однородных пространств занимались А.В. Островский, ван Милл и ряд других ученых.

РЕШЕНИЕ ЧЕТЫРЕХЭЛЕМЕНТНОЙ ЗАДАЧИ МАРКУШЕВИЧА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПАКЕТА MAPLE¹

А.А. ПАТРУШЕВ, В.М. АДУКОВ

Южно-Уральский государственный университет
454080, г. Челябинск, пр. имени В.И. Ленина, 76.
тел. (351)2679317; e-mail: avm@susu.ac.ru

Пусть Γ – единичная окружность, D_+ – открытый единичный круг, D_- – дополнение замкнутого единичного круга в расширенной ком-

¹ Работа выполнена при поддержке РФФИ-Урал, проект №10-01-96005.

плексной плоскости. Четырехэлементная задача Маркушевича (см., например, [1]) – это задача отыскания кусочно аналитической функции $\varphi(z)$, граничные значения которой на контуре Γ удовлетворяют следующему условию сопряжения

$$a(t)\varphi_+(t) + b(t)\overline{\varphi_+(t)} = c(t)\varphi_-(t) + d(t)\overline{\varphi_-(t)} + f(t).$$

Здесь $a(t)$, $b(t)$, $c(t)$, $d(t)$, $f(t)$ – гельдеровские на Γ функции, причем $\delta(t) = \overline{a(t)c(t)} - b(t)\overline{d(t)} \neq 0$ всюду на Γ .

В работе предложен алгоритм точного решения этой задачи средствами компьютерной математики. Здесь под точным решением мы понимаем решение, которое использует вычисления в рациональной арифметике. Это налагает следующие ограничения на коэффициенты задачи:

- а) $a(t)$, $b(t)$, $c(t)$, $d(t)$, $f(t)$ – рациональные функции, у которых коэффициенты при степенях t принадлежат полю $\mathbb{Q}(i)$,
- б) нули функции $\delta(t)$ принадлежат $\mathbb{Q}(i)$,
- с) полюсы $a(t)$, $b(t)$, $c(t)$, $d(t)$, $f(t)$ – также числа из $\mathbb{Q}(i)$.

Алгоритм включает: сведение задачи Маркушевича к матричной задаче Римана с рациональными коэффициентами; построение канонической матрицы задачи Римана с помощью ранее разработанной процедуры ExactFactorization [2]; построение базиса пространства симметричных решений однородной матричной задачи Римана; нахождение симметричного частного решения неоднородной задачи Римана в случае, когда оно существует. По найденным решениям задачи Римана в классе симметричных вектор-функций восстанавливается базис пространства решений однородной задачи Маркушевича и частное решение неоднородной задачи.

Была создана процедура ExactMarkushevich4, реализующая вышеуказанный алгоритм.

Процедуре ExactMarkushevich4 передаются следующие параметры: коэффициенты $a(t)$, $b(t)$, $c(t)$, $d(t)$ и свободный член $f(t)$.

Приведем пример обращения к процедуре.

```
>with(LinearAlgebra) :
>a:=1;c:=1;b:=0; d:=(1+3*t^3)/t^4;f:=t;
>ExactMarkushevich4(a,b,c,d,f);
```

Процедура ExactMarkushevich4 возвращает: размерность l над полем \mathbb{R} пространства решений однородной задачи; базис этого пространства, если оно нетривиально; число p условий разрешимости неоднородной задачи и частное решение, если задача разрешима.

Литература

1. Литвинчук Г.С. Краевые задачи и сингулярные интегральные уравнения со сдвигом. М.: Наука, 1977. 448 с.
2. Адуков В.М. О явном решении задачи факторизации Винера-Хопфа средствами компьютерной математики // Системы компьютерной математики и их приложения: материалы международной конференции. Смоленск, 2008. Вып. 9. С. 15-17.

ПРИМЕНЕНИЕ MAPLE В ПОСТРОЕНИИ ВЫПУКЛЫХ ПРОДОЛЖЕНИЙ И ОПТИМИЗАЦИИ ПОЛИНОМОВ НА ЕВКЛИДОВЫХ КОМБИНАТОРНЫХ МНОЖЕСТВАХ

О.С. ПИЧУГИНА

Полтавский национальный технический университет им. Ю. Кондратюка,
г. Полтава, пр. Первомайский 24
тел. 380679512992; e-mail: pichugina_os@mail.ru

Рассмотрим задачу оптимизации многочленов на комбинаторных множествах:

$$z = f(x) \underset{M}{\rightarrow} \text{extr}, \quad (1)$$

$$f(x) = P_k(x) = \sum_{i=0}^k a_i x^i, \quad a_k \neq 0 \quad (2)$$

(M – евклидово комбинаторное множество (ЕКМ) определенных n -выборок из мультимножества $G = \{g_i\}_{i \in J_n}$, $J_n = \{1, \dots, n\}$).

Актуальность ее объясняется и тем, что немало практических задач моделируется в виде (1)–(2). Кроме того, произвольная непрерывная функция может быть как угодно близко приближена полиномом. Таким образом, решение задачи (1)–(2) позволяет решить и более общую задачу (1).

Одним из подходов к решению задачи (1) является погружение M в пространство R^n : $M \rightarrow E \subset R^n$ и переход к задаче оптимизации в пространстве:

$$z = f(x) \underset{E}{\rightarrow} \text{extr}. \quad (3)$$

Этот переход позволяет рассматривать релаксацию условия комбинаторности: $E \rightarrow \Pi = \text{conv}(E) \subset R^n$ и дальнейшее рассмотрение:

$$z = f(x) \underset{\Pi}{\rightarrow} \text{extr}. \quad (4)$$

Если целевая функция линейная ($k = 1$), решение (4) автоматически

дает решение и исходной (1). В случае же даже квадратичной функции ($k = 2$), если полином не выпуклый, экстремумов может быть сколько угодно и на E , и на Π . Если же полином выпуклый, то минимум единственный, хотя и достигается в произвольной точке многогранника; локальных максимумов может быть несколько, но все они достигаются в вершине, т.е. решение задачи максимизации на Π дает решение (1).

Оказывается, для произвольного полинома вида (2), определенного на E , можно построить выпуклый полином $F(x) = Q_k(x)$ такой, что $f(x) = F(x)$. $F(x)$ называется выпуклым продолжением (ВП) $f(x)$ на E . Теперь вместо (1) рассматривается:

$$z = F(x) \xrightarrow{E} \text{extr} . \quad (5)$$

Алгоритмы построения ВП известны для вершинно расположенных ЕКМ, таких как перестановки, полиперестановки и отдельные классы размещений. В частности, для квадратичных полиномов ВП выписывается в явном виде. В общем же случае построение ВП требует массу рутинных вычислений и преобразований, которые удастся автоматизировать с использованием систем компьютерной математики, в частности Maple.

Приведем схему построения ВП многочлена на множестве перестановок $E = E_{nk}(G)$ упорядоченных n -выборок из мультимножества $G = \{g_i\}_{i \in J_n}$, k элементов которого различны и $g_i \leq g_{i+1}$, $i \in J_{n-1}$, $g_1 \geq 0$.

Шаги алгоритма, реализуемые процедурами в Maple следующие.

1. Выделение слагаемых в (2) и их знаков:

$$f(x) = P_k(x) = \sum_{i=1}^m a_i f_i(x) = \sum_{i=1}^m |a_i| \cdot \text{sgn}(a_i) \cdot f_i(x), \quad (6)$$

$$f_i(x) = \prod_{j=1}^n x_j^{k_{ij}}, \quad k_{ij} \geq 0, \quad i \in J_m, \quad j \in J_n. \quad (7)$$

2. По каждому слагаемому определение числа переменных:

$$\forall i \in J_m \quad l_i : l_i = |I_i|, \quad f_i(x) = \prod_{j \in I_i} x_j^{k'_{ij}}, \quad k'_{ij} > 0 \quad \forall j \in I_i. \quad (8)$$

3. Снижение степени отдельных слагаемых:

$$\text{если } i \in J_m : l_i = n, \quad I_i = J_n, \quad k'_{ij} = k_{ij} \quad (j \in J_n); \quad K_i = \min_{j \in J_n} (k'_{ij}) > 0;$$

$$f_i(x) = \prod_{j=1}^n x_j^{k_{ij}} \rightarrow f_i(x) = \prod_{i=1}^n g_j^{K_i} \prod_{j=1}^n x_j^{k''_{ij}}, \quad k''_{ij} = k_{ij} - K_i, \quad j \in J_n, \quad i \in J_m.$$

4. Разбиение $f_i(x)$, $i \in J_m$ на множители $f_i'(x)$, $f_i''(x)$ по $l_i' = \lceil (l_i + 1)/2 \rceil$, $l_i'' = \lfloor l_i / 2 \rfloor$ переменных в каждом:

$$f(x) = \sum_{i=1}^m |a_i| \cdot \operatorname{sgn}(a_i) \cdot f_i'(x) \cdot f_i''(x). \quad (9)$$

5. В зависимости от знака слагаемого (9) замена:

$$\operatorname{sign}(a_i) = 1, \quad a_i \cdot f_i'(x) \cdot f_i''(x) = \frac{|a_i|}{2} \cdot \left[\left(f_i'(x) + f_i''(x) \right)^2 - f_i'^2(x) - f_i''^2(x) \right], \quad (10)$$

$$\operatorname{sign}(a_i) = -1, \quad a_i \cdot f_i'(x) \cdot f_i''(x) = \frac{|a_i|}{2} \cdot \left[\left(f_i'(x) - f_i''(x) \right)^2 - f_i'^2(x) - f_i''^2(x) \right]. \quad (11)$$

Шаги 1-5 повторяются, пока разбиение возможно, т.е. пока не останутся слагаемые вида $b \cdot x_j^r$, $r \in \mathbb{N}$.

6. Анализ выражения и формирование ВП: а) функция $b \cdot x_j^r$, $b > 0$ выпукла на G ; б) функция $b \cdot x_j^r$, $b < 0$ – нет, для построения ВП используют свойства перестановок:

$$-x_j^r = \sum_{i \neq j} x_i^r - B_r, \quad B_r = \sum_{i=1}^n x_i^r. \quad (12)$$

7. Раскрытие скобок и упрощение выражения, полученного ОП.

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ РЕШЕНИЙ СИСТЕМЫ УРАВНЕНИЙ В ОДНОМ ИЗ КРИТИЧЕСКИХ СЛУЧАЕВ

Л.А. ПОПЛАВСКАЯ, Г.А. ВЕЛИГУРСКИЙ, Р.Э. САДКОВА

Белорусский государственный университет
220119, г. Минск, ул. Тикоцкого, 36-24
тел.: 263-37-86; e-mail: poplaskaya@gmail.com

Изучается аналитическая структура решений, остающихся при всех $t \geq t_0$ или $t \leq t_0$ в достаточно малой окрестности начала координат системы

$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = y + f_1(x, y, z), \\ \frac{dy}{dt} = f_2(x, y, z), \\ \frac{dz}{dt} = Az + F(x, y, z) \end{cases}$$

с голоморфными в окрестности начала координат скалярными f_1 и f_2 и

n -мерной векторной F функциями, не содержащими в своих разложениях по степеням x, y и компонент вектора z членов ниже второго порядка в случае двух нулевых корней и непростого элементарного делителя характеристического уравнения и с постоянной матрицей A , имеющей n собственных чисел с отрицательными вещественными частями, сведением ее к удобной для исследования системе, в которой

$$f_1(x, y, z) = P_m(x, y) + \varphi_1(x, y, z),$$

$$f_2(x, y, z) = Q_m(x) + Q_{m-1}(x)y + Q_{m-2}(x,y)y^2 + \varphi_2(x, y, z),$$

где φ_1, φ_2, F – голоморфные в окрестности начала координат функции, не содержащие в своих разложениях по степеням x, y и компонент вектора z членов ниже m -го порядка, $m > 1$, причем m можно взять произвольно,

$$F(x, y, 0) = \sum_{i+j=k+1}^{\infty} c_{ij} x^i y^j, \quad 1 < k \leq m, \quad c_{ij} - \text{некоторые постоянные}, \quad P_m(x, y),$$

$Q_m(x), Q_{m-1}(x)$ и $Q_{m-2}(x, y)$ – полиномы своих аргументов степеней $m, m, m-1$ и $m-2$ и такие, что $Q_m(x) = ax^{\alpha} + \dots, Q_{m-1}(x) = bx^{\beta} + \dots, 2 \leq \alpha < m, 1 \leq \beta < m, a \neq 0, b \neq 0$.

Доказывается, что в случае $Q_m(x) = 0$, а $Q_{m-1}(x) \neq 0$ исходная система имеет при $b < 0$ $(n+1)$ -параметрическое семейство решений, определенное при всех $t \geq t_0$, стремящееся к нулю при $t \rightarrow +\infty$ и выражающееся через общее решение вспомогательной системы

$$\begin{cases} \frac{du}{dt} = \frac{b}{\beta+1} u^{\beta+1} + gu^{2\beta+1}, \\ \frac{dv}{dt} = \tilde{A}(u)v + \sum \varphi_{j_1 \dots j_n}(u) v_1^{j_1} \dots v_n^{j_n}, \end{cases} \quad g = \text{const},$$

при соответствующем выборе матрицы $\tilde{A}(u)$ и функций $\varphi_{j_1 \dots j_n}(u)$ по формулам $x = \Phi_1(u, v), y = \Phi_2(u, v), z = \Phi_3(u, v)$ (1) с голоморфными правыми частями при достаточно малых $\|v\|$, причем матрица $\tilde{A}(u)$, функции $\varphi_{j_1 \dots j_n}(u)$ и коэффициенты функций Φ_1, Φ_2 и Φ_3 голоморфны по u при достаточно малых $|u| \neq 0$ и асимптотически представимы при $u \rightarrow 0$

степенными рядами по u , $\lim_{u \rightarrow 0} \frac{D(\Phi_1, \Phi_2)}{D(u, v)} \Big|_{v=0} \neq 0$; при $b > 0$ имеет

n -параметрическое семейство решений, определенное при всех $t \geq t_0$, стремящееся к нулю при $t \rightarrow +\infty$ и получающееся из (1) и вспомогательной системы, полагая в них $u = 0$ и однопараметрическое семейство ре-

шений, определенное при всех $t \leq t_0$ и стремящееся к нулю при $t \rightarrow -\infty$ и получающееся из (1) и вспомогательной системы, полагая в них $v = 0$, а в случае $Q_m(x) = 0$ и $Q_{m-1}(x) = 0$ исходная система имеет n -параметрическое семейство решений, определенное при всех $t \geq t_0$ и стремящееся к нулю при $t \rightarrow +\infty$.

Показывается, что в случае $Q_m(x) = 0$, а $Q_{m-1}(x) \neq 0$ исходная система имеет особые точки. Для их нахождения предполагается, что в преобразованной системе $F(x, y, 0) = 0$, $\varphi_1(x, 0, z) = 0$, $\varphi_2(x, 0, 0) = 0$, чего всегда можно добиться преобразованием $z \rightarrow z + u(x, y)$, $y \rightarrow y + v(x, y)$, где $u(x, y)$ и $v(x, y)$ – голоморфные в окрестности $x=y=0$ и $x=z=0$ решения матричных уравнений $Az + F(x, y, z) = 0$ и $y + P_m(x, y) + \varphi_1(x, y, z) = 0$. Преобразованная система с помощью преобразования $x \rightarrow x + C$, где $|C|$ – достаточно малая постоянная величина, сводится к системе

$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = [1 + \xi_1(C)]y + \psi_1(x, y, z, C), \\ \frac{dy}{dt} = \xi_2(C)y + \xi_3(C)z + \psi_2(x, y, z, C), \\ \frac{dz}{dt} = A_1(C)z + \Psi(x, y, z, C), \end{cases}$$

в которой $\xi_1, \xi_2, \xi_3, \psi_1, \psi_2, A_1$ и Ψ есть голоморфные в окрестности нулевых значений своих аргументов функции, причем $\xi_1(0) = 0$, $\xi_2(0) = 0$, $\xi_3(0) = 0$, $A_1(0) = A$, а функции $\psi_1(x, y, z, C)$, $\psi_2(x, y, z, C)$ и $\Psi(x, y, z, C)$ не содержат членов ниже второго порядка относительно x, y и компонент вектора z , и $\psi_1(x, 0, z, C) = 0$. Доказывается, что последняя система при достаточно малых $|C|$ имеет $(n+1)$ -параметрическое семейство решений, определенное при всех $t \geq t_0$ и стремящееся к нулю при $t \rightarrow +\infty$ в случае $\xi_2(C) < 0$, и имеет n -параметрическое семейство решений, определенное при всех $t \geq t_0$ и стремящееся к нулю при $t \rightarrow +\infty$ в случае $\xi_2(C) > 0$, и дано разложение этих решений в асимптотические ряды в достаточно малой окрестности начала координат. Если $\xi_2(C) > 0$, то последняя система также имеет однопараметрическое семейство решений, определенное при всех $t \leq t_0$ и стремящееся к нулю при $t \rightarrow -\infty$.

Показано также, что в случае $Q_m(x)=0, Q_{m-1}(x)=0$ исходная система имеет аналогичные особые точки и указано, как найти аналитическую структуру решений в окрестности этих особых точек.

АСИМПТОТИЧЕСКИЕ ТЕОРЕМЫ ЕДИНСТВЕННОСТИ И ФАКТОРИЗАЦИЯ ГОЛОМОРФНЫХ ФУНКЦИЙ В ОДНОСВЯЗНЫХ ОБЛАСТЯХ КОМПЛЕКСНОЙ ПЛОСКОСТИ

Е.Г. РОДИКОВА, Т.В. ТИХОНОВА

Брянский государственный университет им. академика И.Г. Петровского
г. Брянск, ул. Бежицкая, д.14, тел.: 66-64-87
e-mail: evheny@yandex.ru, tichonova_tanya@mail.ru

Символом C^+ обозначим правую полуплоскость, $H(C^+)$ – множество аналитических в правой полуплоскости функций, G – произвольная односвязная область комплексной плоскости, граница которой состоит более чем из одной точки, $H(G)$ – множество всех аналитических в G функций.

В работе нами установлена асимптотическая теорема единственности для аналитических в правой полуплоскости функций. Сформулируем основной результат.

Теорема 1. Пусть $f \in H(C^+)$ и удовлетворяет следующим условиям:

1) $\ln|f(z)| \leq \varphi(\operatorname{Re} z)$, $\forall z \in C^+$, где $\varphi(x)$ – монотонно возрастающая положительная функция на $R^+ = (0, +\infty)$, $\psi(x) = \ln \varphi(x)$ выпукла на R^+ и $\psi'(0) \neq 0$;

2) $\ln|f(z)| \leq -c\varphi(\operatorname{Re} z)$, $\forall z \in L$, где $L = \left\{ z = x + iy : y = \frac{\pi\alpha}{2\psi'(x)} \right\}$, $\alpha > 1$.

Если $\int_1^{+\infty} \frac{(\psi''(x))^2}{(\psi'(x))^3} < +\infty$ и $c > 2\alpha^2 - 1$, то $f(z) \equiv 0$.

Доказательство этой теоремы основано на следующем утверждении (см. [1]).

Теорема 2. Пусть функция $f \in H(C^+)$ и удовлетворяет следующим условиям:

1) $\ln|f(z)| \leq |z|^\alpha$, $\alpha > 1$, $z \in C^+$;

2) $\ln|f(z)| \leq -|z|^\alpha \cdot v(|z|)$, $\alpha > 1$, $z = iy$, $y > 0$.

Если $\lim_{x \rightarrow +\infty} v(x) = c_\alpha$, где $c_\alpha > 2\alpha^2 - 1$, то функция $f(z) \equiv 0$.

Также в работе исследуются корневые множества функций из весовых классов $A^p(G) = \left\{ F \in H(G) : \int_G |F(w)|^p dm_2(w) < +\infty \right\}$.

Теорема 3. Пусть $0 < p < q < +\infty$. Тогда существует функция $F \in A^p(G)$ и последовательность $\{w_k\}_{k=1}^{+\infty}$ из области G такие, что $F(w_k) = 0$, $k = 1, 2, \dots$, $F(w) \neq 0$. В то же время для любой функции $g \in A^q(G)$ из того, что $g(w_k) = 0$, $k = 1, 2, \dots$, следует $g(w) = 0$.

В следующей теореме доказывается возможность выделения нулей аналитической функции, не выходя из рассматриваемого пространства:

Теорема 4. Пусть $0 < p < +\infty$. Если функция $F \in A^p(G)$ и $F(w_k) = 0$, $k = 1, 2, \dots$, $w_k \in G$, тогда функция $\frac{F}{\tilde{B}} \in A^p(G)$, где

$$\tilde{B}(w, w_k) = \prod_{k=1}^{+\infty} (2 - b_k(\psi(w), \psi(w_k))) \cdot b_k(\psi(w), \psi(w_k)), w, w_k \in G.$$

Утверждения теорем 3, 4 в случае $D = \{z : |z| < 1\}$ единичного круга установлены в работе Ч. Горовица (см. [2]).

Литература

1. Родикова Е.Г. Асимптотическая теорема единственности для аналитических в правой полуплоскости функций, имеющих степенной рост в бесконечности // Вестник БГУ. 2009 №4: Естественные и точные науки. Брянск. С. 77-82.
2. Horowitz С. Zeros of functions in the Bergman space // Duke Math. J., 1974. С. 698-710.

ПРИМЕНЕНИЕ КАНОНИЧЕСКИХ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ СЛУЧАЙНЫХ ФУНКЦИЙ В ЗАДАЧАХ РАСЧЕТА ВИБРОЗАЩИТНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ КОМПЬЮТЕРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ¹

И.Н. СИНИЦЫН, И.В. СЕРГЕЕВ, Е.С. АГАФОНОВ

Институт проблем информатики РАН, г. Москва

тел.: (499) 135-9029, e-mail: sinitsin@dol.ru

1. Как известно [3], канонические разложения и интегральные канонические представления (КП) представляют собой выражения слу-

¹ Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект №-10-07-00021) и Программы ОНИТ РАН "Информационные технологии и анализ сложных систем" (проект 1.5).

чайных функций через дискретный и непрерывный белый шум. КП удобны для выполнения различных операций анализа над случайными функциями (СФ). Объясняется это тем, что в КПСФ зависимость функции от аргумента (скалярного или векторного) выражается при помощи вполне определенных неслучайных координатных функций, что дает возможность свести всё к выполнению различных линейных операций над неслучайными координатными функциями. Важное значение КПСФ имеют для задач статистической обработки информации (сигналов, изображений, сцен и других образов), стохастического системного анализа, идентификации и синтеза, аналитического и статистического моделирования, комплексного решения задач, связанных с построением компьютерных моделей. Здесь методы КПСФ оказываются достаточно универсальными аналитическими и вычислительными методами.

Создание теории КПСФ связано с именами Лоэва, Колмогорова, Каруняна, Пугачева и относится к 40-50 годам XX века.

2. Современные проблемы автоматизации научных исследований, проектирования и испытаний ставят новые задачи разработки прикладной теории, а также методического, алгоритмического и программного обеспечения анализа и синтеза стохастических систем (СтС) на базе КПСФ [3-5]. В ИПИ РАН в среде MATLAB разработано инструментальное программное обеспечение для анализа и синтеза СтС на основе КПСФ [1]. Оно нашло, в частности, применение при разработке и создании виброзащищенных систем (ВЗС) для компьютерного оборудования, устанавливаемого на подвижных транспортных средствах [1].

3. В рамках разработки методического обеспечения расчета ВЗС рассмотрены на базе КПСФ:

- модели спектрально-корреляционных характеристик и одно- и многомерных распределений скалярных и векторных стохастических вибровозмущений, линейных и нелинейных СтС;
- методы аналитического и статистического моделирования;
- вероятностный анализ СтС;
- синтез оптимальных (по различным вероятностным критериям) ВЗС;
- идентификация и диагностика ВЗС;
- планирование испытаний ВЗС.

Литература

1. Вибрации в технике: // справочник в 6т. / гл. ред. В.Н. Челомей. М.: Машиностроение, 1981.

2. Инструментальное программное обеспечение анализа и синтеза стохастических систем высокой доступности (I) / И.Н. Сеницын, В.И. Сеницын, Э.Р. Корепанов, В.В. Белоусов, Т.Д. Конашенкова, Н.Н. Се-

мендяев, Д.А. Басилашвили // Системы высокой доступности. 2009. Т. 5, №3. С. 4-52.

3. Сеницын И.Н. Канонические представления случайных функций и их применение в задачах компьютерной поддержки научных исследований. М.: ТОРУС ПРЕСС, 2009.

4. Сеницын И.Н. Стохастические системы. Теория и стохастические информационные технологии (I) // История науки и техники. №7. С. 9-12.

5. Сеницын И.Н. Стохастические системы. Теория и стохастические информационные технологии (II) // Системы высокой доступности. 2008. Т.4, №2. С. 25-35.

О НАХОЖДЕНИИ ПРОГИБА ПЛАСТИНЫ ПРИ ПОМОЩИ ФУНКЦИИ ГРИНА

А.А. ТИМОФЕЕВ, Р.Е. КРИСТАЛИНСКИЙ

Смоленский государственный университет, г. Смоленск
e-mail: alekctm@yahoo.com

Как известно, решение одной из важнейших задач механики, а именно нахождение прогиба пластины, нагруженной некоторой силой, состоит в нахождении решения уравнения Софи Жермен

$$\frac{\partial^4 \omega(x, y)}{\partial x^4} + 2 \frac{\partial^4 \omega(x, y)}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 \omega(x, y)}{\partial y^4} = \frac{q(x, y)}{D} \quad (1)$$

при различных краевых условиях, соответствующих различным типам закрепления краев пластины. Здесь $\omega(x, y)$ – нормальный прогиб пластины в точке с координатами (x, y) , $q(x, y)$ – интенсивность нормальной

нагрузки, $D = \frac{Eh^3}{12(1-\nu^2)}$, где E и ν – модуль Юнга и постоянная Пуассона пластины, $2h$ – толщина пластины. Обозначим область, которую вырезает пластина из плоскости (x, y) , через Q , контур этой области – S .

Выделяют различные типы защемления края пластины, в зависимости от которых на крае пластины будут выполняться различные краевые условия. Рассмотрим следующие варианты защемления:

1) край пластины жестко закреплён

$$\omega|_S = 0, \frac{\partial \omega}{\partial n}|_S = 0; \quad (2)$$

2) край пластины шарнирно оперт

$$\omega|_S = 0, \frac{\partial^2 \omega}{\partial n^2}|_S = 0. \quad (3)$$

Как известно, задача об изгибе пластины при описанных выше вариантах заземления равносильна вариационной задаче о минимуме функционала [3]

$$\iint_{\Omega} \left[\left(\frac{\partial^2 \omega}{\partial x^2} \right)^2 + 2\nu \frac{\partial^2 \omega}{\partial x^2} \frac{\partial^2 \omega}{\partial y^2} + \left(\frac{\partial^2 \omega}{\partial y^2} \right)^2 + 2(1-\nu) \left(\frac{\partial^2 \omega}{\partial x \partial y} \right)^2 - \frac{2q}{D} \omega \right] dx dy. \quad (4)$$

Изложим вначале необходимые для решения задачи известные теоретические сведения [3].

Пусть A – оператор, положительно определенный в гильбертовом пространстве H и требуется решить уравнение

$$Au = f, f \in H. \quad (5)$$

В [3] предлагается следующий алгоритм решения этой задачи: рассмотреть гильбертово пространство H_A со скалярным произведением

$$[u, v]_A = (Au, v). \quad (6)$$

В этом пространстве построить ортонормированную систему $\{\omega_n\}$. Тогда решением рассматриваемой задачи является ряд

$$u = \sum_{n=1}^{\infty} (f, \omega_n) \omega_n, \quad (7)$$

который сходится в метрике пространства H .

Если δ – дельта-функция Дирака и $f = \delta(x_0, y_0)$, то функция (7) имеет вид

$$u = \sum_{n=1}^{\infty} \omega_n(x_0, y_0) \omega_n(x, y) \quad (8)$$

и называется функцией Грина рассматриваемой задачи.

В пространстве H_A для бигармонического оператора скалярное произведение функций $u(x, y)$ и $v(x, y)$ (см. [3]) определяется следующим образом

$$[u, v]_A = \iint_D \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) \left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right) dx dy. \quad (9)$$

Построение системы функций $\{\omega_n\}$ относительно скалярного произведения $[u, v]_A$ стало возможным после появления системы Mathematica, в которой реализована система вычислений на основе целочисленной арифметики. Классические методы реализации алгоритма Грамма-

Шмидта для построения ортонормированной системы функций здесь не проходят [4].

Рассмотрим вопрос построения системы координатных функций для различных контуров S областей Q . В монографии [3] говорится, что полную по энергии систему функций можно построить следующим образом. Пусть функция $\omega(x, y)$ – функция, равная нулю в точках границы S и положительная во внутренних точках области Q ; пусть также $\omega(x, y)$ непрерывна в \bar{Q} , а ее первые производные непрерывны и ограничены внутри Q . Тогда система функций

$$\omega(x, y)x^k y^l, \quad k, l = 1, 2, \dots \quad (10)$$

полна по энергии в Q . Доказательство данного факта приведено в книге Л.В. Канторовича и В.И. Крылова [1].

Необходимо отметить, что описанным выше способом можно находить решение поставленной задачи и для других областей, имеющих более сложную границу. Например, когда границу области можно разбить на конечное число частей, каждая из которых задается уравнением $f(x, y) = 0$, где $f(x, y)$ – некоторый многочлен, причем произведение всех этих многочленов положительно в рассматриваемой области. При этом каждая из этих частей может быть как жестко закреплена, так и шарнирно оперта. В случае жесткого закрепления края, заданного уравнением $f_i(x, y) = 0$, в систему войдет функция вида $(f_i)^2$; в случае если край пластины, заданный уравнением $f_j(x, y) = 0$, шарнирно оперт, то в систему функций вводится функция вида $(f_j)^3$. Рассмотрим ряд примеров.

Пример 1. Найти прогиб шарнирно опертой пластины, имеющей форму полуокружности радиуса 1, под действием сосредоточенной нагрузки q_0 , приложенной в точке (x_0, y_0) .

Расположим рассматриваемую пластину в координатной плоскости следующим образом: поместим центр окружности в начале координат, ось Ox будет разбивать построенную окружность на две полуокружности. Рассмотрим полуокружность, лежащую в верхней полуплоскости. Таким образом, рассматриваемая область будет расположена как показано на рисунке 1:

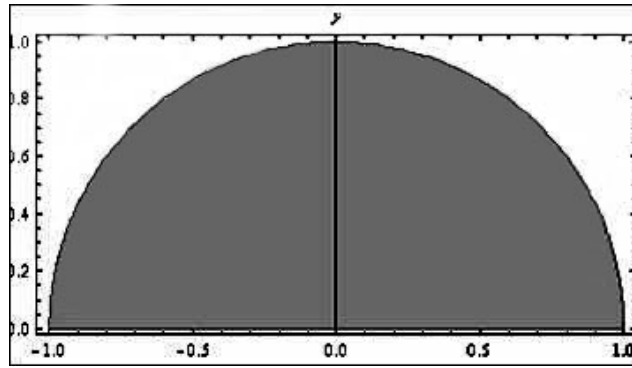


Рис. 1

Поскольку по условию примера 1 пластина шарнирно оперта, то для решения задачи введем в рассмотрение систему функций следующего вида:

$$y^3(1-x^2-y^2)^3 x^{k-1} y^{l-1}; \quad k, l = 1, 2, \dots \quad (11)$$

Действительно, данная система на каждом из участков границы пластины удовлетворяет соответствующему краевому условию (3). Кроме того, данная система является полной, поскольку построена согласно условиям, указанным в [1].

Далее строим ортонормированный базис из функций $\{w_n\}$ относительно скалярного произведения (9). Использование системы Mathematica позволяет провести точное построение этого базиса. Затем по формуле

$$w = \frac{q_0}{D} \sum \omega_n(x_0, y_0) \omega_n(x, y) \quad (12)$$

находим приближенное решение поставленной задачи.

Ниже приведен текст программы, написанной в системе Mathematica и реализующей решение поставленной задачи.

$n = 3;$

Построим выбранную систему функций в системе Mathematica:

```
T = Table[(1 - x^2 - y^2)^3 y^3 x^{i-1} y^{j-1}, {i, 1, n}, {j, 1, n}];
T = Flatten[T];
```

Для построения ортонормированного базиса воспользуемся встроенной командой Orthogonalize системы Mathematica. Несмотря на то, что пластина имеет сложную форму, система Mathematica позволяет разрешить эту проблему при помощи функции Boole – логической функции, возвращающей значение 1, если значение предиката, заданного в качестве аргумента этой функции истинно, и 0, если ложно. В рассматриваемом примере данная функция будет выглядеть следующим образом:

$$\text{Boole}[x^2 + y^2 \leq 1 \wedge y \geq 0] \quad (13)$$

Для построения ортонормированного базиса относительно скалярного произведения функций (11) используем команду Orthogonalize в следующей форме:

$$W[x_, y_] = \text{Orthogonalize}[T, \text{Integrate}[\text{Boole}[x^2 + y^2 \leq 1 \wedge y \geq 0] * (D[\#1, \{x, 2\}] + D[\#1, \{y, 2\}]) (D[\#2, \{x, 2\}] + D[\#2, \{y, 2\}]), \{x, -1, 1\}, \{y, 0, 1\}]] \&];$$

Зададим значения параметров $D1$ и q_0 (обозначение $D1$ вместо D вызвано необходимостью, поскольку D система Mathematica воспринимает как команду дифференцирования):

$$D1 = \frac{2 * 10^{11} * 0.01^3}{12 * (1 - 0.3^2)};$$

$$q0 = 2 * 10^5;$$

По формуле (12) находим решение поставленной задачи:

$$W1[x_, y_, x0_, y0_] = \frac{q0}{D1} \sum_{k=1}^{n^2} W[x, y][[k]] W[x0, y0][[k]];$$

Найдем максимальную величину прогиба:

$$\text{NMaximize}[\{W1[x, y, 0, 0.5] \text{Boole}[x^2 + y^2 \leq 1 \wedge y \geq 0], x \geq -1 \&\& y \geq 0 \&\& x \leq 1 \&\& y \leq 1\}, \{x, y\}] \\ \{0.0534423, \{x \rightarrow 0.499349, y \rightarrow 0.499349\}\}$$

Построим поверхность прогиба, взяв в качестве точки (x_0, y_0) приложения сосредоточенной силы q_0 точку $(0; 0,5)$ – «середицу» рассматриваемой области (рис. 2):

$$\text{Plot3D}[W2[x, 1, 0, 0.5] * \text{Boole}[x^2 + y^2 \leq 1 \wedge y \geq 0], \{x, -1, 1\}, \{y, 0, 1\}, \text{AspectRatio} \rightarrow 1, \text{PlotRange} \rightarrow \text{All}]$$

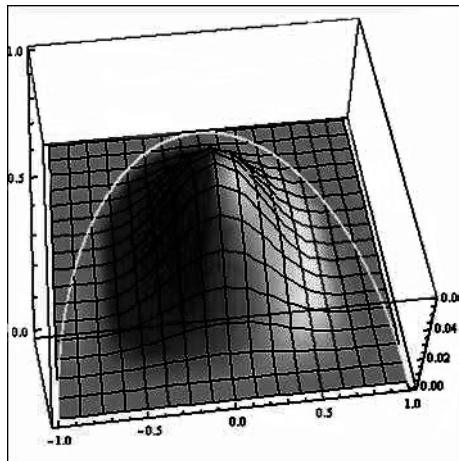


Рис. 2

Пример 2. Найти прогиб пластины, имеющей форму полуокружности радиуса 1, под действием гидростатической нагрузки изменяющейся по закону $q = \frac{q_0 x}{a}$ (рис. 3), если пластина жестко закреплена по отрезку прямой и шарнирно опирается по полуокружности.

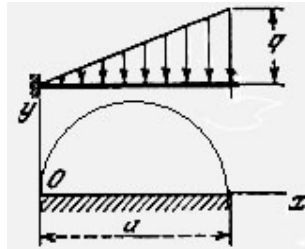


Рис. 3

Расположим полуокружность в первой четверти координатной плоскости, центр окружности поместим в точку с координатами (1,0).

$$n = 2;$$

$$a = 1;$$

Поскольку по условию пластина жестко закреплена по прямой и шарнирно опирается по полуокружности, то согласно (10) система функций для решения примет вид:

$$T = \text{Table}[(1 - (x - a)^2 - y^2)^3 y^2 x^{i-1} y^{j-1}, \{i, 1, n\}, \{j, 1, n\}];$$

$$T = \text{Flatten}[T];$$

$$W[x_, y_] = \text{Orthogonalize}[T, \text{Integrate}[\text{Boole}[(x - a)^2 + y^2 \leq 1 \wedge y \geq 0] * (D[\#1, \{x, 2\}] + D[\#1, \{y, 2\}]) (D[\#2, \{x, 2\}] + D[\#2, \{y, 2\}]), \{x, 0, 2a\}, \{y, 0, 1\}]] \&]$$

$$W1[x_, y_, x0_, y0_] = \sum_{k=1}^{n^2} W[x, y][[k]] W[x0, y0][[k]];]$$

Поскольку нагрузка гидростатическая, то, приняв для определенности соотношение $\frac{q_0}{a} = 1$, получим:

$$W2[x_, y_] = \text{Integrate}[\text{Integrate}[\text{Boole}[(x0 - a)^2 + y0^2 \leq 1 \wedge y0 \geq 0] * x W1[x, y, x0, y0], \{x0, 0, 2a\}], \{y0, 0, 1\}];$$

$$\text{Plot3D}[W2[x, y] \text{Boole}[(x - a)^2 + y^2 \leq 1 \wedge y \geq 0], \{x, 0, 2a\}, \{y, 0, 1\}, \text{AspectRatio} \rightarrow 1, \text{PlotRange} \rightarrow \text{All}]$$

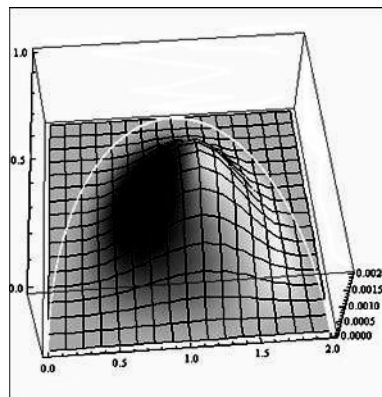


Рис. 4

Найдем максимальную величину прогиба:

$N\text{Maximize}[\{W2[x, y]\text{Boole}[(x - a)^2 + y^2 \leq 1 \wedge y \geq 0], x \geq 0 \&\& y \geq 0 \&\& x \leq 2a \&\& y \leq 1\}, \{x, y\}]$
 $\{0.0020454, \{x \rightarrow 1.11322, y \rightarrow 0.480575\}\}$

Найдем моменты в середине защемленной стороны:

$M_x = -(D[W2[x, y], \{x, 2\}] + 0.3D[W2[x, y], \{y, 2\}]) / \{x \rightarrow a, y \rightarrow 0\} // N$
 -0.0128872
 $M_y = -(D[W2[x, y], \{y, 2\}] + 0.3D[W2[x, y], \{x, 2\}]) / \{x \rightarrow a, y \rightarrow 0\} // N$
 -0.0429574

Литература

1. Канторович Л.В., Крылов В.И. Приближенные методы высшего анализа. Л.: Физматгиз, 1962. 708 с.
2. Кристалинский Р.Е. Приближенные аналитические методы решения задач механики деформируемого твердого тела. Смоленск, 167 с.
3. Михлин С.Г. Вариационные методы в математической физике. М.: Наука, 1970. 512 с.
4. Тимошенко С.П., Войновский-Кригер С. Пластины и оболочки. М.: Наука, 1966. 636 с.

СВОЙСТВА КОРНЕВЫХ МНОЖЕСТВ И ВОПРОСЫ АППРОКСИМАЦИИ РАЦИОНАЛЬНЫМИ ФУНКЦИЯМИ С ФИКСИРОВАННЫМИ ПОЛЮСАМИ В НЕКОТОРЫХ ПРОСТРАНСТВАХ АНАЛИТИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ

Е.С. ХАНДОГИНА, Ю.Н. ЧУБАКОВ

Брянский государственный университет им. академика И.Г. Петровского,
 г. Брянск, ул. Бежицкая, д. 14
 тел.: 66-64-87; e-mail: Elis0102@yandex.ru

Пусть $D = \{z : |z| < 1\}$ – единичный круг на комплексной плоскости, $H(D)$ – множество аналитических в D функций,

$$A_\alpha^p = \left\{ f \in H(D) : \|f\|_{A_\alpha^p}^p = \int_D |f(z)|^p (1 - |z|)^\alpha dm_2(z) < +\infty \right\} -$$

пространство Бергмана в D , где m_2 – плоская мера Лебега, $\alpha > -1, 0 < p < +\infty$.

Ч. Горювиц в работе, [2] доказал, что при $\alpha > \beta > -1$ нулевые множества функций из пространств A_α^p и A_β^p различны. В нашей работе мы уточняем этот результат следующим образом.

Теорема 1. Пусть ω – произвольная положительная монотонно возрастающая функция на $(0, +\infty)$, удовлетворяющая следующим усло-

виям: $\sup_{1 < t < +\infty} \frac{\omega(2t)}{\omega(t)} < +\infty$ и $\int_1^{+\infty} \frac{dx}{x \cdot \omega(x)} < +\infty$. Пусть $\alpha > -1$, $0 < p < +\infty$ и

$$A_{\omega_\alpha}^p = \left\{ f \in H(D) : \|f\|_{A_{\omega_\alpha}^p}^p = \int_0^1 \int_{-\pi}^{\pi} |f(re^{i\varphi})|^p (1-r)^\alpha \omega\left(\ln \frac{1}{1-r}\right) r dr d\varphi < +\infty \right\}.$$

Тогда:

1) можно построить функцию $f \in A_\alpha^p$ такую, что $f(z_k) = 0$, $k = 1, 2, \dots$, $f \not\equiv 0$;

2) для произвольной функции $g \in A_{\omega_\alpha}^p$ из того, что $g(z_k) = 0$, $k = 1, 2, \dots$, следует $g \equiv 0$, $\forall z \in D$.

Рассмотрим пространство

$$\lambda_\omega^p = \left\{ f \in H(D) : |D^{\alpha+1} f(z)| = o\left(\frac{(\omega(1-|z|))^{\frac{1}{p}}}{(1-|z|)^{\alpha+2-\frac{2}{p}}}\right) \right\}, 0 < p \leq 1$$

при достаточно больших α с нормой

$$\|f\|_{\lambda_\omega^p} = \sup_{z \in D} \left\{ \frac{|D^{\alpha+1} f(z)| \cdot (1-|z|)^{\alpha+2-\frac{2}{p}}}{(\omega(1-|z|))^{\frac{1}{p}}} \right\},$$

где $D^\alpha f(z)$ – оператор Римана-Лиувилля, ω – функция из класса Ω (см. [1]).

Теорема 2. Для произвольного $\alpha > -1$ существует функция ω , удовлетворяющая условиям теоремы 1, и система рациональных функ-

ций $\left\{ \frac{1}{1-\zeta_k z} \right\}_{k=1}^{+\infty}$, которая является полной в пространстве

$$\lambda_{\omega_\alpha}^1 = \left\{ f \in H(D) : |D^{\beta+1} f(z)| = o\left(\frac{\omega\left(\ln \frac{1}{1-|z|}\right)}{(1-|z|)^{\beta-\alpha}}\right) \right\}, \beta > \alpha,$$

и не является полной в пространстве

$$\lambda_\alpha^1 = \left\{ f \in H(D) : |D^{\beta+1} f(z)| = o\left(\frac{1}{(1-|z|)^{\beta-\alpha}}\right) \right\}, \beta > \alpha.$$

Доказательство теоремы 2 основано на теореме 1 и следующем утверждении, представляющем, на наш взгляд, самостоятельный интерес.

Лемма. Пусть Φ – линейный непрерывный функционал на λ_ω^p , $0 < p \leq 1$, $g(z) = \Phi(e_z)$, $z \in D$, где $e_z(\zeta) = \frac{1}{1-\zeta z}$. Тогда

$$\Phi(f) = \lim_{\rho \rightarrow 1-0} \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(\rho e^{i\varphi}) g(\rho e^{-i\varphi}) d\varphi \quad (1)$$

и $g \in A_{\omega_1}^1$, где $\omega_1(t) = (\omega(t))_p^{\frac{1}{p}} \cdot t^{\frac{2-p}{p}}$, при этом $c_1(p)$, $c_2(p)$ такие, что

$$c_1 \|\Phi\| \leq \|g\|_{A_{\omega_1}^1} \leq c_2 \|\Phi\|. \quad (2)$$

И обратно, каждая функция $g \in A_{\omega_1}^1$ по равенству (1) порождает линейный непрерывный функционал на λ_ω^p , причем справедливы оценки (2).

Литература

1. Шамоян Ф.А., Шубабко Е.Н. Введение в теорию весовых L^p -классов мероморфных функций. Брянск: Изд-во БГУ, 2009. 152 с.
2. Horowitz C. Zeros of functions in the Bergman spaces // Duke Math. J. 1974. С. 698-710.

О НУЛЯХ АНАЛИТИЧЕСКИХ В КРУГЕ ФУНКЦИЙ С МАЖОРАНТОЙ БЕСКОНЕЧНОГО ПОРЯДКА

Ф.А. ШАМОЯН

Брянский государственный университет им. академика И.Г. Петровского,
г. Брянск, ул. Бежицкая, д.14
тел. 66-64-87; e-mail: shamoyanfa@yandex.ru

Пусть $D = \{z : |z| < 1\}$ – единичный круг на комплексной плоскости, $H(D)$ – множество всех голоморфных в D функций, λ – монотонно растущая положительная непрерывная функция на $[0, 1)$.

Положим

$$A(\lambda) = \{f \in H(D) : \ln|f(z)| \leq C_f \lambda(|z|), z \in D\},$$

где C_f – положительное число, зависящее только от f .

Хорошо известно, что во многих классах голоморфных в D функций с ограничениями на рост характеристики P . Неванлинны

$$T(r, f) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} \ln^+ |f(re^{i\varphi})| d\varphi, \quad 0 \leq r < 1,$$

где $f \in H(D)$, $\ln^+ |f| = \max(\ln |f|, 0)$, корневые множества полностью характеризуются в терминах считающей функции (см. [1])

$$n(r) = \{\text{card } z_k : |z_k| < r\}, \quad r \in [0, 1),$$

где $\{z_k\}_{k=1}^{+\infty}$ – последовательность точек из D . В таких же терминах описываются корневые множества целых функций конечного порядка и нормального типа, когда порядок функций не является целым числом (см. [2]).

В работе устанавливаются следующие 2 утверждения.

Теорема 1. Пусть λ – монотонно растущая и непрерывная функция на $[0, 1)$, причем $\lambda(e^x)$ выпукла на $(-\infty, 0)$, $\psi(x) = \ln(1 - e^{-x})$, $x \in R_+$, $\psi \in C^1(R_+)$, при этом существует предел $\lim_{x \rightarrow +\infty} \psi'(x) = \alpha_\lambda$. Если $\alpha_\lambda = +\infty$, то будем предполагать, что ψ – выпуклая функция из $C^2(R_+)$ и существует $\delta \in (0, 1)$ такое, что

$$\frac{\psi''(x)}{((\psi'(x)))^{2-\delta}} = O(1), \quad x \rightarrow +\infty.$$

Тогда существует функция $f \in A(\lambda)$ и последовательность $\{z_k\}_{k=1}^{+\infty} \subset D$ такие, что $f(z_k) = 0$, $k = 1, 2, \dots$, $f(z) \neq 0$, $z \neq z_k$, в то же время для произвольной $g \in A(\lambda)$, удовлетворяющей условию $g(|z_k|) = 0$, $k = 1, 2, \dots$, выполнено $g(z) = 0$, $z \in D$.

Теорема 2. Пусть λ удовлетворяет условиям теоремы 1, причем $\alpha_\lambda = +\infty$, тогда следующие два утверждения равносильны:

а) $\{r_k\}_{k=1}^{\infty}$, $r_k \in [0, 1)$, можно представить в виде

$$\{r_k\}_{k=1}^{\infty} = Z_f, \quad f \in A(\lambda),$$

б) $n(r) \leq \text{const} \cdot \lambda(r)$ при всех $r \in [0, 1)$.

Литература

1. Шамоян Ф.А., Шубабко Е.Н. Введение в теорию весовых L^p -классов мероморфных функций. Брянск: Изд-во. БГУ, 2009. 152 с.
2. Левин Б.Я. Распределение корней целых функций. М.: ГИТТЛ, 1956. 632 с.

СЕКЦИЯ 4

Новые информационные и педагогические технологии в образовании и прикладная лингвистика

СЕМАНТИЧЕСКАЯ ОБУСЛОВЛЕННОСТЬ ОБРАЗОВАНИЯ ВТОРИЧНЫХ ЗНАЧЕНИЙ У СУЩЕСТВИТЕЛЬНЫХ ИМЕНИ ДЕЙСТВИЯ НА -ING

О.П. АДЕЛЕВА

Смоленский государственный университет, г. Смоленск

e-mail: afo-olga@yandex.ru

Семантические значения *Nomina actionis* условно разбиваются на две группы: первичные и вторичные [3; 4]. Первичными, процессуальными, считаются значения, передающие семантическую соотнесенность существительного с классом глаголов и обозначающие действие, процесс, состояние. Под вторичными понимаются предметные, субстанциональные значения, возникающие на базе первичных.

Задачей данной работы является выявление семантических факторов, влияющих на появление у существительных имени действия, образованных с помощью деривационного суффикса *-ing*, вторичных (предметных) значений.

Из словаря «The Random House Unabridged Dictionary of the English Language» [8] был взят полный список глаголов, для которых было выявлено наличие либо отсутствие дериватов указанной словообразовательной модели. На следующем этапе исследования определялось, имеют ли данные дериваты вторичные значения.

В данной работе учитываются следующие вторичные значения существительных имени действия: «субъект действия», «объект действия», «результат действия», «место», «орудие или средство осуществления действия», «материал», «время действия», «количество», «качество», «группа». Указанные значения в наибольшей степени отражают семантические особенности английских существительных имени действия с данной словообразовательной структурой. Определение вторичных значений основывается на словарных дефинициях [8].

Признаковое пространство исследования включает группу лексико-семантических (тематических) признаков глаголов. В соответствии с семантической схемой, разработанной Г.Г. Сильницким и его коллегами [5], тематические признаки глагольных значений могут быть сгруппированы методом гиперонимического обобщения по трем комплексам – информационному, энергетическому и онтологическому [5, с. 45].

В результате анализа отобранного языкового материала была заполнена таблица «объект-признак», которая послужила основой для проведения корреляционного анализа с использованием коэффициента корреляции Коула, методика применения которого в лингвистических исследованиях, а также целесообразность и эффективность его использования были показаны в работах С.Н. Андреева [1], Ю.А. Тулдавы [6].

Статистическая значимость определяется по работе Л.С. Коула [7] для числа степеней свободы $df = \infty$ и при уровне значимости $p = 0,01$ [2]. Результаты корреляционного анализа отражены в таблице 1. Статистически значимые данные выделены жирным шрифтом.

Таблица 1

Соотношение семантических признаков глаголов со вторичными значениями существительных имени действия на -ing

	СУБЪЕКТ	ОБЪЕКТ	РЕЗУЛЬТАТ	ОРУДИЕ, СРЕДСТВО	МАТЕРИАЛ	МЕСТО	ВРЕМЯ	КОЛИЧЕСТВО	КАЧЕСТВО	ГРУППА
ОНТЛ	0,31	0,21	-0,04	0,57	0,53	0,86	0,56	-0,03	1,00	0,64
ЭНРГ	0,80	0,17	0,56	0,87	0,75	0,51	-0,12	0,58	1,00	0,84
ИНФР	0,16	-0,03	-0,06	-0,04	-0,30	0,09	0,64	-0,10	1,00	-0,10

Количество статистически значимых корреляций по данному суффиксу равно 14. При этом из них 2 отрицательных и 12 положительных. Все отмеченные для данного суффикса положительные корреляции являются достаточно сильными (от 0,51 до 0,87). Отрицательные корреляции значительно слабее (-0,12 и -0,30).

В большей степени диагностически релевантным является признак **ЭНРГ**. Для признаков **ОНТЛ** и **ИНФР** отмечено 4 и 2 корреляции соответственно. К наиболее диагностируемым вторичным значениям относятся **материал, орудие, место, время, группа**.

На формирование вторичных значений у существительных имени действия на -ing наименее сильное влияние оказывают глаголы информационного комплекса (1 положительная и 1 отрицательная корреляция), затем идут глаголы онтологического комплекса (4 положительных корреляции). В наибольшей степени образованию вторичных значений

способствуют глаголы энергетического комплекса (7 положительных и 1 отрицательная корреляция).

В целом для существительных имени действия, образованных с помощью суффикса-ing, можно отметить достаточно отчетливую противопоставленность энергетического и информационного комплексов по силе оказываемого влияния на появление у существительных имени действия вторичных значений.

Литература

1. Андреев С.Н. Исследование систем связей в языке при помощи ЭВМ // Пути применения и совершенствования современных вычислительных средств. Смоленск: СГПИ, 1987. С. 72-75.

2. Левицкий В.В. Квантитативные методы в лингвистике. Черновцы: Рута, 2004. 190 с.

3. Мирошникова З.Д. Проблемы семантики и функционирования имен действия в системе языка: дис. ...д-ра филол. наук. М., 2003. 399 с.

4. Плоткина К.З. Имена действия в современном английском языке: автореф. дис. ... канд. филол. наук. Л., 1970. 20 с.

5. Г.Г. Сильницкий и [др.] Соотношение глагольных признаков различных уровней в английском языке. Минск: Наука и техника, 1990. 182 с.

6. Тулдава Ю.А. Об измерении связи качественных признаков в лингвистике (I): Сопряженность альтернативных признаков // Квантитативная лингвистика и автоматический анализ текстов. Тарту, 1988. Вып. 827. С. 146-162.

7. Cole L.C. The Measurement of Interspecific Association // Ecology. 1949. Vol. 30. No. 4.

8. The Random House Unabridged Dictionary of the English language. New York: Random House, 1993. 2478 p.

О ПЕДАГОГИЧЕСКОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ В ОБЩЕМ КОНТЕКСТЕ СОЦИАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

А.П. БОРИСОВ

Смоленский государственный университет, г. Смоленск

Анализ проблемы социальной технологии сегодня вряд ли можно считать завершенным и оформившимся в определенной и относительно однозначной концепции. В общем виде под социальной технологией понимают любой социальный механизм, который приводит пользующуюся им группу к достижению тех изменений социальной сферы, которые этой группой были намечены. При таком понимании социальной технологии к ее разновидностям можно отнести этнические ритуалы, пропа-

гандистские системы, деятельность средств массовой информации, школьные программы, обеспечение законопослушной деятельности членов общества и многое другое.

Понятие «социальная технология» неразрывно связано с понятием «социальное управление». Любая технология служит достижению определенных целей, и движение к ним характеризуется как управление этим процессом. В литературе можно встретить и понятие «социальное конструирование», которое в определенной мере синонимично обоим понятиям.

Логика категориального анализа требует обсуждения ряда проблем, без решения которых трудно определить специфику не только социального проектирования, но и, что нас собственно и интересует, специфику педагогического проектирования. Ключевыми в данном случае являются, на наш взгляд, три проблемы:

- 1) особенности проектировочной деятельности вообще;
- 2) парадигмы проектировочного мышления;
- 3) соотношение естественного и искусственного в проектировании.

Первая проблема связана с вычленением собственно проектировочной деятельности и деятельности, обеспечивающей проектирование. Собственно проектировочная деятельность – это деятельность, направленная на разработку модели объекта, его желаемого будущего, программы и плана организации работы по его достижению.

Вторая проблема касается собственно парадигм проектировочного мышления. Вслед за А.Г. Раппапортом мы выделяем «системотехническую» и «теоретико-деятельностную» парадигмы в методологии проектирования.

«В системотехнической методологии, – пишет А.Г. Раппапорт, – любой объект представляется как система элементов, связанных потоками материала, энергии и информации. Разрабатывая способы количественного измерения состояний элементов системы и параметров потоков, исследователи получают возможность формального описания системы в виде совокупности математических зависимостей, систем уравнений, диаграмм и блок-схем, в которых выражаются связи между состояниями элементов и характеристиками потоков».

«Теоретико-деятельностная парадигма» в методологии проектирования изначально базируется не на кибернетико-технических представлениях и бихевиориальных схемах поведения, а на определенном представлении о характере и специфике человеческой деятельности. «В качестве основы этой парадигматики, – пишет А.Г. Раппапорт, – выступают модели, понятия и средства теории деятельности, а также модели и понятия методологических теорий, строящихся на деятельностной основе... В качестве элементарной единицы анализа деятельности в теории деятельности обычно рассматривается структура или схема “акта инди-

видуальной деятельности”, в которой объединены различные виды организованности деятельности и множество связей и отношений между ними».

Третья проблема - соотношение естественного и искусственного в социальном проектировании. «Естественное» в социальных процессах - закономерности развития и функционирования проектируемого объекта, определяемые его сущностной природой. «Искусственное» - модели, схемы, образцы и т.п., фиксирующие в своих параметрах и характеристиках будущее социального объекта, а также методы, средства и условия, обеспечивающие достижение поставленных целей.

Литература

1. Раппапорт А.Г. Проектирование без прототипов // Разработка и внедрение автоматизированных систем в проектировании. М.: Стройиздат, 1975.

НЕКОТОРЫЕ ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ И ОРГАНИЗАЦИИ ЕДИНОГО ИНФОРМАЦИОННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОСТРАНСТВА «СРЕДНЯЯ ШКОЛА - ВУЗ»

Д.А. БОЯРИНОВ

Смоленский государственный университет, г. Смоленск
тел.: 38-53-07; e-mail: dmboyarinov@mail.ru

Мы понимаем информационное образовательное пространство «средняя школа – вуз» как комплекс электронных обучающих систем, баз знаний педагогической направленности, систем компьютерных телекоммуникаций и инструментов дистанционного мониторинга и управления, к которому обеспечен доступ пользователей посредством сети Internet в соответствии с их статусом (учащийся, учитель, студент вуза, преподаватель, работник административной сферы). Информационное образовательное пространство должно обеспечивать взаимодействие и взаимодополнение образовательных учреждений различного уровня в области информатизации и способствовать максимально эффективной и полной реализации кадрового потенциала высшей школы.

Разработка и внедрение информационного образовательного пространства «средняя школа – вуз» должно способствовать решению следующих стратегических задач.

1. Совершенствование содержания и технологий образования. Построение индивидуальных образовательных траекторий учащихся на основе индивидуальных учебных планов и образовательных программ, их организационно-методическое сопровождение, как показывает наш опыт, вызывает наибольшее затруднение у учителя средней школы. Эта

проблема эффективно решается средствами ИКТ в рамках информационного образовательного пространства «средняя школа – вуз». Такое взаимодействие предполагает внедрение новых образовательных технологий и принципов организации учебного процесса, обеспечивающих эффективную реализацию новых моделей образования с использованием современных информационных и коммуникационных технологий.

2. Обеспечение доступа педагогических коллективов и учащихся средних школ к современным информационно-коммуникационным технологиям. В рамках информационного образовательного пространства «средняя школа – вуз» создаются условия для преодоления имеющего место неравенства между жителями различных регионов, населённых пунктов в доступе к качественной информации учебного характера и ИКТ. Создание и функционирование такого пространства способствует, в частности, повышению эффективности использования интеллектуального потенциала вуза.

В настоящее время в среднем звене системы обучения имеется достаточная материальная база для широкого внедрения новых информационных технологий в процесс обучения. Вместе с тем к настоящему моменту потенциал данных средств реализован далеко не в полной мере. Мы полагаем, что решение отмеченных проблем заключается в создании единого информационного образовательного пространства «средняя школа – вуз». В рамках данного пространства достигается наиболее полная реализация кадрового потенциала высшей школы в сфере информатизации. В рамках такого пространства возможна, в частности, реализация оптимальных индивидуальных траекторий обучения (траекторий обучения, позволяющих в максимально полной степени удовлетворить образовательный запрос с минимально возможными затратами).

Педагогическое проектирование информационного образовательного пространства «средняя школа – вуз» представляет собой комплекс взаимосвязанных задач. Одна из актуальных задач – выработка принципов построения и организации этого пространства.

Мы, в частности, считаем целесообразными следующие принципы:

1) системную интеграции информационных объектов и технологий (поскольку единое информационное образовательное пространство «средняя школа – вуз» сможет дать необходимый социальный и экономический эффект при условии, что создаваемые и внедряемые информационные объекты и технологии не станут инородными элементами, а будут естественным способом интегрированы в процесс функционирования средней школы, вуза и органов управления образованием);

2) поэтапность формирования единого информационного образовательного пространства «средняя школа – вуз»;

3) приоритетность разработки и внедрения информационных технологий и объектов учебного и учебно-методического назначения по отношению к остальным технологиям и объектам;

4) использование при проектировании единого информационного образовательного пространства «средняя школа – вуз» современных теоретических и научно-методических положений разработки информационных технологий для всех ступеней образования (теория открытого образования, теория дифференцированного образования, теория социально-педагогической коммуникации);

5) обеспечение обратной связи посредством применения соответствующих технологий (непрерывного педагогического мониторинга, педагогического тестирования, педагогической диагностики и пр.);

6) открытость информационного пространства, которая должна позволить интегрироваться в информационную среду региона, отрасли, страны и международное информационное пространство.

Ведущим принципом проектирования единого информационного образовательного пространства «средняя школа – вуз» мы считаем принцип 1. На этапе построения и внедрения наиболее актуальны принципы 2 и 3. Это обусловлено тем, что, на наш взгляд, создание такого пространства не есть одномоментный акт, его создание и внедрение должно проходить поэтапно. Подобная поэтапность есть следствие прежде всего объективных ограничений (всеобъемлющая и одновременная информатизация комплекса «средняя школа – вуз – органы управления образованием» невозможна по экономическим, кадровым и технологическим причинам).

Мы полагаем, что при условии реализации отмеченных выше принципов единое информационное образовательное пространство «средняя школа – вуз» будет представлять собой динамическую, развивающуюся систему, способную адаптироваться к изменяющимся условиям, настраиваться с учётом текущего и прогнозируемого уровня внешних и внутренних параметров.

Литература

1. Бояринов Д.А., Коломейцев В.А. Мониторинг педагогической деятельности с использованием новых информационных технологий // Методология и методика информатизации образования: концепции, программы, технологии: материалы Всероссийской научно-практической конференции (19-21 ноября 2007 года). Смоленск: СмоГУ, 2007. с. 24-26.

2. Кечиев Л.Н., Путилов Г.П., Тумковский С.Р. Информационный подход к построению образовательной среды. М.: МГИЭМ, 1999. 28 с.

3. Кечиев Л.Н., Путилов Г.П., Тумковский С.Р. Подготовка учебных материалов для включения в состав информационно-образовательной среды. М.: МГИЭМ, 1999. 34 с.

4. Путилов Г.П. Научные основы проектирования и построения информационно-образовательной среды технического вуза: // автореф. дис. д-ра. тех. наук. М.: МГИЭМ, 2000. 38 с.

О НОВЫХ ГОСУДАРСТВЕННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ СТАНДАРТАХ ТРЕТЬЕГО ПОКОЛЕНИЯ

В.Д. БУДАЕВ

Российский государственный университет им. А.И. Герцена

г. Санкт-Петербург

тел.: +7(921)3246757; e-mail: budaev@list.ru

Как известно, в ближайшее время российская высшая школа перейдет на работу по новым федеральным государственным образовательным стандартам 3-го поколения (ФГОС-3). Автор «по долгу службы»¹ оказался причастен как к разработке проекта стандарта, так и к дальнейшей разработке основной образовательной программы (ООП) по математике, которая, предположительно, будет реализована на факультете математики РГПУ им. А.И. Герцена в Санкт-Петербурге.

К сожалению, вместо всего разнообразия существующих сейчас педагогических направлений и специальностей, теперь предписано оставить одно направление – «Педагогическое образование», в рамках которого будет сосуществовать большое количество профилей: «математическое образование», «химическое образование», «филологическое образование» и т.д. Это означает не только единую структуру Госстандарта и образовательных программ для математиков и филологов, но и единый перечень ЕГЭ, которые абитуриент должен будет представить в приемные комиссии.

По каждому из профилей вуз имеет право самостоятельно разработать (и, разумеется, затем лицензировать) одну или несколько образовательных программ. Основные параметры этих программ заданы стандартом.

Выделим основные особенности нового государственного стандарта:

1. В его основу положен так называемый «компетентностный подход». Иными словами, главное теперь – не перечень дисциплин, а конечный результат: те «компетенции», которыми выпускник должен будет обладать в результате освоения образовательной программы. Дисци-

¹ Автор статьи является деканом физико-математического факультета РГПУ им. А.И. Герцена.

плины и модули должны быть, по логике создателей стандарта, подобраны и выстроены так, чтобы обеспечить выработку у студентов обозначенных компетенций. Само по себе это выглядит логично, но... Значительная часть перечня компетенций (общекультурные и общепрофессиональные) опять-таки, едина для всех. Лишь незначительная часть профессиональных компетенций непосредственно связана с предметной областью. А значит, если следовать этой логике, значительная часть дисциплин должна быть единой для математиков, филологов, биологов...

2. Трудоемкость каждой дисциплины и программы в целом измеряется не в часах, а в кредитных (зачетных) единицах, что призвано приблизить нашу систему образования к западной и должно облегчить проблемы академической мобильности студентов, а также взаимопризнания дипломов. Вся 4-летняя программа подготовки бакалавра «тянет» на 240 единиц, по 30 в каждом семестре. Особых проблем введение этой системы вызвать не должно. Одна кредитная единица примерно соответствует 36 часам, из которых не более половины должны занимать аудиторные занятия, а остальные часы отводятся на самостоятельную работу. Реально для себя мы выработали простую систему «перевода» часов в кредиты: 1 кредит – это семестровый курс с одним аудиторным часом в неделю, а, например, 4 кредита – семестровый курс по 4 часа в неделю (или, скажем, двухсеместровый курс по 2 часа в неделю). Следует, правда, иметь в виду, что разработчики предполагали (впрочем, в явном виде такого требования в стандарте нет), что каждый экзамен «съедает» 1 кредит. Поэтому те же 4 кредита – это может быть семестровый курс по 4 часа в неделю, но без экзамена (зачет – пожалуйста, он кредитов не требует), либо курс по 3 часа, но с экзаменом.

3. Стандарт требует увеличения доли самостоятельной работы студентов, а также резкого увеличения доли курсов по выбору. В идеале мы должны перейти на «болонскую систему», предполагающую нелинейность образовательного процесса. Все дисциплины должны разделиться на «группу А» (дисциплины обязательные и привязанные к определенным семестрам), «группу В» (обязательные, но которые студент может изучать, когда захочет) и «группу С» (курсы по выбору). При этом студент обязан набрать определенное количество кредитов в каждом семестре. Система не проста как для студентов, так и для деканата. Фактически может исчезнуть такое понятие, как студенческая группа. Зато потребуются введение академических консультантов (которые будут помогать студенту разбираться в хитросплетениях учебного плана и советовать, что и когда он должен изучать) и деканатских статистиков.

4. Учебный план должен (хотя, опять-таки, в стандарте соответствующей жесткой нормы нет) быть модульным. Иными словами, дисцип-

лины объединяются в крупные блоки – модули. Предполагается, что по каждому модулю должен иметь место итоговый экзамен. Разрабатывая свою программу «Математика», мы пришли к следующему выводу: чтобы не тратить кредитные единицы, следует по каждой отдельной дисциплине (или по большинству дисциплин) проводить не экзамен, а зачет. Разумеется, при этом можно включить в зачет теоретические вопросы или даже вспомнить такое подзабытое понятие, как зачет с оценкой. Экзамены же следует проводить лишь как итоговую аттестацию по модулю. Например, итоговый экзамен по модулям «Алгебра» (итоговый экзамен), «Геометрия», «Математический анализ» и т.д. При этом мы пошли еще на одну «хитрость»: наличие итоговых экзаменов по модулям позволяет отказаться от государственного экзамена, оставив в качестве государственной аттестации лишь защиту выпускной квалификационной работы. Мало того, что при этом «экономятся» кредитные единицы, но есть и еще одна тонкость. Поскольку ФГОС-3 основан на компетентном подходе, то итоговая государственная аттестация, по логике вещей, должна проверять наличие у студентов всех компетенций, обозначенных в стандарте: не только узкопрофессиональных, но и общепрофессиональных, и общекультурных, которых, напомним, в стандарте «прописано» немало. Попросту говоря, государственный экзамен в этих условиях мог бы превратиться в экзамен по педагогике, психологии, методике, безопасности жизнедеятельности и прочим дисциплинам и модулям вместе взятым, среди которых затерялся бы жалкий кусочек предметных знаний. Наличие итоговых экзаменов по модулю позволит, надеемся, избежать этой опасности.

Не имея возможности в краткой статье остановиться на всех особенностях и тонкостях новых стандартов, подчеркнем одно их несомненное достоинство: новые стандарты оставляют вузу большое поле для самостоятельных решений. Из 240 кредитных единиц на «гуманитарный, социальный и экономический цикл» отводится 28 единиц (по 14 в базовой и вариативной частях), на «математический и естественнонаучный цикл» – 10 единиц (6 базовых и 4 вариативных), на «профессиональный цикл» – 170 единиц, из которых 35 – базовая часть (сюда попадают педагогика, психология, БЖ и методический модуль) и 135 (более половины всех кредитов, отводимых на программу!) – вариативная часть. Готовя свою программу, мы распорядились этими 135 кредитами так: 24 – модуль «Математический анализ и теория функций», 26 – модуль «Алгебра», 19 – «Геометрия», 10 – «Специальные математические дисциплины» (теория вероятности, дискретная математика, дифференциальные уравнения), 26 – «Элементарная математика», по 8 единиц – «Информатика» и «Физика», 14 – дисциплины по выбору.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В МАТЕМАТИЧЕСКОМ ОБРАЗОВАНИИ СТУДЕНТОВ-СОЦИОЛОГОВ

О.А. ВЕЛЬКО

Белорусский государственный университет, г. Минск

В современном учебно-воспитательном процессе подготовки социологов широко используются информационные технологии. Это связано с быстроразвивающимся информационно-образовательным пространством гуманитарного образования.

Использование информационных технологий в процессе обучения математическим дисциплинам студентов гуманитарных специальностей, в том числе и социологов, способствует реализации личностно-ориентированного подхода, позволяет подобрать индивидуальный темп работы и самостоятельно распределить время по изучению материала. Опыт преподавания математических дисциплин студентам-социологам показывает, что преподавателю необходимо использовать информационные технологии для повышения качества математического образования.

Информационные технологии ориентируют студентов на дополнительные источники информации по математическим дисциплинам, находящиеся в Интернете и на CD и DVD-носителях. Поток информации, который циркулирует во внешней среде учебного процесса, имеет познавательную и практическую пользу, так как углубляет систему знаний, развивает умение работать с данными ресурсами, помогает ориентироваться в актуальном социально-экономическом, политическом, психологическом пространстве, требует со стороны преподавателя организации деятельности студента и координации его действий.

Обучение математике должно быть нацелено на развитие у студентов умений анализировать, обрабатывать социологические данные с помощью математического аппарата, на подготовку студентов к самостоятельному изучению тех разделов математики и ее прикладных направлений, которые могут потребоваться дополнительно в практической и научно-исследовательской работе будущих специалистов.

Такой подход, как решение одних и тех же задач на практических и лабораторных занятиях по математическим дисциплинам, способствует закреплению пройденного материала. Следует также отметить, что решение многих математических задач связано с трудоемкими вычислениями, которых можно избежать, используя ЭВМ. Описанная процедура преобразования ответов респондента в диагностический показатель лежит в основе большинства социологических опросов. За этой внешне простой измерительной процедурой стоит кропотливая работа создателя социологического опроса, связанная с получением и трудоемким анализом данных. Некоторые виды такого анализа можно проводить вручную или с помощью микрокалькулятора. Однако по-настоящему глубокий

статистический анализ, обеспечивающий обоснованные, точные и надежные диагностические результаты, немислим без применения современных компьютерных методов.

Автором разработаны лабораторные работы, которые содержат краткие теоретические сведения, методические рекомендации по выполнению лабораторных работ с подробным описанием каждого действия и задачи для самостоятельного решения, идентичные тем, которые решаются на практических занятиях, что позволяет сравнить полученные результаты.

При проведении лабораторных работ рекомендуется использовать статистические функции для обработки данных инструмента Анализ данных в Excel и MathCad.

Таким образом, дисциплина «Основы информационных технологий» для социологов взаимосвязана с дисциплиной «Основы высшей математики», кроме того, она используется при написании курсовых и дипломных работ.

Учитывая общие принципы и особенности обучения гуманитариев, в том числе и социологов, с использованием информационных технологий, преподаватель реализует их в преподавании математики, учитывая возрастные и психологические особенности студента, уровень развития его профессиональной компетентности, умение самостоятельно работать.

Обучение математическим дисциплинам с использованием информационных технологий – это интегрирование в единый процесс информатизации образования.

Литература

1. Еровенко В.А., Сиренко С.Н., Велько О.А. Основы высшей математики: типовая учебная программа для высших учебных заведений по специальности 1-23 01 05 «Социология» // Основы высшей математики. Основы информационных технологий: типовые учеб. программы для высш. учеб. заведений по спец. 1-23 01 05 «Социология» / под ред. В.А. Еровенко. Минск: БГУ, 2009. С. 5-14.

СТРАТЕГИЯ ВНЕДРЕНИЯ КОМПЬЮТЕРНОЙ МАТЕМАТИКИ И ДРУГИХ ПРИКЛАДНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СИСТЕМУ СРЕДНЕГО ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ

А.И. ГИБАДУЛЛИНА

Татарский государственный гуманитарно-педагогический университет, г. Казань

В условиях непрерывного развития технологий возникает острая необходимость в высококвалифицированных прикладных специалистах,

способных успешно адаптироваться к усложняющейся информационной среде. Требуется принципиально новый подход к информационному обслуживанию, к программированию. В современном мире персональный компьютер, являясь инструментом исследования и обработки информации, влияет на стратегию выбора адекватного решения в конкретной ситуации. А это, в свою очередь, требует воспитания нового поколения прикладных специалистов, а также простых пользователей.

Принципиально новые требования вынуждают существенно модернизировать систему образования. Эффективное внедрение информационных технологий в образование при условии интегрирования лучших методов традиционного обучения и нового понимания образования может стать ключом к решению ряда проблем развития общества. Особое значение имеют физико-математические дисциплины, для которых центральной идеей должно стать математическое моделирование. Эффективным инструментом математического моделирования являются системы компьютерной математики (СКМ). На современном этапе развития наиболее оптимальной СКМ для среднего образования является, по мнению автора, пакет Maple. В течение последних нескольких лет в школе № 57 г. Казани осуществляется эксперимент по исследованию возможностей использования системы Maple для формирования математического мышления и развития интеллектуальных способностей школьников. Анализ этого начального опыта был представлен на конференциях «СКМП-2007» и «СКМП-2008». В последующий период продолжалось внедрение пакета Maple и других прикладных программ в учебный процесс. В целом, можно выделить следующие аспекты эффективности внедрения Maple как инструмента физико-математического образования: цели образования и математического в частности; моделирование; логический язык; пространственное воображение; навыки программирования; дифференциация и индивидуализация учебного процесса; перспективное преподавание, преемственность высшего и среднего математического образования; развитие творческих способностей, исследовательских навыков; аналитическое мышление; математическое мышление; психическая коррекция.

Опыт работы республиканской экспериментальной площадки позволяет выработать стратегию внедрения системы Maple и других ИТ в систему среднего физико-математического образования. Основная идея стратегии – развитие математического мышления посредством овладения методом математического моделирования и реализация его в системе компьютерной математики. Составляющие компоненты процесса внедрения: 1) создание и совершенствование материально-технической базы; 2) подготовка информационного обеспечения учебного процесса; 3) создание демонстрационного сопровождения различных типов уроков; 4) встраивание компьютерных вычислений в структуру практи-

ческих занятий; 5) ведение дополнительных курсов – изучение различных компьютерных программ, с помощью которых можно проводить исследование математических моделей, создавать их анимационные отображения, видеофильмы, web-страницы, автозапускающиеся меню; 6) работа учащихся над индивидуальными творческими проектами; 7) систематическое накопление и распространение нового методического опыта; 8) формулирование рекомендаций по методике и о целесообразности использования современных информационных технологий в учебно-воспитательном процессе общеобразовательной школы.

В докладе представлены примеры тематических разработок, творческих работ учащихся, аналитического тестирования, демонстрирующих реализацию идеи стратегии внедрения СКМ (Maple) в школьное физико-математическое образование.

Литература

1. Гибадуллина А.И. Обобщение начального опыта внедрения символической математики и других прикладных компьютерных программ в структуру среднего математического образования // Системы компьютерной математики и их приложения: материалы международной конференции / Мин-во образования и науки РФ; Смоленский гос. ун-т. Смоленск: Изд-во СмолГУ, 2007. Вып. 8. С. 211 – 213.

2. Гибадуллина А.И. Компьютерная математика как учебно-методическое средство обучения в среде школьного образования // Системы компьютерной математики и их приложения: материалы международной конференции / Мин-во образования и науки РФ; Смоленский гос. ун-т. Смоленск: Изд-во СмолГУ, 2008.

ПРОБЛЕМЫ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ В ОБЛАСТИ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

М.М. ГОНЧАРОВ

Филиал ГОУ ВПО МЭИ (ТУ), г. Смоленск

В настоящее время профессиональные кадры в области информационной безопасности являются одними из наиболее востребованных на рынке труда развитых стран, в том числе и в России. Информационная безопасность является одной из самых существенных проблем, причем значимость её, по мере увеличения масштабов внедрения информационных технологий (ИТ) во все жизненно важные сферы жизнедеятельности общества, будет только возрастать. Очевидно, что основные усилия по развитию и совершенствованию как проблемной, так и предметной ин-

формационной подготовки специалистов должны быть связаны с изучением конкретных ИТ и получением навыков их использования.

Для информационной безопасности как науки характерно, с одной стороны, интенсивное взаимное проникновение идей, теорий и методов, а с другой – очень высокий темп обновления знаний, наблюдаемый не только в разработке новых средств угроз и защиты, но и в связанных с ним специальных дисциплинах. По существу, специалисту в течение всей его продуктивной жизни требуется постоянно изучать, осваивать и развивать новые методы, теории и идеи, появляющиеся в новых направлениях развития информационной безопасности.

Рассмотренные выше характеристики предполагают очень высокие требования к подготовке специалистов по информационной безопасности – как к исследователям, так и к разработчикам. Именно этим объясняется постоянная и интенсивная работа мирового сообщества в области разработки новых методологий и курсов с целью поддержки и развития профессионального уровня, адекватного требованиям времени.

Существующую на данный момент систему подготовки специалистов в области информационной безопасности условно можно разделить на два основных направления:

1. обучение по программам высшего профессионального образования в сфере информационной безопасности.
2. обучение по краткосрочным программам (повышение квалификации специалистов в области информационной безопасности).

Направления эти весьма различны. Если первое из них в большей степени ориентировано на подготовку специалистов, не имеющих глубокого опыта работы в сфере информационной безопасности, то второе адресовано лицам с узкой специализацией, уже имеющим опыт работы в области информационной безопасности. Для обоих направлений существует ряд проблем. По окончании обучения в высшем учебном заведении у молодого специалиста нет определенного опыта работы с современными средствами обеспечения информационной безопасности, есть только лишь базовые знания в этой области. В свою очередь, на специальные программы обучения специалистов до сих пор тратится недостаточно средств ввиду отсутствия внимания руководителей к проблеме информационной безопасности.

Обозначив существующие проблемы в подготовке профессиональных кадров, следует предложить некоторые практические меры для их частичного решения.

Во-первых, отбор, перевод и распространение учебных курсов и методических пособий лучших зарубежных университетов с максимально возможной унификацией учебных программ с зарубежными стандартами.

Во-вторых, создание образцовых центров программирования и информационных технологий на базе нескольких лучших кафедр и фа-

культуретов. Такие центры должны определить высокие стандарты подготовки кадров. Центры должны в первую очередь выполнять следующие задачи:

- разработку, экспериментальную проверку и распространение электронных учебных курсов (лекций, семинаров, практикумов) и методических пособий через сеть Интернет;
- организацию переподготовки профессорско-преподавательского состава кафедр программирования и высших учебных заведений, в которых ведется обучение специалистов по информационной безопасности;
- проведение специальных сетевых конференций, семинаров.

В-третьих, развитие профессиональных методик анализа, оценки и управления рисками в области информационной безопасности. Исследование этой задачи даст возможность разработчикам и владельцам информационных компьютерных систем получать обоснованную оценку технико-экономической целесообразности различных мер и способов защиты информации и формировать рациональный комплекс мероприятий для обеспечения информационной безопасности, экономно расходуя выделенные на эти цели ресурсы. Такие методики аудита информационной безопасности позволяют специалистам на доступном языке объяснить необходимость дополнительного финансирования и развития информационной безопасности предприятия.

О НЕКОТОРЫХ ПРИНЦИПАХ ОБУЧЕНИЯ В ШКОЛЕ

Э.Г. КИРЬЯЦКИЙ

Вильнюсский технический университет им. Гедиминаса, г. Вильнюс

В научных работах классиков педагогики Я.А. Коменского, Ж.Ж. Руссо, И.Г. Песталоцци и других деятелей просвещения прошлых веков были выдвинуты и обоснованы положения, которые легли в основу конкретно-исторической категории, связанной с представлениями о сущности и целях процесса обучения.

Ясно, что цели и принципы обучения взаимосвязаны с насущными общественными потребностями. При этом по мере накопления педагогического опыта принципы обучения постоянно видоизменяются и совершенствуются. В этом случае практически (к сожалению, не всегда) удастся сохранить учебный процесс в школе целостным и эффективным.

Естественно, что при реализации принципов обучения в школе учителя должны опираться на возрастные особенности учащихся.

Действительно, в начальной школе, например, происходит смена ведущей деятельности ребенка с игровой на учебную. Практика показывает, что большая часть знаний, умений и навыков, полученных на уро-

ках, еще не используется младшими школьниками во внеурочной деятельности; их практическая ценность утрачивается, прочность существенно снижается. Высокая степень эмоциональности учащихся начальной школы значительно сдерживается строгими рамками учебного процесса. Применение же полученных знаний, умений и навыков в игровой ситуации приводит к их актуализации и мотивации их приобретения.

В качестве наиболее значимых, по нашему мнению, принципов обучения в школе можно выделить следующие.

1. *Принцип доступности.* Возрастные возможности учащихся начальной школы позволяют им легко освоить, например, работу на компьютере.

2. *Принцип индивидуальной направленности.* Он осуществляется в процессе индивидуальной работы.

3. *Принцип личностной направленности.* Пока ученик не ощущает значение чего-либо для себя лично, он относится к этому, как правило, безразлично.

4. *Принцип самостоятельной деятельности.* Ученик практически тяготеет к самостоятельному выполнению данной ему работы и ему не нравится вмешательство посторонних. Он хочет быть хозяином положения и самостоятельно принимать ответственные решения в данной ситуации.

5. *Принцип наглядности.* Наглядность оказывает огромное влияние на мышление ученика и является тем самым очень важным фактором в процессе обучения.

6. *Принцип моделирования.* Ученик, изучая создавшуюся ситуацию, учится заменять поставленную ему задачу другой, более простой задачей, решив которую, получает решение прежней задачи.

7. *Принцип связи теории с практикой.* Известно, что память любого человека имеет избирательный характер. В этой связи, чем интереснее и разнообразнее предмет изучения, тем легче и быстрее он запоминается. Отсюда следует, что применение полученных знаний способствует их лучшему усвоению.

8. *Принцип познавательной мотивации.* Стремление делать что-то хорошо вызывает у учащегося желание изучить более подробно соответствующий материал.

9. *Принцип поиска.* Часто ученику приходится решать некоторую проблему, оказываясь в новой для него практической ситуации. Тогда ему приходится с помощью накопленных знаний переходить к поиску решения и проявлять при этом всю свою интеллектуальную, мотивационную, волевую и эмоциональную активность.

10. *Принцип универсальности.* Указанные выше принципы помогают освоить предусмотренный программой школьный курс обучения.

Нет сомнения в том, что их можно использовать и во многих других случаях, которыми полна жизнь человека в данном обществе.

Следует отметить, что каждый из названных принципов не должен подменяться и поглощаться другими принципами. Далее, было бы наивно полагать, что указанные нами принципы обучения образуют некую единственную замкнутую систему. Отнюдь нет. Имеется достаточно много других систем эффективно действующих принципов обучения, не исключаяющих, однако, их частичное пересечение. Здесь нет ничего удивительного. Проблема принципов обучения ставится в конкретно-исторический момент, и решение ее, как правило, зависит от того, на какой стадии своего развития находится общество в целом. Бывает также, что даже очень малый промежуток времени кардинально меняет общественную формацию и тем самым оказывает сильнейшее влияние на цели и программу обучения в различных учебных заведениях. Это, в свою очередь, приводит к довольно частому чередованию различного рода реформ в области просвещения. Следует отметить, что частая смена программы обучения не всегда соответствует данному историческому моменту в развитии общества в целом и поэтому может привести к ситуации, когда учебный процесс заходит в тупик. В то же время обилие различных реформ стимулирует образование многих систем, состоящих из принципов обучения, что дает возможность выбрать из них лучшую. В этом направлении достаточно познакомиться с теоретическими и практическими работами многих современных ученых.

Литература

1. Лернер И.Я. Процесс обучения и его закономерности. М., 1960. С. 52–66.
2. Бабанский Ю.К. Процесс обучения. М., 1983. С. 154–159.
3. Подластный И.П. Педагогика. Новый курс. М., 1999. С. 431.
4. Орлов В.И. Принципы обучения // Проблемы теории и методики обучения. 2007, №10, С. 9–19.

К ВОПРОСУ О ПРИМЕНЕНИИ МАТНСАД ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ФИЗИКИ В СРЕДНЕЙ ШКОЛЕ

Н.А. КОНОПЛЕВА

МОУ СОШ № 17, г. Смоленска
e-mail: konoplewa32@mail.ru

Создание персонального компьютера в конце двадцатого века породило новые информационные технологии, заметно повышающие качество усвоения информации, ускоряющие доступ к ней, позволяющие применять вычислительную технику в самых разных областях деятель-

ности человека. Мультимедийные программы с интерактивным интерфейсом, снабженные графическим, видео- и звуковым сопровождением, превращают работу пользователя в творческий труд, приносящий удовлетворение. Это чувство особенно ценно в процессе познания. Наступило время революционных преобразований в кропотливом труде школьника и учителя.

Компьютер из экзотической машины превращается в еще одно техническое средство обучения, пожалуй, самое мощное и самое эффективное из всех существовавших до сих пор технических средств, которыми располагал учитель [1].

Физика занимает особое место среди школьных дисциплин. Как учебный предмет, она создает у учащихся представление о научной картине мира. Применение персонального компьютера позволяет облегчить производимые вычисления и значит, позволяет сосредоточиться на физической сущности явления, не особо задумываясь над математическими проблемами.

Современные школьники довольно далеки от понимания того факта, что персональный компьютер был создан не для развлечения, а в первую очередь для проведения научных расчетов. И большинство из них даже не представляют себе, что имеется целый ряд различных математических пакетов, реализующих разнообразные численные методы, а также способных производить аналитические математические преобразования. Пожалуй, наиболее известными сегодня являются следующие пакеты: Mathematica (фирма Wolfram Research), Maple (фирма Waterloo Maple Inc), Matlab (фирма The MathWorks), Mathcad (фирма PTC) [2].

Пакет Mathcad более популярен в инженерной, чем в научной среде. Характерной особенностью пакета является использование привычных стандартных математических обозначений, то есть документ на экране выглядит точно так же, как обычный математический расчет. Пакет ориентирован в первую очередь на проведение численных расчетов, но имеет встроенный символический процессор Maple, что позволяет выполнять аналитические преобразования [2].

Для реализации задачи более осознанного выбора дальнейшего профиля обучения, развития познавательного интереса учащихся к физике, выявления учащихся с конструктивным мышлением, помощи в овладении профессионально-направленной информационной технологией был разработан курс по выбору для учащихся 9 информационно-технологического класса «Система символьной математики Mathcad».

Основная цель данного элективного курса – популяризация разработанной методики обучения физике с помощью компьютера. Показать учащимся, что, используя современные программные средства, учащийся, даже не сильно успевающий в математике, может решать большинство физических задач. При изучении курса объясняются и становятся

более наглядными основные понятия курса физики, такие как построение графиков движения тел, составление уравнений движений. Курс позволяет уделить внимание обработке результатов лабораторных работ, поскольку включает тему «Обработка данных».

Особенность данного курса состоит в том, что изучение компьютерной программы органично переплетается с материалом, изучаемым на уроках физики, что позволяет намного расширить горизонты изучаемых явлений и использовать достаточно сложные математические модели для их объяснения.

С программой данного курса в открытом доступе можно ознакомиться на сайте в Смоленском областном институте усовершенствования учителей и в [3].

Литература

1. Гололобов А.И., Гололобова Е.Л. Использование персонального компьютера на уроках физики. Тамбов, Лингвистическая гимназия про ТГУ им. Державина, 2000. roman@admist.tstu.ru.
2. Тарасевич Ю.Ю. Численные методы на Mathcad'e. // Астрахань. Астраханский гос. пед. ун-т. 2000.
3. ШКОЛА 3: наука и практика. Сборник адаптированных авторских программ для школ и вузов. М.: Экслибрис Пресс, 2008.

РАЗРАБОТКА ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПОРТАЛА ДЛЯ ШКОЛ СМОЛЕНСКОЙ ОБЛАСТИ¹

А.Ю. КРАЕВ, Т.А. САМОЙЛОВА, А.Г. ЧЕХЛЕНКОВ

Смоленский государственный университет, г.Смоленск

Физико-математический факультет СмолГУ на протяжении нескольких лет проводит работы по созданию образовательных порталов учебных заведений [1, 2]. Их новые версии имеют улучшенные WEB-сервисы и современный пользовательский интерфейс. Последняя версия разработана нами для поддержки образовательной деятельности школьников и методической поддержки работы учителей Смоленской области. Портал предоставляет учителям сетевой коллективный доступ к информационному наполнению его базы данных электронными образовательными ресурсами, а также унифицированное рабочее пространство для индивидуальной и коллективной работы учащихся, выполняя функции

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке РГНФ и Администрации Смоленской области, проект 09-06-58606 а/Ц.

централизованной среды сопровождения образовательного процесса в школах. Такая Интернет-поддержка образовательной деятельности школ предполагает:

- создание комплекса профильных и элективных курсов для дистанционного обучения, авторами которых являются учителя школ, преподаватели и аспиранты СмолГУ;
- организацию различных видов консультативной помощи школьникам и их родителям (психологической, предметной);
- подготовку к сдаче единого государственного экзамена;
- организацию подготовительных курсов (элективные, олимпиады, и т.д.).

Главным отличием этой новой версии портала является наличие в нем комплекса WEB-сервисов, связанных с созданием и использованием образовательных ресурсов, в частности:

- интерактивная среда преподавателя, включающая сервисы регистрации, создания каталога собственных ресурсов, а также ввода этих ресурсов;
- интерактивная среда учащегося, сервисы которой позволяют получить доступ к каталогам преподавателей и разнообразным структурированным и неструктурированным ресурсам, хранящимся в различных форматах (html, xml, doc, ppt, mcd, баз данных и др.);
- поисковые сервисы по базе данных, позволяющие выполнить поиск ресурсов по категории, автору, преподавателю, предмету или входящим в ресурс ключевым понятиям и определениям;
- сервисы публикации статей и новостей (на главной странице).

При реализации сервисов портала обеспечивается требование их безопасности. Оно реализуется наличием механизмов разграничения доступа различных категорий пользователей – учащихся, преподавателей, сетевого администратора. Размещение файлов производится преподавателями, зарегистрированными на ресурсе. Файлы разрешено размещать только в zip-архивах. Это позволяет обеспечить высокий уровень защиты от несанкционированного доступа к файлам. Рейтинги популярности файлов и статей, а также возможность создания комментариев и описаний к ним, призваны помочь пользователям быстро находить то, что им нужно. Система сервисов портала реализована как система независимых программных компонентов, функционирующих на одном или нескольких компьютерах сети и взаимодействующих друг с другом на основе открытых стандартов. Эти разворачиваемые порталом сервисы обеспечат полный набор услуг по комплексному информационному обеспечению учебного процесса.

Важнейшей составляющей образовательного портала является репозиторий – реляционная база данных, где хранится вся информация, относящаяся к конкретным образовательным ресурсам, пользователям,

новостям. Собственно образовательные ресурсы хранятся в динамически формируемых каталогах WEB-сервера, а поля базы данных содержат лишь ссылки на эти каталоги.

Для разработки информационной системы использовались открытые программные средства: PHP-среды создания сетевых приложений среднего размера типа учебного портала; СУБД MySQL, поддерживающей неограниченное количество пользователей (учащихся, методистов, преподавателей, родителей), одновременно работающих с базой данных; WEB-сервера Apache, удовлетворяющего принципам открытых стандартов. Архитектура портала показана на рисунке 1.

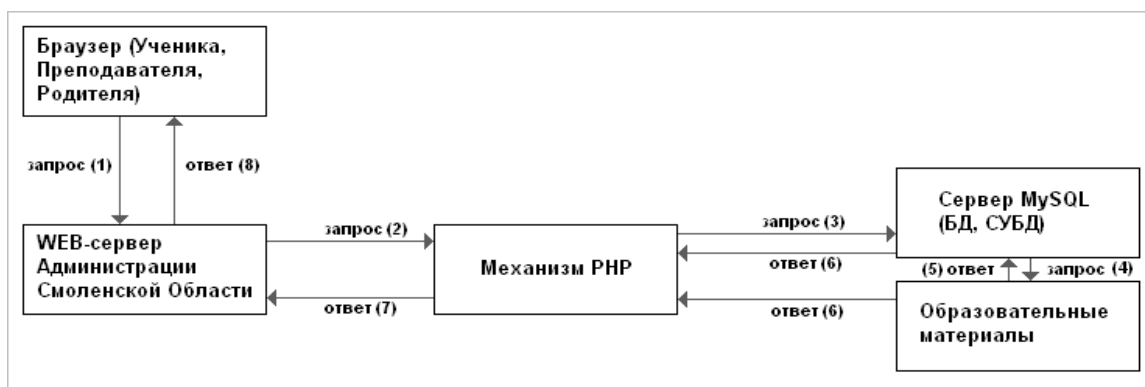


Рис. 1. Архитектура образовательного портала

Информационную структуру портала представляет собой набор рубрик. Приводим назначение основных из них.

Главная страница содержит основное меню сайта, последние новости школы и поля для регистрации администратора, школьных психологов и преподавателей (рис. 2).

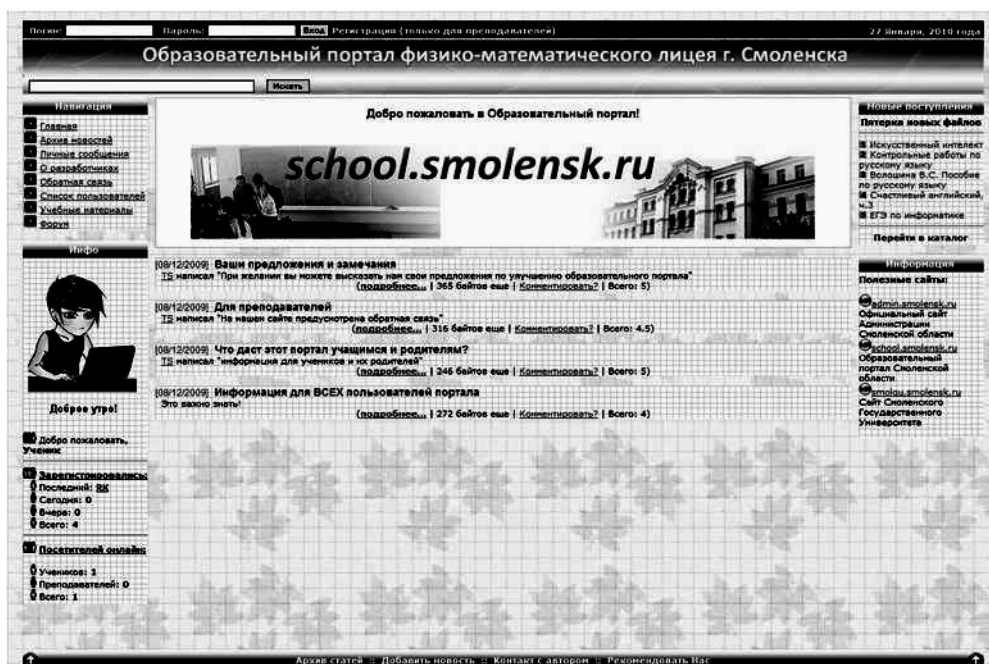


Рис. 2. Главная страница портала

Учебные материалы – основная рубрика портала. Позволяет систематизировать большое количество разнообразных по формату образовательных материалов и организовать их поиск по категориям, предметам, преподавателям. Систематизация материалов предусматривает наличие следующих категорий:

- Личные кабинеты преподавателей и психологов;
- Библиотека;
- Внеклассная работа;
- Учебный отдел;
- Творчество учащихся;
- Выпускникам;
- Дополнительное образование.

Найденные материалы можно скачивать в виде файлов.

На рисунке 3 представлена страница с указанными категориями, доступная учащимся и их родителям.

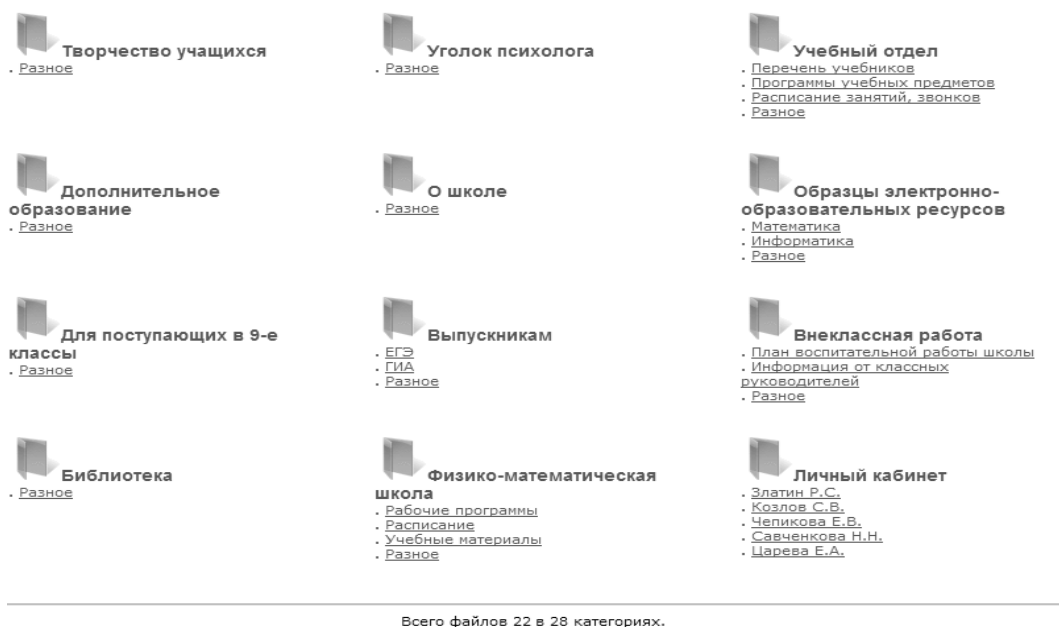


Рис. 3. Категории образовательных материалов портала

Форум обеспечивает общение между школьниками, родителями, учителями и школьными психологами с помощью электронных писем – сообщений.

В настоящее время проект успешно выдержал тестовые испытания и размещен на WEB-сервере Администрации Смоленской области. Предполагается его внедрение в физико-математическом лицее и ряде других школ города Смоленска. Применение портала создаст условия для формирования навыков работы школьников, их родителей и учителей с образовательной информацией, что станет основным стержнем профессиональной деятельности выпускников школ в условиях информационного общества, необходимым компонентом информационной

культуры. Такой портал аккумулирует разнообразные образовательные средства Смоленской области, поддерживая индивидуальный уровень образования, интерес к его повышению и самообразованию.

Литература

1. Расулов К.М., Самойлова Т.А., Сенькина Г.Е. Проект специализированной профильно-ориентированной интерактивной сети общеобразовательных учреждений Смоленской области // Системы компьютерной математики и их приложения. Смоленск, 2009.

2. Самойлова Т.А. Концепция сайта для профильного обучения школьников с использованием дистанционных технологий // Системы компьютерной математики и их приложения. Смоленск, 2009.

ДИСТАНЦИОННЫЙ УЧЕБНЫЙ КУРС ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ЕГЭ ПО МАТЕМАТИКЕ¹

И.И. ЛАВРИНОВА*, Т.А. САМОЙЛОВА**

Смоленский государственный университет, г. Смоленск

* e-mail: laniri@inbox.ru, ** e-mail: tatsam@hotmail.ru

Престиж дистанционного обучения растет с каждым годом. В школьном образовании эта форма обучения дает возможность учащимся как ликвидировать пробелы в знаниях, так и углубить свои знания в интересующих областях. Предлагаемый дистанционный курс «ЕГЭ по математике на ОТЛИЧНО» предназначен для учеников, желающих систематизировать или заново получить знания по различным разделам математики и успешно подготовиться к сдаче экзаменов. Этот образовательный ресурс представляет собой сайт, который содержит все необходимые теоретические и практические задания для получения знаний, их систематизации, закрепления и проверки качества усвоения. В **состав курса** включены:

- общая информация о ЕГЭ;
- вся необходимая теория по математике;
- тексты заданий по всем разделам математики, которые предлагаются на ЕГЭ;
- решения всех типов задач;
- словарь терминов по разделам математики;

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке РГНФ и Администрации Смоленской области, проект 09-06-58606 а/Ц.

– разнообразные материалы для дополнительного чтения.

Возможно несколько форм работы с данным ресурсом:

– очная (как дополнительный материал при подготовке к урокам);

– дистанционная [1] (как самостоятельное изучение разделов математики по обучающему курсу).

Несомненно, дистанционный курс рассчитан, прежде всего, на сознательных учеников, которые будут добросовестно прорабатывать материал, самостоятельно выполнять все тесты и задания. Его **преимущества** перед традиционной формой:

– обучение проводится в индивидуальном темпе - скорость изучения материалов устанавливается самим учащимся в зависимости от его личных обстоятельств и желаний;

– свобода и гибкость обучения – ученик может выбрать любой из предоставляемых на выбор многочисленных курсов обучения, а также абсолютно самостоятельно рассчитать время и продолжительность своих занятий;

– доступность обучения для любого человека – независимо от географического и временного положения;

– социальное равноправие – подразумевает равные возможности получения дистанционного образования в независимости от места проживания, состояния здоровья, национальности и материального состояния обучаемого.

Предлагаемый дистанционный курс предусматривает основательную теоретическую подготовку по различным разделам математики, а также возможность использования тестов и контрольных работ для оценки усвоения знаний. На всех этапах работы можно пользоваться справочными материалами. Ниже представлены теоретические **разделы** интерактивного обучающего курса:

1. Проценты.
2. Арифметические действия.
3. Тождественные преобразования алгебраических выражений.
4. Линейные алгебраические уравнения и их системы
5. Квадратные уравнения. Исследование квадратного трехчлена.
6. Метод интервалов.
7. Уравнения и неравенства, содержащие модули.
8. Иррациональные уравнения.
9. Задачи на определение и свойства логарифмов.
10. Показательные уравнения.
11. Логарифмические уравнения
12. Показательные неравенства
13. Логарифмические неравенства
14. Арифметическая прогрессия.

15. Геометрическая прогрессия.
16. Основные тригонометрические соотношения. Тригонометрические преобразования и вычисления.
17. Тригонометрические преобразования.
18. Обратные тригонометрические функции.
19. Простейшие тригонометрические уравнения.
20. Решение более сложных тригонометрических уравнений.
21. Решение тригонометрических неравенств.
22. Вычисление производной функции в точке.
23. Уравнение касательной к графику функции.
24. Роль производной в исследовании функции.
25. Наибольшее и наименьшее значение функции.
26. Комбинаторика.
27. Вектора.
28. Планиметрия.
29. Стереометрия.
30. Функции и их свойства.
31. Первообразная и интеграл.
32. Параметры (обобщение материала).

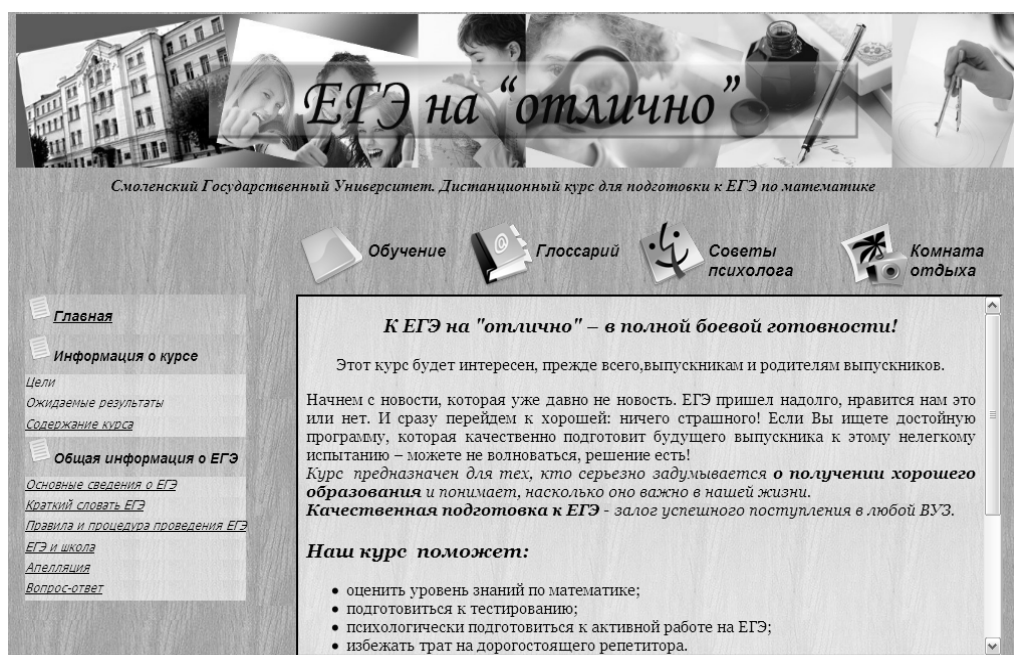


Рис. 1. Оформление титульного экрана электронного образовательного ресурса

При обучении учащиеся должны самостоятельно проработать темы при помощи иллюстрированного самоучителя и других материалов, предоставленных на сайте. Закрепить изученный материал позволяют тестовые и контрольные задания. Например, в тестовых заданиях по теме «Прогрессии» содержится 6 вопросов с выбором ответа. После прохождения теста обучающийся получит оценку в зависимости от процента правильных ответов и комментариев при неверном ответе.

Ресурс имеет интуитивно понятный интерфейс и не требует методических указаний по применению. Оформление экранов электронного ресурса выполнено единообразно. На рисунке 1 приведен пример оформления титульного экрана сетевого образовательного ресурса. На ней имеются навигационные ссылки 2 типов – горизонтальные и вертикальные.

Главное навигационное меню, расположенное горизонтально под логотипом ресурса, позволяет перейти непосредственно к обучению. Вспомогательное навигационное меню, расположенное вертикально слева, позволяет перейти к общей информации о проекте, экзаменах и т.д.

На рисунке 2 показана тестовая страница курса, содержащая фрагмент ЕГЭ. После ответов школьника на вопросы теста они проверяются с использованием Java-скриптов, после чего выдается информация о правильных ответах (+) и подробно анализируются и сообщаются причины ошибок.

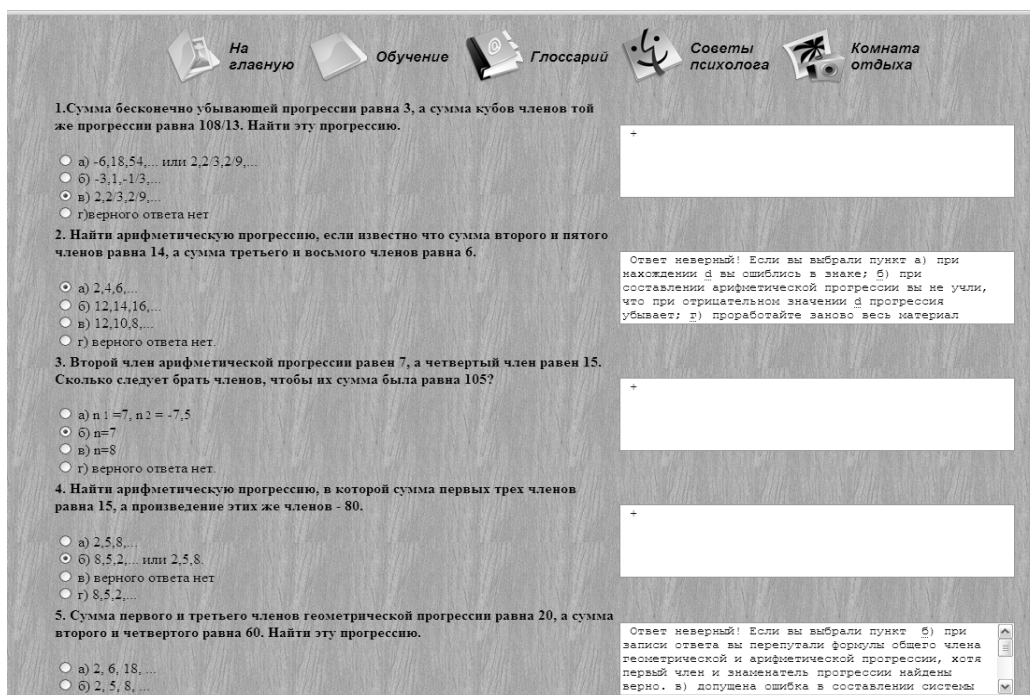


Рис. 2

Требования к программному обеспечению курса:

- операционная система Windows 98/Me/2000/XP;
- браузер Internet Explorer версии не ниже 5 или совместимые браузеры(FireFox, Opera)

Литература

1. Самойлова Т.А. Концепция сайта для профильного обучения школьников с использованием дистанционных технологий // Системы компьютерной математики и их приложения. Смоленск, 2009.

ОЦЕНОЧНЫЙ КОМПОНЕНТ ОБРАЗА «ДЬЯВОЛ» В КАРТИНЕ МИРА АНГЛИЙСКОГО ЯЗЫКА

А.И. ЛЫЗЛОВ

Смоленский государственный университет, г. Смоленск
e-mail: aleksej-lyzlov@ya.ru

Образы, объективирующие в паремической картине мира верховного иерарха темных сил, характеризуются наличием значительного оценочно-эмоционального «заряда», направленного в сторону мелиоративности. Совокупность паремий, рассматривающих образ дьявола, представляет его весьма разноплановым. Они описывают не только персонифицирующие черты и образ действий рассматриваемого феномена, но и некоторые особенности взаимоотношений с ним человека.

Анализируя паремийный фонд английского языка, представляется возможным выделить ряд персонифицирующих черт, присущих падшему ангелу и легших в основу нормативно-оценочных высказываний.

По словам В.Н. Телия, языковые единицы, обладающие связным, несвободным значением, такие как фразеологизмы и паремии, возникают на основе образного представления о действительности [5, с. 13]. Они могут представлять собой переработанные в сознании языкового коллектива элементы фольклорных, мифологических, религиозных и иных текстов. Данные единицы отражают ряд типовых ситуаций как поучений, являются носителями моральных представлений того или иного социума. В.Н. Телия отмечает также прагматическую ценность связных сочетаний [5, с. 21]. Паремии в значительной мере способны выражать отношение говорящего посредством тех или иных языковых единиц к окружающему миру, стремление говорящего воздействовать на слушающего.

Целью данной статьи является изучение семантики образа «дьявол» в паремиях со значением оценки, которые объективируются в мелиоративных и пейоративных оценочных признаках.

Было проанализировано более полутора тысяч паремических текстов. Из них было отобрано 61 паремическое высказывание, содержащее искомую образную составляющую. Рассмотрим ряд пейоративных признаков описываемого образа.

«Гордыня». Согласно библейской традиции падение сильнейшего из ангелов произошло из-за его горделивой попытки добиться власти на небесах. К примеру: **pride goes before fall** (EPSRE); **pride will have a fall** (EPSRE) (русск.: «за гордостью следует падение»).

Паремическое высказывание **pride is a flower that grows in the devil's garden** (ES) (русск.: «гордость – это цветок, который растет в саду дьявола») метафорически описывает гордыню посредством флористической тематики.

Пословичное выражение **the devil wipes his tail with the poor man's pride** (ES) (русск.: «дьявол вытирает хвост о гордость бедняка») осуждает не гордость вообще, а частный случай – необоснованные претензии несостоятельного человека. В данном высказывании мифологема «дьявол» объективирует конкретные признаки описываемого образа – его хвост.

«*Безделье*». Безделье и праздность разлагают человека. Паремиологическая картина мира рассматривает безделье и праздность как повод для искушения человека дьяволом, которые приводят его, таким образом, к безнравственным и греховным поступкам. Лейтмотивом для рассматриваемых ниже высказываний послужит паремическая единица **by doing nothing we learn to do ill** (EPSRE) (русск.: «праздность – мать всех пороков»). Паремическое высказывание **the devil tempts all, but the idle man tempts the devil** (ES) (русск.: «дьявол искушает всех, но праздный человек искушает дьявола») использует прием рамочного повтора и тем самым усиливает эмоциональный заряд данного высказывания.

Паремия **an idle brain is the devil's workshop** (ERPD) (русск.: «праздный ум – мастерская дьявола»), порицающая безделье, использует прием метафоры, употребляя денотат «мастерская» вместо денотата «ум».

Пословичная единица **the devil finds mischief for idle hands** (ERPD) (русск.: «дьявол вредит праздным рукам») использует механизм метонимии, который привлечен для косвенного наименования людей, томящихся от безделья. Таким образом, в описываемой паремии появляется понятие «праздные руки», номинирующее человека в целом.

«*Двуличие/обман*». Все нравственные отклонения человечества отнесены на счет дьявольской изобретательности. Главным орудием дьявола в борьбе за души людей является обман, искушение, соблазн. Но это есть тонкий обман: его слова должны быть похожи на правду. Для достижения своих целей дьявол не стесняется в средствах. Как утверждает паремия **the devil can cite Scripture for his purpose** (ERPD) (русск.: «и черт при надобности вспоминает Святое писание»), он может прибегнуть и к авторитету священного писания, искажая его смысл. Иной раз он может сказать и правду **the devil sometimes speaks the truth** (ERPD) (русск.: «и черту случается правду сказать»).

Паремическая картина мира осуждает двуличие и ханжество, когда за показной набожностью скрываются недобрые помыслы. Данная идея объективируется в паремии **the devil lurks behind the cross** (EPSRE) (русск.: «дьявол скрывается за крестом»). Сходной семантикой характеризуется и паремия **beads about the neck, and the devil in the heart** (ES) (русск.: «с четками на шее и с дьяволом в сердце»). Единственное оружие против козней дьявола – правда, о чем повествует паремическая

единица: **tell the truth and shame the devil** (ES) (русск.: «говори правду и посрами дьявола»).

«*Страсть к азартным играм*». Порочный азарт, разрушающий душу человека, также приписывается дьявольским козням. Паремии приписывают игру в кости: **the devil is in the dice** (ES) (русск.: «дьявол в костях»). Другая распространенная азартная игра – карты – получает метафорическое описание в паремическом высказывании **cards are the devil's books** (ES) (русск.: «карты – книги дьявола»), в котором проводится параллель между картами и книгами дьявола.

«*Лесть*». Лесть описывается в английской паремиологии как однозначно негативно оцениваемое качество. Как говорилось выше, пороки – порождение дьявола. Ложь, порождаемая стремящимся к выгоде льстецом, радуется дьявола **when the flatterer pipes, then the devil dances** (ES) (русск.: «когда льстец играет на волынке, дьявол танцует»). Данная ситуация метафорически переосмысливается в образах танцующего дьявола и играющего на волынке льстеца. Когда встречаются два льстеца, они делают за дьявола его работу, то есть порождают ложь. Поэтому, встретив таких людей, он может отдохнуть. Об этом повествует паремия **when flatterers meet, the devil goes to dinner** (ES) (русск.: «когда встречаются два льстеца, дьявол идет обедать»).

Злобою своей дьявол, безусловно, страшен, но в бессильных потугах перевернуть божественный миропорядок он выглядит не столько страшным, сколько смешным. Зло, которое само себя разоблачает и развенчивает, перестает быть угрожающим, оно производит комический эффект. Природа комического как раз и заключается в обнаружении несовершенств, неполадок, диспропорций, не представляющих реальной угрозы человеку [1, с. 48].

Амбивалентность образа дьявола есть необходимое следствие этического дуализма. Возведя зло к универсальному принципу, культура старалась соединить объективно несовместимое: силу и бессилие, неукротимую энергию и внутреннюю ничтожность. Таким и получился дьявол. Его нельзя было изображать слишком могущественным, ибо тогда он стал бы равным богу и привлекал на свою сторону тех, кто поклонялся силе. Но нельзя было и преувеличивать и его щедедушность, ибо никто не стал бы воспринимать его всерьез [4, с. 114].

«*Мудрость*». Мудрость дьявола – лиходейская мудрость, но отрицать ее – значит грешить против истины. А мудрость зачастую идет рука об руку с опытом: **the devil knows many things because he is old** (ERPD) (русск.: «дьявол мудр, потому что стар»). Паремия **the devil is subtle, yet weaves a coarse web** (ES) (русск.: «дьявол, хотя и нежен, плетет грубую сеть») признает могущество его ума, способность погубить человека. В данной паремии, помимо столкновения антонимов **coarse** и **subtle**, ис-

пользуется многозначность последнего понятия: «утонченный, нежный» и «хитрый, коварный, искусный, ловкий».

«Слабость дьявола». Возможность как прагматический аспект семантики реализует высказывание: **a woman can beat the devil** (ES) (русск.: «женщина и черта одолеет») использует прием остранения. В нем выстраивается оригинальная оценочная шкала для сопоставления образа дьявола и женщины, причем сравнение не в пользу первого. Данная паремическая единица подчеркивает не сколько слабость дьявола, сколько силу женщины. Паремическая единица **the devil is not always at one door** (EPSRE) (русск.: «дьявол не всегда стоит у двери») развенчивает представление о всеилии темного владыки, она отучает людей от смутного, безосновательного страха перед темными силами.

«Антропоморфность дьявола». Прагматика невозможности отражена в паремических высказываниях, раскрывающих антропоморфный характер рассматриваемого образа: **when the devil is blind** (EPSRE) (русск.: «когда дьявол ослепнет») и **when the devil is dead** (ES) (русск.: «когда дьявол умрет»). В представленных выше высказываниях образ дьявола также задействует прием остранения. Сверхъестественным существам не присущи болезнь и смерть.

Количественные данные о характеристиках образа «дьявол» в паремиях английского языка приведем в таблице 1.

Таблица 1

Общее количество образов	Пейоративные	Антропоморфные
61	47	14

Выводы

Анализ оценочных паремий, объективирующих образ «дьявол» показал, что описываемые единицы характеризуются многоаспектной метафорически переосмысленной семантикой. Превалирующее количество описываемых паремических единиц имеет однозначно негативную семантику. Они реализуют такие признаки, как гордыня, безделье, двуличие и обман, страсть к азартным играм, лесть. Дьявол как многосторонний антропоморфный образ обладает в английской паремиологии рядом признаков антропоморфных признаков, таких как мудрость, слабость, слепота и смерть. Описываемый образ в них является неким экспрессивно-оценочным фоном, на основе которого разворачивается паремическое описание различных ситуативных признаков.

Литература

1. Бахтин М.М. Творчество Ф. Рабле и народная культура Средневековья и ренессанса. М.: Художественная литература, 1990. 541 с.
2. Кунин А.В. Большой англо-русский фразеологический словарь; 5-е изд., испр. М.: Живой язык, 1998. 944 с. (ERPD)

3. Модестов В.С. Английские пословицы и поговорки и их русские соответствия. М.: Рус. Яз. Медиа, 2003. 467 с. (EPSRE)
4. Скрипник А.П. Моральное зло в истории этики и культуры. М.: Изд-во политической литературы, 1992. 321 с.
5. Телия В.Н. Типы языковых значений. Связное значение слова в языке. М.: Наука, 1981. 269 с.
6. URL: <http://www.english-sayings.com> (ES).

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРЕПОДАВАНИИ ВЫСШЕЙ МАТЕМАТИКИ СТУДЕНТАМ-ГЕОГРАФАМ

О.М. МАТЕЙКО, Н.Б. ЯБЛОНСКАЯ

Белорусский государственный университет, г. Минск,
e-mail: matseika@bsu.by, Yabl_nb@bsu.by

Одним из действенных инструментов повышения качества подготовки специалистов-географов является обеспечение непрерывного информационного и математического образования студентов. Основным смыслом его – не только использование математического аппарата, но и привлечение к обучению современных информационных технологий. Ставится цель познакомить студентов с особенностями геолого-географических образований и процессов как объектов математического изучения и моделирования, со спецификой географических задач, решаемых с помощью математических методов. Необходимо знать основные принципы географо-математического моделирования и особенности их применения в различных областях географии и геологии; владеть методами математической обработки геолого-географической информации; уметь формулировать географические задачи в виде, пригодном для их решения математическими методами, и выбирать наиболее эффективные методы решения.

Некоторые математически смоделированные прикладные задачи могут быть решены с привлечением компьютера, что возможно лишь при организации межпредметных связей на должном методическом уровне. При этом можно использовать различные пакеты, такие как MathCad, Matlab, Mathematica и др. Например, MathCad легко и доступно решает задачи линейной алгебры, математического анализа, дифференциальных уравнений; при этом вид уравнений на экране совпадает с привычной математической записью, как бы являясь логическим продолжением курса высшей математики.

Математические методы с успехом применяются в географии и геологии. Широкое использование математики становится необходимым условием успешной разработки содержательных аспектов географических и геологических теорий (не говоря уже об их формализации). Ма-

тематические методы позволяют также систематизировать и классифицировать результаты исследований и на их основе проводить районирование территории, определять сходство и различие между процессами взаимодействия в различных природных условиях, вероятностную зависимость между явлениями, выделять ведущие факторы, действующие на развитие процесса, создавать математические модели процессов или явлений для целей географического и геологического прогнозирования. В рамках реализации принципа профессиональной направленности преподавания дисциплин математического цикла на географическом факультете БГУ преподаватели кафедры общей математики и информатики предлагают студентам ряд практических задач, включающих данные географических и геологических исследований, для составления математических моделей и последующего решения при помощи компьютера. В заключение рассмотрим конкретный пример.

Задача. В рудах одного из полиметаллических месторождений присутствует золото, которое рассматривается как сопутствующий компонент. На одном из участков месторождения обнаружено, что корреляционная связь между концентрациями золота и свинца в рудах проявляется только при содержании свинца ниже 1,5 %, для богатых руд она практически отсутствует, а руды среднего качества характеризуются обратной корреляционной связью. Для подтверждения этой гипотезы и распространения её на закономерности формирования всего месторождения необходимо провести анализ результатов опробования руд соседнего неизученного участка месторождения.

Требуется:

- 1) определить наличие корреляционной связи между золотом и свинцом в рудах на неизученном участке месторождения по выборочным данным;
- 2) при наличии корреляционной связи рассчитать уравнение зависимости содержания золота от свинца в рудах.

Для решения данной задачи используется инструмент «регрессия» пакета анализа MS Excel.

В настоящее время география активно использует компьютерные технологии, быстро развивается новая отрасль – геоинформатика – наука, сочетающая теорию, методы и традиции классической картографии и географии с возможностями и аппаратом прикладной математики, информатики и компьютерной техники.

Перспективы и пути развития таковы, что география и геоинформатика в XXI веке будут представлять собой единый комплекс наук, опирающийся на пространственную идеологию и использующий самые современные технологии по переработке огромного объема любой информации. Поэтому будущему специалисту-географу так важно изучение высшей математики и информатики.

Литература

1. Матейко О.М., Плащинский П.В. Высшая математика. Примеры и задачи: учебно-методическое пособие для студентов географического факультета. Минск: БГУ, 2005. 47 с.

МОРФЕМНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АНГЛИЙСКИХ ГЛАГОЛОВ В МЕТАЯЗЫКЕ СЛОВАРЯ МАКМИЛЛАН

Н.А. НИКИФОРОВА

Смоленский государственный университет, г. Смоленск

e-mail: niknat07@list.ru

Метаязык словаря – это язык, используемый в дефинициях при толковании значений лексических единиц. Будучи языком описания естественного языка, он одновременно выступает и как часть этого же естественного языка (в толковых англо-английских лексикографических пособиях). Сходство природы языка описания и языка объекта не означает их совпадения. Язык описания формирует промежуточную знаковую систему, отражая не непосредственную действительность, а другую существующую знаковую систему.

Отбор слов для языка описания производится путем выбора из чрезвычайно больших массивов эмпирического материала слов, которые бы в наибольшей степени подходили бы для целей составителей словарей: были бы понятны пользователям, позволяли бы адекватно объяснить значение любого слова, образовывали бы закрытую систему. Таким образом, внимание составителей обращено в первую очередь на семантику и частотность отбираемых слов. Представляется интересным проанализировать, имеют ли место при этом какие-нибудь закономерности в морфемном составе единиц, попадающих в список метаязыка.

В докладе рассматриваются соотношения признаков, отражающих морфемный состав глаголов метаязыка из словаря [2], с рядом этимологических характеристик глаголов.

В число морфемных включаются следующие признаки: безусловная префиксальная членимость – ПФ1 (disappear), безусловная суффиксальная членимость – СФ1 (decorate), условная префиксальная членимость – ПФ2 (prepare), условная суффиксальная членимость – СФ2 (separate).

К исследованию привлекаются следующие хронологические и этимологические признаки английских глаголов, включенных в Мета (в скобках дается краткое обозначение признака).

- 1) Древнеанглийский период возникновения глагола (ДРЕВ).
- 2) Среднеанглийский период возникновения глагола (СРЕД).
- 3) Новоанглийский период возникновения глагола (НОВ).

4) Корень глагола имеет романское происхождение (РОМ).

5) Корень глагола имеет германское происхождение (ГЕРМ).

Для выявления соотношений используется коэффициент корреляции Коула [1].

Соотношение диахронических признаков и признаков, отражающих морфемный состав глаголов метаязыка, приводится в таблице 1.

Таблица 1.

Соотношение диахронических и морфемных признаков словаря описания

	ПФ1	ПФ2	СФ1	СФ2
ДРЕВ	-0,74	-0,89	-0,37	-0,85
СРЕД	0,12	0,30	-0,54	0,08
НОВ	0,17	0,17	0,40	0,30
РОМ	0,44	0,81	0,04	0,54
ГЕРМ	-0,44	-0,80	-0,03	-0,54

Общее количество статистически значимых корреляций равно шестнадцати. Они поровну делятся на положительные и отрицательные зависимости.

Большинство корреляций, полученных на этом этапе исследования, являются достаточно сильными. Выделим некоторые из них. Положительные корреляции между следующими признаками: ПФ2 и СРЕД: $K = 0,30$ (accuse, believe); НОВ и СФ1: $K = 0,40$ (frighten, criticize); НОВ и СФ2: $K = 0,30$ (operate, calculate); РОМ и ПФ1: $K = 0,44$ (remove, exchange); РОМ и ПФ2: $K = 0,81$ (affect, insult); РОМ и СФ2: $K = 0,54$ (punish, mention).

Наиболее сильными отрицательными являются корреляции признаков ДРЕВ и ПФ1: $K = -0,74$; ДРЕВ и ПФ2: $K = -0,89$; ДРЕВ и СФ2: $K = -0,85$; СРЕД и СФ1: $K = -0,54$; ГЕРМ и ПФ2: $K = -0,80$; ГЕРМ и СФ2: $K = -0,54$.

Таким образом, в словаре описания имеет место достаточно тесная взаимозависимость между синхронными и диахронными признаками.

Литература

1. Андреев С.Н. Исследование языковой системы при помощи ЭВМ: На материале деривационных классов английских глаголов. Смоленск: СГПИ, 1987.

2. Macmillan English Dictionary. Oxford: Bloomsbury Publishing Plc., Macmillan Publishers Limited, 2002.

ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И УСЛОВИЯ ПРИМЕНЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ВОЕННОМ ВУЗЕ

Г.В. НОВИКОВА, В.А. ПРОДАНЕЦ

ВА ВПВО ВС РФ, г. Смоленск
ул. Котовского, д. 2, тел.: 29-98-00 (доб. 1-15)

Модернизация российского образования нацелена на воспитание инициативных, творческих людей с активной жизненной и профессиональной позицией, обладающих культурой межличностных отношений, навыками самообразования, самореализации. Это в полной мере относится и к военным вузам.

В условиях происходящих в армии глубоких преобразований целевая вузовская подготовка военного специалиста должна, прежде всего, обеспечивать самостоятельное развитие творческих способностей. Стандарт высшего образования в военных вузах требует от выпускника глубоких теоретических знаний по фундаментальным дисциплинам, которые необходимы при овладении знаниями, умениями и навыками в эксплуатации современной военной техники.

Отличительной особенностью образовательных программ по разным предметным областям в военном вузе является ориентация на подготовку специалистов, способных оперативно реагировать и продуктивно действовать в непредвиденных и нестандартных ситуациях в профессиональной сфере, когда для принятия квалифицированных решений необходимо правильно организовать работу с информацией, имеющей комплексный характер. Речь идет о формировании важнейших профессионально значимых знаний, умений и способов деятельности военного специалиста.

Естественнонаучное образование военных специалистов предназначено готовить офицеров, активно владеющих ведущими способами и инструментальными умениями: оперативного и точного отбора необходимой информации, генерирования идей и решения проблемных задач в нестандартных условиях военной службы; методикой решения изобретательских задач в военно-технической деятельности и др.

Необходимым требованием, определяющим профессиональную пригодность военного специалиста в современных условиях, является умение использовать информационные технологии. Осуществление этого возможно, когда профессиональное знание формируется на основе интеграции традиционных и инновационных технологий, использующих современные информационные ресурсы и средства обучения.

Специфика учебной деятельности курсантов состоит в том, что она осуществляется в армейских условиях. Личное время и свобода курсанта существенно ограничены.

На начальном этапе обучения (1-2 курс) курсанты, как и студенты гражданских вузов, адаптируются к условиям вузовского обучения, но сложность адаптации курсантов к процессу обучения в военном вузе заключается в том, что курсантам в этот период необходимо освоить еще и воинские обязанности. Выпускник военного вуза за тот же период обучения, что и выпускник гражданского вуза соответствующего профиля, получает два образования (военное и гражданское) и в то же время несет военную службу.

В связи со слабой школьной подготовкой по математике и другим естественнонаучным дисциплинам возникает необходимость повышения эффективности процесса обучения таким предметам, как математика и физика. Актуальной является разработка таких образовательных технологий, которые способны модернизировать традиционные формы обучения.

К сожалению, в военных вузах тандем «курсант + компьютер» реализовать в полной мере нельзя, поэтому необходимо найти несколько иной подход к решению задачи информатизации математического образования.

Для знакомства курсантов с современными приемами как численных, так и символьных вычислений выбран математический пакет Mathcad (этот пакет входит в учебную программу по дисциплине «Информатика»).

Выявлены конкретные лекции и практические занятия, для которых целесообразно компьютерное сопровождение, созданы электронные учебники, тестирующие и обучающие программы, сделаны выводы о методике их использования в учебном процессе.

Так, на лекциях можно продемонстрировать, как с помощью Mathcad вычисляются пределы, производные, интегралы, исследуются на сходимость ряды, выполняются действия с матрицами, векторами, комплексными числами, решаются системы линейных алгебраических уравнений и т.д. Готовятся иллюстрации с графиками функций одной или двух переменных, с поверхностями и кривыми на плоскости или в пространстве, заданными различными способами. Mathcad также используется при выполнении курсовых работ и в военно-научной работе с курсантами.

Особо следует отметить использование новых технологий в связи с интернет-тестированием, проводимым в вузе во время процедуры самообследования при подготовке к комплексной оценке образовательного учреждения.

Для успешной подготовки курсантов к интернет-экзамену разработаны трехуровневые тесты по темам (дидактическим единицам). Преподаватели могут учитывать результаты тестирования при промежуточной аттестации. Анализ результатов всей группы показывает, какие темы были освоены слабо, а также общий уровень подготовки курсантов.

Однако следует отметить, что необходимо соблюдать баланс между традиционными методами обучения в военном вузе и использованием современных информационных технологий.

ДИФФЕРЕНЦИРОВАННЫЙ ПОДХОД ПРИ ПОДГОТОВКЕ К ИНТЕРНЕТ-ТЕСТИРОВАНИЮ

Г.В. НОВИКОВА, В.А. ПРОДАНЕЦ

ВА ВПВО ВС РФ, г. Смоленск
ул. Котовского, д.2, тел.: 29-98-00 (доб. 1-15)

Единый государственный экзамен (ЕГЭ) в школах, как бы мы к нему ни относились, стал реалией российской образовательной системы. В практику вузов также входит Интернет-тестирование. Таким образом, проводится массовая диагностика степени усвоения учебного материала – по каждому обучаемому, учебной группе, образовательной программе; по каждой учебной дисциплине и циклу дисциплин.

Чтобы обеспечить индивидуализацию обучения математике в рамках подготовки к Интернет-тестированию возникла необходимость выделения типологических групп. Можно выделить шесть типологических групп обучаемых на основе следующих критериев:

- уровень подготовки к предмету;
- сформированность умения учиться;
- осознанность выбора будущей профессии.

В первую типологическую группу вошли обучаемые с низким уровнем сформированности умений обобщать, анализировать. У таких обучаемых преобладает наглядно-образный стиль мышления, не сформировано умение учиться, они имеют низкий уровень подготовки по математике, предпочитают визуальное представление информации.

Ко второй группе относятся обучаемые со средним уровнем сформированности умений обобщать, классифицировать и синтезировать, с низким уровнем умения анализировать, однако с достаточно высоким уровнем умения сравнивать. У таких обучаемых наблюдается низкий уровень подготовки по математике, они предпочитают наличие в текстах таблиц, схем и четко выделенных определений, а информацию, представленную в символической форме записи без дополнительных комментариев, не воспринимают.

У обучаемых третьей типологической группы умения обобщать, классифицировать, сравнивать и синтезировать развиты до очень высокого уровня, умение анализировать – до среднего. Для них характерен образный стиль мышления, подготовка по математике достигает среднего уровня, они предпочитают решать задачи с практическим содержанием, работать со структурированными математическими текстами.

В четвертую типологическую группу вошли обучаемые, у которых умения сравнивать, синтезировать, обобщать и классифицировать достигают очень высокого уровня, умение анализировать – среднего. Они обладают теоретическим мышлением, умение учиться сформировано у них на высоком уровне. Обучаемые активно используют полученные по математике знания в межпредметных областях, имеют высокий уровень подготовки по математике, предпочитают решение задач на применение типового алгоритма в незнакомой ситуации, легко воспринимают информацию, представленную в знаково-символьной форме.

Обучаемые пятой группы обладают высоким уровнем сформированности умений сравнивать, обобщать, классифицировать и анализировать. Для них характерна быстрота запоминания формул, яркая профессиональная направленность, преобладает теоретическое мышление, они обладают высоким уровнем подготовки по математике.

В шестую типологическую группу входят обучаемые, для которых характерен высокий уровень сформированности основных интеллектуальных умений, они умеют ярко и точно выражать свои мысли и чувства, обладают высоким уровнем математической подготовки. Обучаемые этой группы предпочитают решение эвристических задач.

При построении процесса обучения математике предлагается учитывать такие особенности индивидуализации, как направленность содержания учебной деятельности на стимулирование положительной мотивации к изучаемому материалу, увеличение доли самостоятельной работы над теоретическим материалом при решении задач, востребованность многоуровневости заданий в системе задач, расширение числа математических задач с прикладным содержанием.

Предлагается для каждой типологической группы реализовать различные схемы работы на лекциях и практических занятиях, согласуя эти схемы по времени и содержанию в рамках учебных занятий.

В качестве основных методических приемов индивидуализации обучения математике можно выделить следующие:

- учет принадлежности обучаемых к типологической группе;
- опора на специфические особенности работы с теоретическим материалом;
- установление логики усвоения содержания в зависимости от степени самостоятельности обучаемых, уровня предметной подготовки;
- обеспечение условий включения обучаемых в исследовательскую деятельность, овладение ими предметными и общеучебными концепциями.

Для обеспечения эффективного функционирования описанной модели организации индивидуализации обучения математике необходимо соблюдать организационно-педагогические условия, такие как:

- разноуровневость ведения новых математических понятий;

- сохранение сконструированной окрестности математического понятия;
- организация процесса обучения математике в соответствии с логикой процесса индивидуализации обучения;
- возможность выбора способа организации самостоятельной работы с разноуровневыми обучающими заданиями, представленными в виде систем задач и тестов.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ В ЛИРИКЕ Д.Г. ЛОУРЕНСА НА РАЗЛИЧНЫХ ЭТАПАХ ЕГО ТВОРЧЕСТВА

Н.И. НОВОКЩЕНОВА

Смоленский государственный университет, г. Смоленск
e-mail: nowocscheonowa@gmail.com

В данной статье рассматриваются признаки, обеспечивающие единство стиля Д.Г. Лоуренса, и признаки, определяющие изменения индивидуального стиля поэта.

В творчестве поэта было выделено 3 основных этапа, охватывающие следующих годы его жизни: 1916 – 1919 гг. (период 1), 1921 – 1923 гг. (период 2), 1929 – 1930 гг. (период 3). О целесообразности такого трехчастного деления см. работу В.С. Андреева [2]. Для определения интегральных и дифференциальных признаков был проведен дискриминантный анализ. Методика его использования для определения изменений стиля во времени также берется по работам В.С. Андреева [1; 3]. К исследованию привлекались следующие морфологические признаки: «Пассивный залог», «Настоящее время», «Прошедшее время», «Будущее время» и «Личное местоимение». Все тексты Лоуренса были проанализированы с точки зрения наличия в них указанных морфологических параметров и степени их представленности. Полученные количественные данные послужили базой для дискриминантного анализа, который позволил установить наличие значительных расхождений между текстами, отнесенными к различным периодам творчества поэта. Признаки, различающие эти 3 класса текстов, образовали «дискриминантную модель».

В дискриминантную модель вошли следующие признаки: «Личное местоимение» и «Пассивный залог». Остальные признаки оказались интегральными, не различающими стиль автора на указанных периодах.

С целью выявления параметров, участвующих в дифференцировании конкретных периодов творчества Д.Г. Лоуренса, были определены дискриминантные функции. Исходя из данных, представленных в таблице 1, *первая* дискриминантная функция дифференцирует третий пе-

риод, с одной стороны, второй и первый периоды, с другой, причем максимальное различие имеет место между вторым и третьим периодами. Результаты, отраженные в таблице 2, показывают, что признак «Личное местоимение» вносит особый вклад в дифференциацию третьего периода.

Вторая дискриминантная функция дифференцирует первый период, с одной стороны, и второй и третий, с другой. Наименьшее различие имеется между первым и третьим периодами. Данные таблицы 2 показывают, что особый вклад в дифференциацию вносит признак «Пассивный залог», который характеризует первый период.

Таблица 1

Средние значения дискриминантных функций

	Функция 1	Функция 2
Период 1	0,18	-0,32
Период 2	1,12	0,22
Период 3	-0,21	0,07

Таблица 2

Матрица факторных нагрузок

	Функция 1	Функция 2
Личн. мест.	-0,98	-0,19
Пассив. зал.	0,15	-0,98

Литература

1. Андреев В.С. Динамика идиостиля Дж. Г. Уитьера // Вестник Тамбовского университета. Серия: Гуманитарные науки. Тамбов, 2007. Вып. 12(56). С. 266-270.
2. Андреев В.С. Динамика стиля Э. По (на материале лирики) // Известия Российского государственного педагогического университета им. А.И. Герцена. СПб; 2008. № 11 (72). С. 168-174.
3. Андреев В.С. Формальные маркеры изменений стиля Г. Лонгфелло // Известия Российского государственного педагогического университета им. А.И. Герцена. СПб; 2008. № 11 (66). С. 14-20.

РАЗРАБОТКА ДИДАКТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ИНТЕРАКТИВНОЙ ДОСКИ

Е.В. ПЕТРОВА, Е.А. КУРИЛИНА

Смоленский государственный университет, г. Смоленск

Интерактивные доски, компьютеры и информационные технологии – это удобные инструменты, которые при разумном использовании

способны внести в школьный урок элементы новизны, повысить интерес учащихся к приобретению знаний.

Одним их основных достоинств электронных досок является возможность интерактивности. Как известно, интерактивность означает двустороннее взаимодействие, обеспечивающее диалог и обратную связь в процессе обучения. Реализовать интерактивность на уроке можно с помощью применения анимационных дидактических материалов.

При установке интерактивная доска имеет несколько примеров дидактических материалов в виде галереи как со статическими рисунками, так и с динамическими с элементами интерактивного управления. Эти примеры являются графическими файлами. Все модели интерактивных досок поддерживают распространенные форматы.

Для обеспечения интерактивности при демонстрации файлов удобно использовать технологии Macromedia Flash. Подобные технологии позволяют создавать уникальные дидактические материалы с элементами интерактивного управления.

Надо отметить, что при разработке материалов для уроков совместно с интерактивной доской необходимо выполнять основные дидактические требования.

Но большинство проблем, с которыми сталкиваются учителя при создании электронных вариантов дидактических материалов, связано с отсутствием достаточных навыков проектирования информационного пространства и пользовательского интерфейса.

Так, например, реализация интерактивности с помощью Flash-технологий требует от разработчика достаточно серьезных знаний процедур написания Flash-сценариев на специализированном языке Action-Script. Кроме того, в программном обеспечении интерактивной доски ограничены возможности по созданию графиков, диаграмм, формул, поэтому необходимо использование дополнительных программных средств для создания содержательного наполнения материалов в электронном представлении.

Для решения данной проблемы предлагается совместное использование возможностей трех мощных информационных технологий:

- систем компьютерной математики (для визуализации решений широкого круга задач);
- процедур программирования сценариев обработки событий во время исполнения SWF-файла (для реализации интерактивности при демонстрации учебного материала);
- интерактивного оборудования (для воспроизведения подготовленных электронных ресурсов).

Итак, предлагается методика проектирования электронных дидактических ресурсов с элементами интерактивного управления для интерактивных досок, которая будет содержать следующие этапы.

1. Подготовка изображений решения учебных задач в виде формул, диаграмм, графиков в системе компьютерной математики Mathematica 6. Так как данная система является совокупностью теоретических, аппаратных и программных средств, обеспечивающих эффективное автоматическое выполнение всех видов математических вычислений с высокой степенью их визуализации [1], то с ее помощью удобно подготовить материалы для иллюстрации какого-либо процесса в виде отдельных кадров или фреймов будущей анимации.

2. Создание анимационного фильма с интерактивным управлением. Подготовленные кадры экспортируются в среду пакета Macromedia Flash, где осуществляется компоновка их последовательности и длительности показа в виде покадровой анимации [2]. Далее для каждого кадра используется заранее разработанный шаблон, содержащий кнопки управления, взятые из библиотеки Key Buttons [3]. Для этих управляющих кнопок сформированы простые сценарии обработки (коды), обеспечивающие переход к следующему кадру или к предыдущему. Данный шаблон сохраняется в FLA-формате, что обеспечивает возможность дальнейшего редактирования. Подготовленный таким образом документ должен быть сохранен в SWF-формате для воспроизведения.

3. Демонстрация учебных роликов в интерактивном режиме.

Данная методика апробирована при создании дидактического материала по темам «Построение графика функции $y=m \cdot f(x)$, если известен график функции $y=f(x)$ », «Построение графика функции $y=f(kx)$, если известен график функции $y=f(x)$ », «График гармонического колебания» по алгебре и началу анализа 10-11 классов. Она позволит облегчить подготовку электронных материалов и достаточно легко накопить дидактическую базу.

Литература

1. Дьяконов В.П. Mathematica 5.1/ 5.2/ 6. Программирование и математические вычисления. М.: ДМК Пресс, 2008.

2. Панкратова Т.В. Flash MX 2004 / гл. ред. Е. Строганова. СПб.: Питер, 2004.

3. Переверзев С.И. Создание интерактивной анимации в интегрированной среде Macromedia Flash 8 // Информатика и образование. Б.М. 2007. №14. С. 68-70.

ПОДГОТОВКА ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ ДЛЯ РАБОТЫ В СИСТЕМЕ ИНТЕРНЕТОБУЧЕНИЯ¹

К.М. РАСУЛОВ, Т.А. САМОЙЛОВА

Смоленский государственный университет, г. Смоленск

В настоящее время образовательный портал профильного обучения школьников Смоленской области [1], разработанный на физико-математическом факультете СмолГУ, проходит этап внедрения. Самое слабое звено этого этапа – консервативность преподавателей к применению дистанционных образовательных технологий, и это при том, что в системе обучения с применением образовательного портала преподавателю принадлежит ведущая роль. Существует довольно много программ подготовки преподавателей для работы в системе дистанционного обучения. Большинство из них представляет собой краткосрочные курсы, позволяющие преподавателю повысить свою компетентность в одном из секторов дистанционного образования. Например, есть курсы, обучающие преподавателей навыкам разработки электронных учебников или созданию тестов для компьютерных контролирующих комплексов, программы по подготовке тьюторов и т.д. В качестве примера можно привести «Основы образовательной программы повышения квалификации и профессиональной переподготовки преподавателей и специалистов для системы дистанционного обучения», разработанной по проекту программы Минобрнауки РФ «Создание системы открытого образования». В базовый план подготовки специалистов по такой программе включены несколько модулей: вводный подготовительный (пропедевтический); фундаментальный психолого-педагогический; общей подготовки в области дистанционного обучения и информационно-коммуникационных технологий; специализации по подготовке разработчиков учебно-методических комплексов, тьюторов, администраторов разных уровней и т.д. Региональные учебные заведения разрабатывают собственные долгосрочные программы [2]. Например, в Томском государственном университете организована подготовка кадров для системы открытого и дистанционного образования по программе, которая может быть использована на разных уровнях образования: при подготовке студентов по педагогическим специальностям, для повышения квалификации учителей школ, для подготовки и переподготовки преподавателей вузов. Модульный подход позволяет формировать индивидуальную траекторию подготовки или повышения квалификации. На основании ана-

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке РГНФ и Администрации Смоленской области, проект 09-06-58606 а/Ц.

лиза существующих программ сформулируем следующие основные положения программы подготовки преподавателей, которые будут включены в нее в виде модулей:

- правовые основы дистанционного образования;
- информационно-коммуникационные технологии в образовании;
- теоретические основы дистанционного обучения;
- методы и технологии Интернет-обучения с использованием образовательного портала;
- организационные принципы построения системы Интернет-обучения;
- педагогические и психологические основы Интернет-обучения;
- дидактические, методические и технологические принципы создания электронных учебных материалов и Интернет-курсов для конкретных предметных областей;
- принципы, методы и технологии организации общения преподавателей и учащихся в образовательном портале;
- технологии создания тестирующих систем и организация контроля;
- оценка качества Интернет – обучения;
- стандартизация процесса Интернет-обучения.

Подготовка преподавателей для работы в системе Интернет-обучения может осуществляться в разных формах. Это может быть очное обучение, смешанное и дистанционное. Очная форма удобна преподавателям вузов, когда есть возможность повысить квалификацию в том университете, в котором работаешь. Более продолжительным будет смешанное, так называемое *blended* обучение, когда учебные материалы для самостоятельного обучения предоставляются дистанционно, практические занятия и контрольное тестирование также выполняются в дистанционном режиме, но одновременно организуются очные консультации и итоговый контроль. Третья форма организации подготовки преподавательского состава – дистанционное обучение, при котором все виды учебной деятельности проводятся дистанционно, включая контроль в *online* режиме. Такое обучение очень полезно для преподавателей, потому что помимо приобретения профессиональных знаний и навыков можно понять, как воспринимают особенности дистанционного обучения учащиеся.

Таким образом, для овладения навыками работы в системе Интернет-обучения, проводимого на базе образовательного портала, преподавателям необходимы не фрагментарные обзорные занятия и краткосрочные семинары, а долгосрочный практический курс.

Литература

1. Расулов К.М., Самойлова Т.А., Сенькина Г.Е. Проект специализированной профильно-ориентированной интерактивной сети общеобра-

зовательных учреждений Смоленской области // Системы компьютерной математики и их приложения. Смоленск, 2009.

2. Журавлева О.Б., Крук Б.И. Дистанционное обучение: концепция, содержание, управление: учебное пособие // Новосибирск: СибГУТИ, 2001.

ИНТЕРНЕТ-САЙТ ЭЛЕКТИВНОГО КУРСА «ИЗУЧЕНИЕ VISUAL BASIC»¹

Т.А. САМОЙЛОВА

Смоленский государственный университет, г. Смоленск

В настоящее время в области информатизации школьного образования основное внимание уделяется проблемам создания эффективных электронных образовательных ресурсов (ЭОР). Активное взаимодействие пользователя с электронным учебным продуктом является главным преимуществом, стратегической задачей информации образования. При этом наиболее удобными для использования являются интегрированные ЭОР, которые могут использоваться как в качестве локальных, размещаемых на машиночитаемом носителе, так и сетевых, размещаемых в профильно-ориентированной интерактивной образовательной сети [1,2]. Предлагаемый сайт «Изучение VB» предназначен для поддержки соответствующего элективного курса и может использоваться в режимах как дистанционного, так и очного обучения школьников, знакомых с азами алгоритмизации и программирования.

Ресурс представляет собой Интернет-сайт с хранением на нем всего необходимого для успешного освоения программирования на языке VISUAL BASIC. В **состав ресурса** (контент) включены:

- интерактивный обучающий курс по языку VISUAL BASIC;
- примеры разработки проектов в среде VISUAL BASIC;
- методы и примеры тестирования готовых программ;
- лабораторный практикум в среде VISUAL BASIC;
- подборка заданий для самостоятельной разработки программ;
- модули проверки знаний по разделам (темам);
- справочник по процедурам и функциям VISUAL BASIC;
- справочник по интерфейсным объектам VISUAL BASIC, их свойствам, методам и событиям.

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке РГНФ и Администрации Смоленской области, проект 09-06-58606 а/Ц.

Виды занятий, поддерживаемые ресурсом, – это самостоятельное изучение дисциплины по интерактивному обучающему курсу и самостоятельная разработка VB-проектов (в качестве тренировки) из представленной на сайте подборки; проведение лабораторных работ с использованием созданного практикума. Предполагается использование среды программирования VISUAL BASIC.

Формы обучения, поддерживаемые ресурсом, – очная, очно-дистанционная и дистанционная. При очной форме обучения сайт применяется как подспорье для лабораторного практикума, позволяя обращаться к материалам, необходимым для выполнения лабораторных работ. На первых занятиях изучается «Интерактивный обучающий курс по языку и по среде Visual Basic». В дальнейшем может быть использован лабораторный практикум, например при изучении темы «Типизированные файлы прямого доступа». Для всех тем предусмотрена возможность использования тестов для оценки правильности выполнения готовых программ. На всех этапах работы можно пользоваться справочными данными, например «Справочником по процедурам и функциям VB». Сайт содержит примеры образцов оформления отчетов по выполненным лабораторным работам.

Теоретические разделы **интерактивного обучающего курса**.

1. Среда программирования VB.
2. Элементы ActiveX.
3. Объекты, свойства, методы и события VB. Первое VB-приложение.
4. Типовые средства программирования VB.
 - 4.1. Типы данных VB.
 - 4.2. Задание констант.
 - 4.3. Числовые и символьные переменные.
 - 4.4. Генерация случайных чисел.
 - 4.5. Оператор присваивания.
 - 4.6. Операции и функции в арифметических выражениях.
 - 4.7. Логические операции и функции.
 - 4.8. Условные переходы.
 - 4.9. Операторы выбора SELECT-CASE.
 - 4.10. Циклы с заданным числом повторений FOR-NEXT.
 - 4.11. Циклы типа DO-LOOP.
 - 4.12. Обработка массивов.
 - 4.13. Символьные операции и функции.
 - 4.14. Определение переменных типа record-запись.
 - 4.15. Реализация алгоритмов сортировки массива записей.
 - 4.16. Обработка файлов в среде VB.

При очно-дистанционной и дистанционной формах обучения теоретическая составляющая курса самостоятельно изучается учащимися с по-

мощью иллюстрированного самоучителя и других материалов, представленных на сайте, и решаются задачи из подборки, имеющейся на сайте. В **состав лабораторного практикума** включены следующие разделы.

Раздел 1. Простейший пользовательский интерфейс VB. Включает разработку проектов по темам:

- Использование функций для расчета стоимости товаров с учетом налогов, скидок и видов оплат.
- Обработка дат и времени с использованием объекта «Календарь».
- Создание пользовательского меню VB-приложений.

Раздел 2. Массивы и циклы в Visual Basic. Темы проектов:

- Ввод массива чисел с использованием диалоговых окон, суммирование чисел, нахождение минимума, максимума, среднего арифметического.
- Формирование списков из наборов строковых данных, сортировка данных методами выбора, обмена, вставки.
- Создание диаграмм по данным.
- Обработка табличных данных с использованием двумерного массива.

Раздел 3. Работа со строковыми данными в Visual Basic. Темы проектов:

- Обработка строковых данных с использованием базовых функций VB.
- Преобразование строковых данных с использованием ASCII-кодов.

Раздел 4. Текстовые файлы VB.

- Сохранение простейших документов в текстовых файлах.
- Разработка текстового редактора в среде VB.
- Сохранение табличных документов в текстовых файлах.

Раздел 5. Типизированные файлы VB.

- Ввод, сортировка и сохранение записей в типизированном файле последовательного доступа.
- Ввод и сохранение записей в типизированном файле прямого доступа.
- Организация навигации по документам файла прямого доступа.

Раздел 6. Печать данных в VB. Связи с другими программами.

- Организация вывода документов на печать средствами VB.
- Связи VB с данными из EXCEL, POWER POINT, WORD.

Раздел 7. Работа с базами данных. Элемент Data

- Организация доступа к базе данных ACCESS из среды VB.

Раздел 8. Разработка приложений с использованием VisualBasic for Application среды EXCEL.

– Разработка приложения «Учет продуктов кафе-ресторана» с использованием простейших вычислительных алгоритмов.

– Разработка приложения «Учет проживания клиентов гостиницы» с использованием пользовательской формы для ввода и редактирования данных.

Ресурс имеет интуитивно понятный интерфейс и не требует методических указаний по применению. Оформление экранов электронного ресурса выполнено единообразно. На рисунке 1 приведена структура оформления сетевого электронного ресурса.


	Наименование электронного образовательного ресурса, логотип ресурса
Навигационная панель, панель новостей и т.д.	Наименование электронного образовательного ресурса, логотип ресурса
© СмолГУ, 2010	

Рис. 1. Шаблон оформления сетевого электронного ресурса

На рисунке 2 приведен пример оформления титульного экрана сетевого образовательного ресурса. Навигационные ссылки располагаются на горизонтальной панели, расположенной под панелью с наименованием образовательного ресурса.

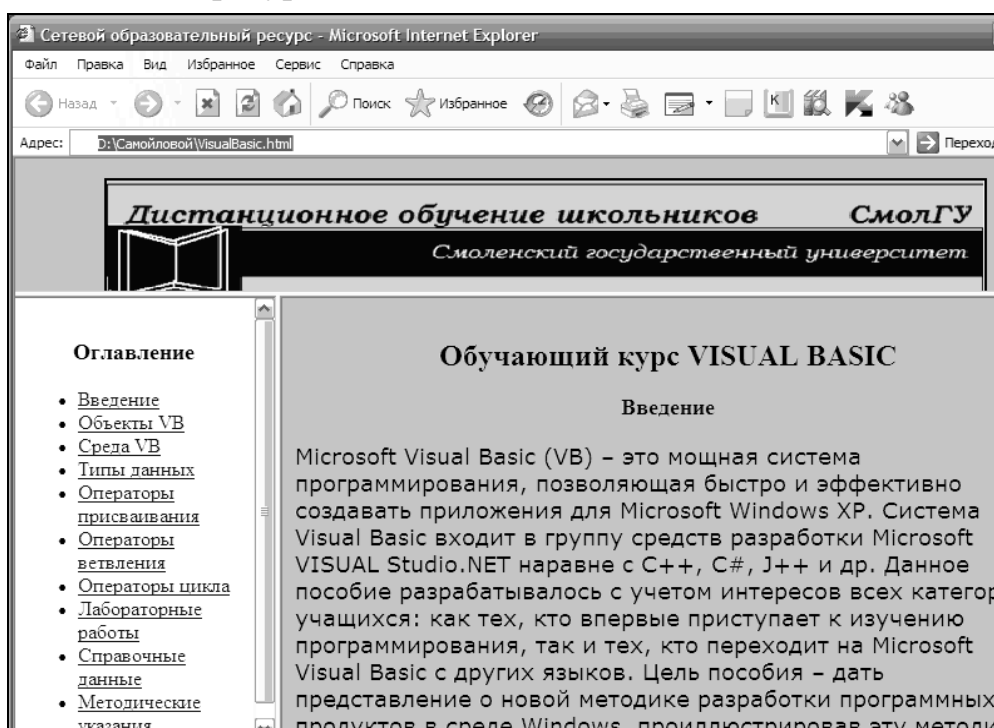


Рис. 2. Оформление титульного экрана ЭОР

Требования к программному обеспечению курса – на стороне учащегося и преподавателя: операционная система Windows 98/Me/2000/XP, браузер Internet Explorer версии не ниже 5 или совмес-

тимые браузеры (FireFox, Opera и др.), среда программирования VISUAL BASIC 6 или VISUAL STUDIO.NET 2005, 2008, подключение к ИНТЕРНЕТ или ИНТРАНЕТ-сети образовательного учреждения.

Литература

1. Проектирование профильно-ориентированной интерактивной образовательной сети /Методические рекомендации под ред. К.М. Расулова. Смоленск: СмолГУ, 2009.
2. Самойлова Т.А. Концепция сайта для профильного обучения школьников с использованием дистанционных технологий // Системы компьютерной математики и их приложения. Смоленск, 2009.

ИНТЕГРИРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРОННЫЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ РЕСУРС ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ЕГЭ ПО ИНФОРМАТИКЕ¹

Т.А. САМОЙЛОВА*, В.В. СЕНЧИЛОВ*, О.К. СЕНЧИЛОВА**

* Смоленский государственный университет, г.Смоленск

** СОГОУ «Педагогический лицей-интернат имени Кирилла и Мефодия»,
г. Смоленск

В настоящее время вопрос подготовки учащихся к ЕГЭ по информатике становится все более актуальным. В 2009 году во многих вузах в качестве одного из вступительных экзаменов введен предмет «Информатика и ИКТ». Полноценно подготовиться к такому экзамену только в рамках базового курса информатики (1 час в неделю) невозможно без систематической дополнительной подготовки, как самостоятельной, так и в рамках элективного курса по подготовке к ЕГЭ, который предлагают своим старшеклассникам многие школы. И если необходимые теоретические знания в основном закладываются на обычных уроках, то специальная подготовка предполагает, в первую очередь, самостоятельное решение достаточного количества учебно-тренировочных заданий, и именно на это направлены многочисленные печатные пособия по подготовке к ЕГЭ. Организации подготовки выпускников к единому экзамену служит рассматриваемый в данной статье интегрированный электронный образовательный ресурс «Подготовка к ЕГЭ по информатике» (разработан авторами статьи).

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке РГНФ и Администрации Смоленской области, проект 09-06-58606 а/Ц.

Ресурс представляет собой web-сайт, который может использоваться как для поддержки соответствующего элективного курса, так и для самостоятельной подготовки учащихся. Размещаться он может как локально, на отдельном компьютере или в образовательной сети учреждения, так и в образовательных порталах [1] сети Интернет. Данный ресурс позволяет организовывать содержательное обобщение теоретического материала по различным разделам курса, причем учащиеся смогут делать это в том числе и самостоятельно, во внеурочное время, а также систематический тренинг с использованием заданий с выбором ответа, используемых в части А, и заданий с кратким ответом, используемых в части В единого экзамена по информатике.

В состав сайта входят следующие модули:

- информация о ЕГЭ (подборка официальных документов);
- теоретическая часть (предназначена для повторения изученного в курсе информатики материала и представлена кратко, с акцентом на те знания и умения, которые проверяются в ходе единого государственного экзамена);
- примеры решения заданий ЕГЭ (предлагается подробный разбор заданий, предлагавшихся в разные годы в демонстрационных вариантах по информатике);
- задачник (представляет собой подборку тренировочных заданий для проверки усвоения содержательных тем курса информатики как на уроке, так и в ходе самоподготовки, содержит ответы для проверки правильности выполнения);
- демонстрационные варианты ЕГЭ;
- глоссарий.

Использование рассматриваемого интегрированного ресурса предполагает очную, очно-дистанционную и дистанционную формы обучения. В первом случае сайт можно применять как интерактивный задачник, содержащий не только базу заданий, но и ссылки на соответствующие теоретические разделы и примеры. Очно-дистанционная и дистанционная формы использования сайта дают возможность высвободить учебное время элективного курса для рассмотрения наиболее сложных вопросов экзамена, оставляя темы, которые достаточно хорошо освоены учащимися, для самостоятельного повторения и проработки.

Ресурс имеет интуитивно понятный интерфейс, который учащиеся легко осваивают самостоятельно. Страницы сайта оформлены в едином стиле.

На рисунке 1 приведено оформление главной страницы сайта. Навигационные ссылки располагаются на боковой панели, расположенной слева.

Требования ресурса к программному обеспечению минимальны: операционная система Windows 98/Me/2000/XP, браузер Internet Explorer

версии не ниже 5 или совместимые браузеры (FireFox, Opera и др.), для сетевого варианта использования – подключение к Интернет или к Интранет-сети образовательного учреждения.

Преимущества выбора рассматриваемого ЭОР для использования в качестве средства подготовки к ЕГЭ по информатике определяются следующими его возможностями:

- возможность реализации как локальной, так и дистанционной форм работы с ресурсом;
- реализация лично ориентированного подхода, возможность для ученика самостоятельно выбирать время и темп работы;
- возможность самостоятельной работы со всеми материалами тех учащихся, которые пропустили занятия;
- возможность для учителя, знакомого даже на минимальном уровне с основами HTML, корректировать содержательное наполнение курса, дополнять и изменять материалы при необходимости, оперативно исправлять опечатки и неточности, замеченные им либо учащимися, – этим данный ресурс выгодно отличается от готовых программных продуктов для подготовки к ЕГЭ, предлагаемых на рынке на сегодняшний день.

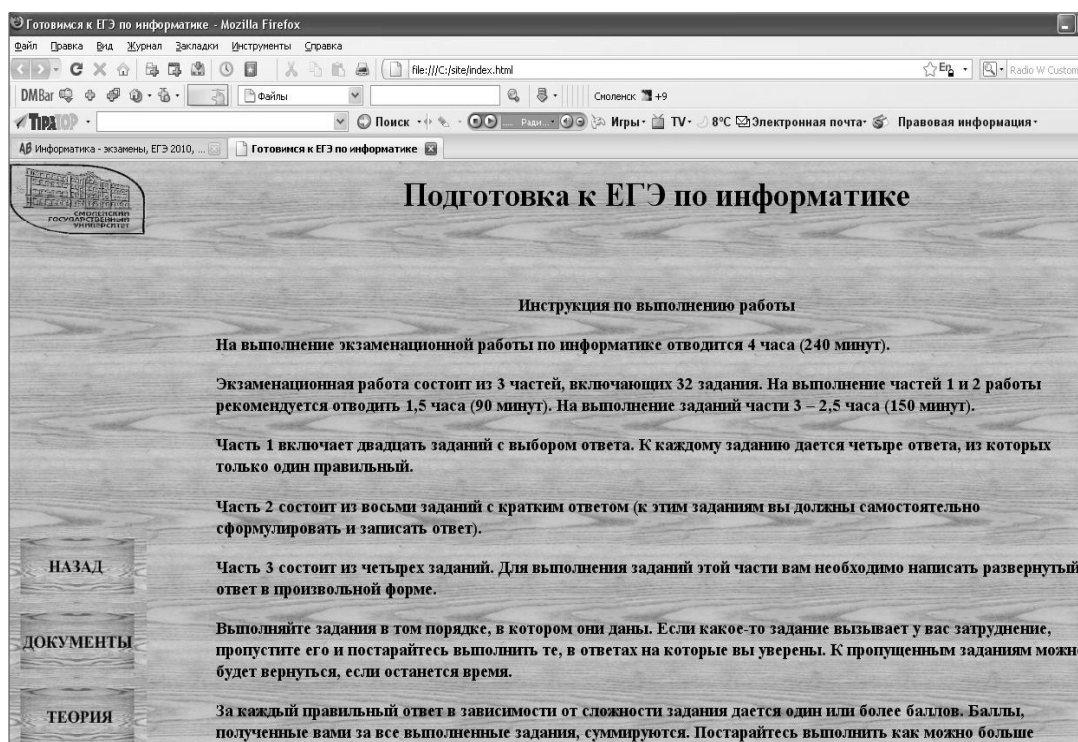


Рис. 1. Главная страница образовательного ресурса

Таким образом, использование интегрированного ресурса «Подготовка к ЕГЭ по информатике» окажет большую помощь в организации подготовки выпускников к единому экзамену. При этом учитель может на свое усмотрение широко варьировать формы использования ресурса в

учебном процессе в зависимости от стоящей перед ним конкретной учебной задачи и имеющихся технических средств.

Литература

1. Расулов К.М., Самойлова Т.А., Сенькина Г.Е. Проект специализированной профильно-ориентированной интерактивной сети общеобразовательных учреждений Смоленской области // Системы компьютерной математики и их приложения. Смоленск, 2009.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ MAPLE ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ ПРОГРАММИРОВАНИЮ В КУРСЕ ИНФОРМАТИКИ СРЕДНЕЙ ШКОЛЫ

А.Н. САРКЕЕВА

Средняя общеобразовательная школа № 161, г. Казань
e-mail: Anna_sar7@mail.ru

Программирование является стержнем курса информатики, средством развития алгоритмического мышления школьника. Наряду с системами программирования Basic и Turbo Pascal для обучения программированию, или даже в качестве альтернативы, в школе может использоваться компьютерный математический пакет Maple, обладающий множеством таких полезных для процесса обучения качеств, как, например, доступный интерактивный интерфейс; язык программирования, соответствующий логическому мышлению человека; высокие графические возможности; биэктивная система отображения; богатая библиотека приложений.

Цели обучения программированию в профильном курсе информатики в средней школе с использованием Maple:

- сделать процесс обучения информатике более наглядным, интерактивным и интересным, а значит, более эффективным;
- достичь более тесного соответствия принципов структурного программирования логике математического мышления для развития алгоритмического мышления и качественного усвоения основ программирования в средней школе;
- активизируя творческую и познавательную деятельность на основе компьютерного математического пакета Maple, технологий моделирования и проектного метода, научить школьников создавать авторские программные продукты.

Модель содержания системы обучения программированию на основе Maple представлена на следующей схеме.



Уроки и занятия по обучению программированию с использованием компьютерного математического пакета Maple целесообразно проводить, применяя мультимедийный проектор, как на этапе объяснения нового материала, так и на практических занятиях с учащимися.

В результате обучения школьники должны уметь реализовывать основные алгоритмические структуры (следование, ветвление, цикл) с помощью операторов в Maple; решать задачи на обработку массивов, строк; задавать функции и процедуры; создавать графические объекты и анимацию; решать комбинированные задачи.

Рассмотрим пример решения задачи на обработку массива в Maple.

Задача. Ввести одномерный массив размерности 5. Найти среднее арифметическое первого положительного и последнего отрицательного элементов массива.

Решение. Зададим одномерный массив V размерности 5. a_1 – первый положительный элемент, a_2 – последний отрицательный элемент, kol – переменная, фиксирующая количество, $sr-arif$ – среднее арифметическое.

```

> V:=array(1..5,[-2,1,0,-5,7]);
      V:=[-2,1,0,-5,7]
> kol:=0:
> for i from 1 to 5 do if V[i]>0 then kol:=kol+1; if kol=1
then a1:=V[i]; end if; end if; end do;
> print(a1);
      1
> kol:=0:
> for i from 5 to 1 by -1 do if V[i]<0 then kol:=kol+1; if
kol=1 then a2:=V[i]; end if; end if; end do;
> print(a2);
     -5
> sr-arif:=(a1+a2)/2;
      sr-arif := -2
  
```

Ответ: -2.

Знание школьниками различных языков программирования позволяет направить мышление на многовариантность решений задач и дополнительное алгоритмическое, логическое и математическое развитие.

Литература

1. Саркеева А.Н. Изучение пакета символьной математики Maple: учебно-методическое пособие. Казань: Изд-во ТГГПУ, 2009. 111 с.
2. Саркеева А.Н. Система Maple как средство изучения программирования в средней школе // Материалы Восьмой молодежной научной школы-конференции «Лобачевские чтения – 2009». Казань: Казан. матем. об-во. 2009. Т.39. С. 335-337.

ЗАДАЧА ТРЕХ ТЕЛ НА ЗАНЯТИЯХ ПО КОМПЬЮТЕРНОЙ ФИЗИКЕ

Б.В. СЕЛЮК

Смоленский государственный университет, г. Смоленск

На физико-математическом факультете СмолГУ проводятся факультативные занятия по компьютерной физике. Рассматриваются такие физические явления, анализ которых связан с громоздкими вычислениями и потому нуждается в использовании систем компьютерной математики. Студенты работают с документами MathCAD, содержащими необходимую информацию об изучаемом явлении, задания и рекомендации. Для иллюстрации изучаемых явлений используется программа «Живая физика», позволяющая моделировать движение разнообразных механических систем.

Одной из важных проблем механики, имеющих давнюю историю, является задача трех тел. В традиционном вузовском преподавании эта задача не рассматривается, в частности, из-за громоздкости математического аппарата. В данном сообщении рассказывается, как студенты знакомятся с этой проблемой на занятиях по компьютерной физике.

Сообщается, что Лагранж нашел одно из частных решений задачи трех тел: тела все время находятся в вершинах равностороннего треугольника, который поворачивается, изменяется в размерах, но остается равносторонним, и траектория каждого тела представляет собой коническое сечение с фокусом, совпадающим с центром масс системы.

Студентам предлагается проверить теоретические предсказания Лагранжа на модели в «Живой физике», рассчитав предварительно в MathCAD положение центра масс системы трех тел, образующих треугольник Лагранжа, и скорости движения тел. На рисунке 1 изображены полученные в «Живой физике» траектории тел, начальные координаты и скорости которых вычислены в MathCAD. Умножением скоростей тел

на одно и то же число можно варьировать траектории, не разрушая при этом треугольник Лагранжа.

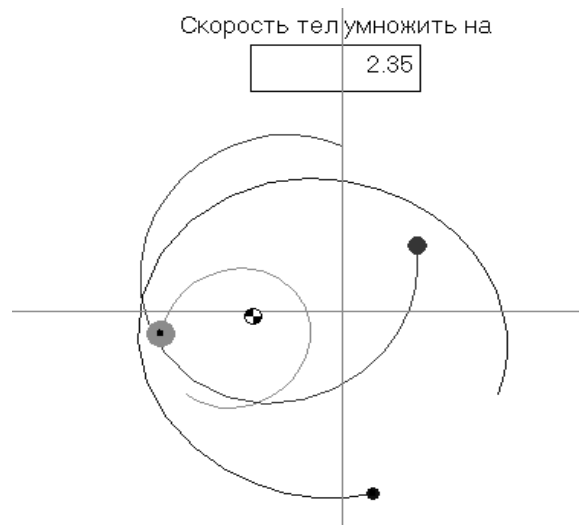


Рис. 1

Изменив массу одного из тел в модели «Живой физики», студенты наблюдают движение трех тел, отличающееся от частного случая Лагранжа.

Предлагается следующая задача: «Существовало предположение о том, что у Луны есть двойник, расположенный с противоположной стороны Земли. Исследуйте движение подобной системы трех тел аналитически и на модели в «Живой физике».

Нетрудно увидеть, что задача сводится к задаче Кеплера.

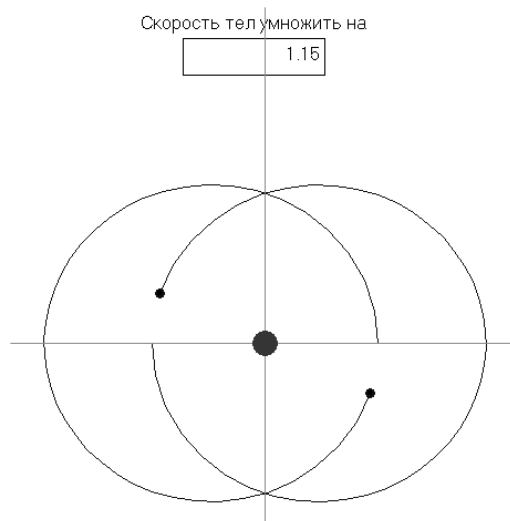


Рис. 2

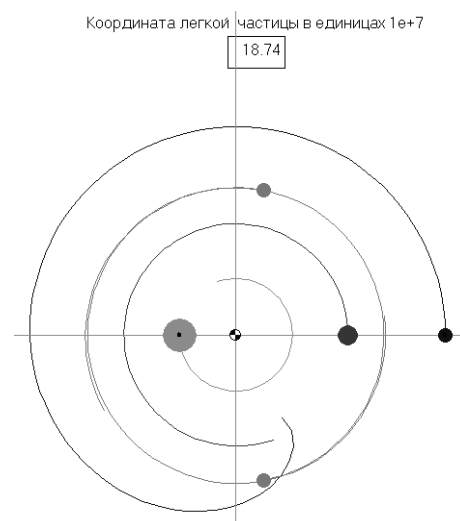


Рис. 3

На рисунке 2 представлена модель движения такой системы при отклонении скоростей от круговых в 1,15 раз. В ограниченной задаче трех тел ([1], [2]) предполагается, что масса одного тела много меньше массы двух других. В этом случае возможны такие движения, при которых, два

тяжелых тела движутся вокруг их общего центра масс, а легкое тело все время находится на фиксированных расстояниях от каждого из них. В системе отсчета, вращающейся вместе с массивными телами, тело малой массы находится все время в одной точке. Такую точку называют точкой либрации. Существует 5 точек либрации. Две из них являются вершинами треугольника Лагранжа – треугольные точки либрации. Три другие лежат на прямой, соединяющей тяжелые тела, – прямолинейные точки либрации. Для нахождения координат линейных точек либрации нужно ([1], [2]) решать громоздкие уравнения.

Студенты решают эти уравнения с помощью MathCAD, а найденные значения используют для моделирования того или иного движения в «Живой физике». На рисунке 3 показаны траектории двух тяжелых тел, вращающихся по круговым орбитам вокруг общего центра масс, а также траектории легких тел в треугольных точках либрации и в одной из линейных точек. Видно, что движение в линейной точке либрации в отличие от движения в треугольных точках является неустойчивым. Варьируя найденные в MathCAD координаты точки либрации, можно изменять время движения частицы вблизи этой точки и направление удаления от нее.

Литература

1. Балк М.Б. Элементы динамики космического полета. М.: Наука, 1965. 340 с.
2. Маркеев А.П. Точки либрации в небесной механике и космодинамике. М.: Наука, 1978. 312 с.

КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ НА ЗАНЯТИЯХ ПО ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ МЕХАНИКЕ

Б.В. СЕЛЮК

Смоленский государственный университет, г. Смоленск

Важнейшей задачей курса «Теоретическая механика» является формирование навыков проведения расчетов сил, приложенных к элементам инженерных конструкций, а также кинематических характеристик различных механизмов. Прошло то время, когда инженерные расчеты проводились за чертежной доской с логарифмической линейкой в руках. При подготовке современного инженера необходимо научить его проводить расчеты, используя системы компьютерной математики. Для начинающего пользователя наиболее комфортной из таких систем является MathCAD. Решение задач по теоретической механике часто осложняется тем, что студенту трудно представить себе движение частей изо-

браженных на рисунках механизмов. Интерактивные модели программы «Живая физика» позволяют преодолеть эти затруднения.

В настоящем сообщении речь идет о дополнительных занятиях, в процессе которых студенты обучаются применению компьютерных технологий для решения задач по теоретической механике.

Как «вручную» решается задача о сложении сил? Графическое решение предполагает черчение векторного многоугольника при строгом соблюдении масштабов, длин и направлений. При координатном методе вычисляют и заносят в таблицу проекции всех сил, а затем складывают одноименные проекции. MathCAD не только считает несравненно быстрее калькулятора, но и обрабатывает сразу все компоненты векторов. Поэтому блок решения задачи о нахождении равнодействующей выглядит весьма компактно (рис.1).

Находим равнодействующую координатным методом:			
$R := F1 + F2 + F3$	Ее модуль --	$ R = 17.723$	
Направляющие косинусы:		$\cos \alpha R := \frac{R_1}{ R }$	$\cos \alpha R = 0.339$
$\cos \beta R := \frac{R_2}{ R }$	$\cos \beta R = -0.339$	$\cos \gamma R := \frac{R_3}{ R }$	$\cos \gamma R = 0.878$

Рис. 1

Графическое решение также может быть выполнено на компьютере, а не на чертежной доске. Для этого может быть использован стандартный графический редактор из Word. Он позволяет рисовать линии строго определенных длин и направлений, а также измерять эти величины.

$$\begin{array}{l}
 \text{Given} \quad XA + s3 = 0 \quad YA - s1 \cdot \cos(\alpha) + F = 0 \\
 ZA + s2 - s1 \cdot \sin(\alpha) - G = 0 \quad -s1 \cdot b \cdot \sin(\alpha) - G \cdot \frac{b}{2} = 0 \\
 -s2 \cdot a + s1 \cdot a \cdot \sin(\alpha) + G \cdot \frac{a}{2} = 0 \quad -s3 \cdot b - s1 \cdot a \cdot \cos(\alpha) + F \cdot a = 0
 \end{array}$$

$$\begin{pmatrix} XA \\ YA \\ ZA \\ s1 \\ s2 \\ s3 \end{pmatrix} := \text{Find} \left(\begin{pmatrix} XA \\ YA \\ ZA \\ s1 \\ s2 \\ s3 \end{pmatrix} \right) = \begin{pmatrix} -4.5 \\ -9 \\ 3 \\ -5 \\ 0 \\ 4.5 \end{pmatrix}$$

Рис. 2

Многие задачи теоретической механики сводятся к решению систем уравнений. Разработаны специальные приемы составления уравнений,

облегчающие их последующее решение, например метод вырезания узлов или метод сечений Риттера при расчете плоских форм. При использовании MathCAD не нужно хлопотать о том, чтобы полученная система легко решалась, лишь бы она была правильно составлена. На рисунке 2 показан фрагмент решения задачи о нахождении реакций и усилий в элементах пространственной конструкции.

$$M := rA \times P1 + rA \times P2 + rD \times P3 + rB \times P4$$

Рис. 3

Вычисление «вручную» главного момента внешних сил – трудоемкая работа. В MathCAD достаточно набрать выражение, показанное на рисунке 3, задав предварительно векторы сил и радиус-векторы их точек приложения.

MathCAD позволяет рассчитывать траектории, скорости и ускорения точек и отображать результаты в виде графиков, стрелок и анимационных клипов. Однако проще использовать для этих целей программу «Живая физика». Модели, показанные на рисунке 4 и рисунке 5, наглядно и в динамике отображают кинематику точек колеса и кривошипно-шатунного механизма.

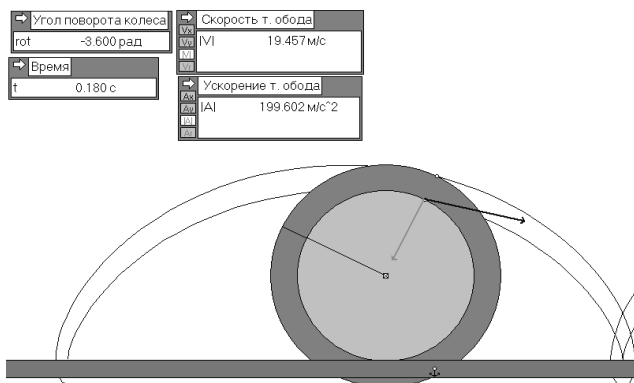


Рис. 4

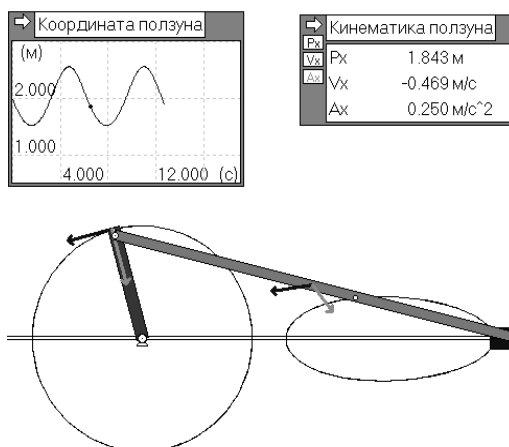


Рис. 5

При решении задач статики модели «Живой физики» можно использовать для проверки получаемых теоретически ответов, поскольку есть возможность отображать для любого момента времени реакции и усилия в элементах конструкции в виде стрелок, графиков или числовых значений.

На компьютерных занятиях по теоретической механике студентам предоставляются документы MathCAD, содержащие условия задач, рекомендации, «подсказки» и задания, а также готовые модели «Живой физики».

ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ПОРТАЛ СМОЛЕНСКОГО ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОГО ЛИЦЕЯ¹

Г.Е. СЕНЬКИНА, О.О. КРАСАВЦЕВ

Смоленский государственный университет, г. Смоленск

Проектирование образовательного портала Смоленского физико-математического лицея явилось логическим развитием проекта профильно-ориентированной интерактивной образовательной сети [1]. Проблема, которую решает данный портал, – обеспечение новых методов взаимодействия между учителями, психологами, лицеистами и их родителями посредством сети Internet, обеспечивающей доступ к образовательным материалам без ограничения по временному и территориальному признаку, а также с учетом специфики физико-математического лицея.

Сфера использования данного проекта – методическое сопровождение образования в физико-математическом лицее города Смоленска. Данный портал ориентирован на следующие основные группы пользователей.

- Лицеисты (для получения образовательных материалов с целью как углубленного изучения предметов, так и усвоения материала на базовом уровне, возможно, пропущенного по той или иной причине; для получения информации об общественной жизни лицея, внеклассной работе, организации учебного процесса (расписание уроков и звонков, учебные планы и программы), Государственной итоговой аттестации и Едином государственном экзамене, советов психологов).

- Учителя (для предоставления образовательных материалов и календарно-тематического планирования, методических рекомендаций

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке РГНФ и Администрации Смоленской области, проект 09-06-58606 а/Ц.

лицеистам и информации для родителей по своему предмету, для сотрудничества и обмена опытом с коллегами-учителями).

- Классные руководители (для предоставления лицеистам и их родителям планов воспитательной работы, расписания и тематики родительских собраний; также портал может являться платформой для общения классных руководителей с родителями лицеистов).

- Психологи (для предоставления лицеистам и их родителям диагностических материалов, результатов психодиагностики, психологической поддержки в форме анонимного консультирования, психологического просвещения в форме вопросов и ответов).

- Родители (для получения информации от учителей и классного руководителя о достижениях своих детей в школьной жизни, информации об организации учебно-воспитательной работы в школе, советов психологов).

На сегодняшний день известно множество примеров применения ИКТ в образовании, которые лишь изменили форму подачи материала: бумажные учебники и лекции заменили электронными гипертекстами (с облегченным поиском информации), плакаты – электронным проектором, видеозаписи – мультимедийными презентациями. В то же время современные ИКТ уже достигли уровня, позволяющего поставить вопрос о системном преобразовании традиционных учебных курсов в современные знаниево-деятельностные структуры, представляющие собой новое поколение улучшенных инновационных учебных средств. Отличительной особенностью таких открытых учебных средств является коммуникация с компьютером – интерактивный процесс (взаимная активность), значительно повышающий эффективность обучения и имеющий высокий образовательно-развивающий потенциал.

Целью проекта является создание образовательного интернет-портала, служащего для обмена информацией между учителями, психологами, лицеистами и их родителями; в последующем – организация дистанционного обучения. Последнее (дистанционное обучение) является особенно важным для очно-заочной физико-математической школы, являющейся структурным подразделением Смоленского физико-математического лицея и создающей возможности для дополнительного углубленного изучения физики, математики и информатики не только для лицеистов, но и для учащихся других школ г. Смоленска.

Основные задачи, решаемые внедрением проекта.

Проект:

- ✓ Делает образовательные и диагностические материалы более доступными, в том числе при отсутствии возможности личного контакта с учителем, психологом.

- ✓ Дает возможность оперативного оповещения родителей и лицеистов о важных событиях в жизни лицея и класса в частности.

✓ Создает платформу для общения между учителями, психологами и родителями лицеистов.

✓ Информировать об учебных и творческих достижениях лицеистов.

✓ Позволяет учителям и классным руководителям обмениваться опытом работы, а также образцами электронно-образовательных ресурсов.

✓ Позволяет создать профильно-ориентированное образовательное пространство для учащихся школ города – учащихся очно-заочной физико-математической школы.

В отличие от известных школьных порталов, основное назначение которых – предоставить возможность скачать нужное, выложенное кем-то неизвестным, здесь предполагается постоянное взаимодействие конкретных учителей, учащихся, родителей и методистов, психологов. Будет реализовано авторское своевременное изменение и дополнение электронных материалов с учетом меняющихся образовательных, личностных запросов обучаемых. Не администраторы сети, а именно учителя, методисты, психологи наполняют сеть учебными и диагностическими материалами, выдают и проверяют задания, тестирующие материалы, управляют процессом обучения и процессом повышения квалификации учителей (по необходимости). Обучаемые выполняют задания, просматривая учебные и диагностические материалы или отвечая на вопросы тестов. Выполненные задания обрабатываются в разных режимах: непосредственно при работе в сети с оперативной автоматической обработкой на сервере и с отсылкой результатов учителю, психологу, методисту по электронной почте. При этом для учащихся необходимо создать наиболее комфортные для обучения условия – возможность учиться где угодно (в школе, дома, в Интернет-кафе и т.д.), быстро получать консультации у учителей по непонятным вопросам, иметь доступ к электронным библиотекам с дополнительной литературой. Портал обеспечит доступ всех пользователей к ресурсам локальной интрасети лицея и за ее пределами с выходом в Интернет.

Представим ниже карту сайта, которая даст представление о его содержании.

- Главная

Содержит ссылки на форум, архив новостей, обратную связь и информацию для разных групп пользователей.

- Архив новостей

Содержит информацию о событиях школьной жизни с удобной навигацией.

- Личные сообщения

Эта персональная страница зарегистрированного пользователя, регистрация открыта только для учителей, психологов, методистов. По-

зволяет добавлять и изменять информацию о себе, личные настройки, а также получать личные сообщения.

- О разработчиках

Содержит информацию о проекте и его разработчиках.

- Обратная связь

Позволяет связаться с администратором сайта.

- Список пользователей

Содержит информацию о зарегистрированных пользователях сайта (учителя, психологи, методисты и администратор сайта).

- Учебные и диагностические материалы

Содержит учебные и диагностические электронные материалы по следующим разделам.

- ✓ Творчество лицеистов.

- ✓ Уголок психолога.

- ✓ Учебный отдел.

- ✓ Дополнительное образование (в рамках лицея).

- ✓ О лицее.

- ✓ Образцы электронно-образовательных ресурсов.

- ✓ Для поступающих в 9-е классы.

- ✓ Выпускникам.

- ✓ Внеклассная работа.

- ✓ Библиотека.

- ✓ Очно-заочная физико-математическая школа (для учащихся школ г. Смоленска).

- ✓ Личный кабинет.

- ✓ ЕГЭ.

- Форум

Данный проект находится на стадии внедрения, к одной из версий портала имеется доступ посредством сети Интернет (www.admin.smolensk.ru/~school), установлена договоренность с администрацией Смоленского физико-математического лицея о непосредственном использовании портала на базе данного образовательного учреждения.

Проект, хотя и предназначен для конкретной школы, может с небольшими изменениями быть использован и в других образовательных учреждениях, возможно создание единого информационного пространства общеобразовательных учреждений города Смоленска на основе данного проекта.

Ведутся работы по усовершенствованию данного портала с целью его использования для дистанционного обучения. В частности, наиболее актуальным и сложным является вопрос о наполнении портала образовательным контентом. Должны быть определены типологии образовательных материалов, определяемые спецификой профильных предметов:

математики, физики, информатики. Очевидно, что они не будут совпадать ни по структуре, ни по содержанию.

Важно также разработать алгоритм наполнения портала образовательными материалами для различных их видов, с приведением конкретных образцов.

Следующим шагом является обучение потенциальных зарегистрированных пользователей портала проектированию образовательных материалов с последующим размещением в сети.

Литература

1. Проектирование профильно-ориентированной интерактивной образовательной сети / под ред. К.М. Расулова. Смоленск, 2009. 100 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ СТАТИСТИЧЕСКОМ ПЛАНИРОВАНИИ ЭКСПЕРИМЕНТА

С.В. СИЛЬЧЕНКОВА

Смоленский государственный университет, г. Смоленск
e-mail: sil-sv@mail.ru

Современная теория статистической проверки гипотез и планирование эксперимента предполагает метод опровержения правдоподобных гипотез.

В соответствии с этим нормативный процесс научного исследования строится следующим образом.

1. Выдвижение гипотезы (гипотез).
2. Планирование исследования.
3. Проведение исследования.
4. Интерпретация данных.
5. Опровержение или неопровержение гипотезы (гипотез).
6. В случае отвержения старой – выдвижение новой гипотезы [1, с.12].

Математическую статистику можно использовать на всех этапах эксперимента: при его подготовке, непосредственном проведении и обработке результатов. Методы статистического планирования существенно отличаются от методов статистической обработки результатов наблюдений, где количественному анализу отводится пассивная роль. Математический аппарат методов планирования эксперимента играет активную роль, определяя и даже диктуя исследователю жесткую схему постановки эксперимента и последовательность анализа результатов. Основная задача статистического планирования состоит в определении необходимого числа экспериментов, позволяющих получить достоверные результаты.

Методы математической статистики, с одной стороны, дают возможность компактным образом представить результаты педагогического эксперимента, с другой – позволяют количественно оценить тот элемент сомнения, который сопутствует каждому эксперименту при малом числе опытов [3].

Повысить эффективность работы педагога-исследователя, его производительность труда предназначены специальные компьютерные системы.

Компьютерные системы для анализа данных – пакеты статистических программ – считаются наукоемкими программными продуктами, и довольно широко применяются в практической и исследовательской работе в самых разнообразных областях.

Большую часть статистических пакетов можно разбить на две группы – это статистические пакеты общего назначения и специализированные программные продукты.

Универсальные пакеты предлагают широкий диапазон статистических методов, в них отсутствует ориентация на конкретную предметную область. Наиболее распространены BAS, SPSS, Systat, Statgraphics, STATISTICA.

Специализированные пакеты, как правило, реализуют несколько статистических методов или методы, применяемые в конкретной предметной области [2].

Большинство из таких статистических пакетов имеют недостатки: требуют наличия профессиональных навыков и высокой квалификации, широкого первоначального статистического образования, доступной литературы и консультационных служб. Поэтому они содержат мало экранных подсказок и требуют внимательного изучения документации.

Такой подход создает сложности для быстрого освоения и использования в исследовательской деятельности ученого-гуманитария.

Для обработки результатов психолого-педагогических исследований в настоящее время специализированных пакетов практически не разработано. Исключение составляет программа «Педагогическая статистика», которая распространяется бесплатно через Интернет. Эта программа предназначена для анализа данных с использованием критериев Фишера, Хи-квадрат, Крамера-Уэлса, Вилкоксона-Манна-Уитни. Программа проста в использовании, но, как можно заметить, список ее возможностей невелик.

В настоящее время не существует системы, выбирающей возможные варианты анализа информации исходя из задач педагогики или психологии. Не разработаны алгоритмы выбора необходимых критериев для проверки статистических гипотез. В результате помощь, которую оказывает программа, не удовлетворяет всех запросов исследователя: проще использовать формулы для анализа данных, чем осваивать про-

грамму. Все это ограничивает использование статистических пакетов обработки результатов исследования в области педагогики или психологии.

Таким образом, в настоящее время необходимо повышать квалификацию педагогов в области статистических методов исследования и их информационного сопровождения; разработчикам надо искать пути дальнейшей адаптации статистических пакетов для нужд исследователей-гуманитариев, предусматривать ассистирование при выборе способа обработки данных.

Литература

1. Дружинин В.Н. Экспериментальная психология: учебное пособие. М.: ИНФРА-М, 1997. 256 с.
2. Киштович А. Краткий обзор некоторых статистических пакетов. URL: <http://www.quality-life.ru/metodologiya01.php>
3. Налимов В.В. Применение математической статистики при анализе вещества. М.: Государственное издательство физико-математической литературы, 1960.

ИНТЕГРАЦИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ СТУДЕНТОВ-ПРАВОВЕДОВ

О.Н. СТАШЕВИЧ, С.В. ДЕМЬЯНКО, А.Б. СЕВРУК

Белорусский государственный университет, г. Минск
e-mail: stachevicho@bsu.by, demyanko@bsu.by, asevruk2005@yandex.ru

Совершенствование компьютерной техники, программного обеспечения, создание электронных баз и банков данных открыли новые возможности для повышения оптимизации юридической деятельности и формирования профессиональных навыков у студентов-юристов, и поэтому главной целью учебно-воспитательного процесса в высших учебных заведениях является подготовка специалистов, которые имели бы фундаментальное, теоретическое, практическое и профессионально-ориентированное образование. Реализация этой цели возможна при условии постоянного внедрения новых образовательных технологий.

В подготовку студентов специальности 1-24 01 02 «Правоведение» в БГУ включен курс «Основы информатики и информационные технологии», где все отведенное учебным планом время (168 часов, из них 88 – на аудиторные занятия, в том числе 26 часов – лекции, 62 часа занятий в компьютерных лабораториях) студенты проводят в компьютерных классах, приобретая умения и навыки профессиональной работы с правовой информацией: поиском, отбором, оценкой; в овладении средства-

ми, методами и технологиями решения профессионально-ориентированных задач с применением новейших компьютерных и коммуникационных технологий, использования компьютерных правовых систем и базы данных «КонсультантПлюс Беларусь», «КонсультантПлюс Россия», Национального Центра Правовой Информатизации (НЦПИ) Республики Беларусь; Интернет-ресурсов при поиске информации правового характера.

Так, например, при изучении текстового процессора мы используем тексты, таблицы, схемы, создаем шаблоны и электронные формы документов, используемых в юридической практике. С помощью электронных таблиц проводим простейшие статистические расчеты и анализ данных, строим диаграммы по статистическим данным юридического характера. При освоении работы в сети Интернет знакомим с приемами поиска специализированных сайтов и порталов с целью нахождения юридической информации. Также была разработана тематика рефератов по вопросам защиты компьютерной информации, информационного обеспечения правоохранительных органов, информационных технологий уголовно-процессуальной деятельности и др. Полученные студентами знания и навыки по данной дисциплине находят применение при написании ими докладов, рефератов, курсовых и дипломных работ по юридическим дисциплинам, формируют коммуникативную и информационную грамотность, развивают личностные качества, необходимые для профессиональной деятельности.

Таким образом, студенты практически непрерывно включены в процесс получения знаний информационной направленности.

Литература

1. Демьянко С.В., Воронкина Н.А. Методические рекомендации по курсу «Основы информационных технологий» для студентов-заочников юридического факультета. В 2 ч., Ч. 1. Минск: БГУ, 2008. 44 с.
2. Демьянко С.В. Типовая учебная программа по дисциплине «Основы информационных технологий» для высших учебных заведений по специальностям 1-24 01 02 «Правоведение», 1-24 01 03 Экономическое право, 1-21 02 06 «Политология» (по направлениям)// Барвенков С.А., Максимович Е.П. Типовая учебная программа для высших учебных заведений по специальности 1-4 01 02 «Правоведение» [Электронный ресурс]. 2009. Режим доступа: URL: <http://www.bsu.by/ru/sm.aspx?guid=62883>. Дата доступа: 13.03.2009.
3. Барвенков С.А. Методические рекомендации по лабораторному практикуму Microsoft Excel. Минск: БГУ, 2010. 54 с.

СОПОСТАВЛЕНИЕ СТИЛЯ ПОСЛАНИЙ ЭНДРЮ МАРВЕЛЛА И ВИЛЬЯМА КУПЕРА ПРИ ПОМОЩИ МЕР СВЯЗИ РАЗНОУРОВНЕВЫХ ПРИЗНАКОВ

М.А. УРЫВАЕВА

Смоленский государственный университет, г. Смоленск

В данной статье ставилась задача произвести сопоставление стиля двух авторов: Эндрю Марвелла (1621–1678) и Вильяма Купера (1731–1800) в рамках одного и того же жанра – послания.

Под посланием понимается древнейший жанр монологической поэзии, чаще всего поучительного морального, философского или эстетического содержания в эпической или лирической форме, всегда направленный на определенную реальную или фиктивную личность.

Оба поэта оставили глубокий след в истории как английской, так и мировой литературы. Э. Марвелл являлся одним из последних представителей школы метафизиков и одним из первых мастеров поэзии английского классицизма. В. Купер, яркий представитель сентиментализма, при жизни и в первой трети XIX века считался лучшим поэтом своего поколения. Его искренняя поэзия, любовь к природе, ее художественное изображение и стремление к естественности были началом реакции против риторической поэзии и сделали Купера одним из двигателей английского «возрождения поэзии» начала XIX века.

Исследование проводилось в рамках стилеметрического анализа и основывалось на подсчете разноуровневых признаков в текстах.

В данной работе к исследованию было привлечено 19 признаков: количество стихотворных переносов в строке, количество синтаксических разрывов в строке, наличие эмфатического исхода, полной и частичной инверсии в строке, количество простых предложений в составе сложносочиненного предложения, количество придаточных предложений в сложноподчиненном предложении, количество существительных, прилагательных, глаголов, наречий, личных, притяжательных и указательных местоимений в строке, количество модальных глаголов, имен собственных в строке, использование настоящего, прошедшего или будущего времени.

В результате была построена база данных, строками которой являются стихотворные строки, а столбцами – указанные 19 признаков. Эта база данных содержит по 4 послания каждого автора (46 строк у Купера и 143 строки у Марвелла). Сопоставление стиля авторов проводилось в нашем исследовании путем сравнительного анализа соотношения признаков в двух классах текстов (Купера и Марвелла).

Для выявления соотношения использовался коэффициент корреляции Коула [3]. Опыт использования данной меры в лингвистических исследованиях имеет место в работах Ю.А. Тулдавы [2] и С.Н. Андреева [1].

В результате корреляционного анализа был получен ряд значений коэффициента корреляции. Его статистическая значимость определялась по критерию t-Стьюдента для уровня значимости $p < 0,05$ при количестве степеней сравнений 143 у Марвелла и 46 у Купера.

Для сопоставления корреляционных матриц использовалась мера Жаккара, которая имеет вид:

$$K = \frac{a}{S1 + S2 - a},$$

где a – общее число совпадений, $S1$ – количество всех корреляций признаков в текстах одного автора, $S2$ – количество всех корреляций признаков в текстах другого автора.

В результате были получены данные, свидетельствующие о степени сходства и различия стилей Марвелла и Купера. Количество различий индивидуальных стилей в значительной степени превышает сходство. Коэффициент сходства Жаккара оказался весьма низким $K = 0,18$, при максимальном значении $K = 1,00$.

В целом анализ показал, что индивидуальный стиль указанных авторов в значительной степени превалирует над интегральным влиянием жанра.

Литература

1. Андреев С.Н. Исследование языковой системы при помощи ЭВМ. Смоленск, 1987.

2. Тулдава Ю.А. Проблемы и методы квантитативно-системного исследования лексики. Таллин: Валгус, 1987.

3. Cole L.C. The Measurement of Interspecific Association.// Ecology. 1949. Vol.30. No.4. P. 411-424.

КЛАССИФИКАЦИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ УЧЕБНЫХ ПОСОБИЙ

З.М. ФИЛАТОВА

Институт непрерывного педагогического образования,
8(8552)723273; e-mail: czmfzm@mail.ru

Анализ существующих электронных учебных пособий (ЭУП – систематизированный материал из соответствующей научно-практической области знаний), используемых в учебно-воспитательном процессе, показывает, что они имеют многослойный характер и требуют классификации. Классификация ЭУП может вестись по нескольким признакам:

– по функциональному признаку, определяющему значение и место ЭУП в учебном процессе: программно-методические (учебные пла-

ны и учебные программы); учебно-методические (методические указания, руководства, содержащие материалы по методике преподавания учебной дисциплины); обучающие (учебники, учебные пособия, мультимедиа лекции, конспекты лекций); вспомогательные (практикумы, сборники задач и упражнений, энциклопедии, хрестоматии); контролируемые (тестирующие программы, базы данных);

– по наличию печатного эквивалента: электронный аналог печатного издания или самостоятельное электронное издание (электронное издание, не имеющее печатных аналогов);

– по характеру представляемой информации: учебный план, программа, методические указания или руководства, задания для практических занятий, учебного пособия, конспекта лекций;

– по периодичности: однотомное или многотомное издание (серия учебных пособий);

– по целевому назначению: для подготовки к школе, для учащихся образовательных учреждений, для дипломированных специалистов и т.п.;

– по природе основной информации: текстовое ЭУП, где информация в основном выложена в виде текста; изобразительное ЭУП, где могут быть представлены графические объекты (схемы, рисунки, диаграммы, таблицы и т.п.); звуковое ЭУП, содержащее цифровое представление звуковой информации в форме, допускающей ее прослушивание; программный продукт – самостоятельное произведение, представляющее собой публикацию текста программы или программ на языке программирования или в виде исполняемого кода; мультимедийный электронный комплекс, в котором присутствует информация различных форматов (текст, графика, звук и видео);

– по технологии распространения: для локального использования и выпускающееся в виде определенного количества идентичных экземпляров (тиража) на внешних носителях; сетевое пособие, где использование, доступное потенциально неограниченному кругу пользователей через телекоммуникационные сети; электронное пособие комбинированного распространения – электронное издание, которое может использоваться как в качестве локального, так и в качестве сетевого.

Представленная классификация ЭУП позволяет провести анализ, систематизацию, выбор и осуществить оценку эффективности использования учебного комплекса при проектировании занятий с использованием информационно-коммуникационных технологий.

Литература

1. Демкин В.П., Можяева Г.В. Классификация образовательных электронных изданий: основные принципы и критерии. Методическое пособие для преподавателей. Томск: Изд-во ТГУ, 2003.

2. Сапрыкина Г.А. Современный электронный учебник. Отличительные признаки электронных учебников. // Школьные технологии. 2004. №6,. С. 79-83.

3. Юрьева Т.С. Применение образовательных электронных изданий в процессе обучения // Школьные технологии. 2006. №3,С. 179-182.

4. ГОСТ 7.83-2001. Электронные издания. Основные виды и выходные сведения.

5. Демкин В.П., Можаяева Г.В. Классификация образовательных электронных изданий: основные принципы и критерии. Методическое пособие для преподавателей. URL: www.ict.edu.ru/ft/003621/index.html

6. -Классификация образовательных электронных изданий. URL: window.edu.ru/window/library?p_rid=23900

7. Краснова Г.А. и [др.] Технологии создания электронных обучающих средств. 2001. URL:www.ido.edu.ru/development/book2.html

ОРГАНИЗАЦИЯ ДИСТАНЦИОННОГО КУРСА ПОДГОТОВКИ К ЕГЭ ПО ФИЗИКЕ НА БАЗЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПОРТАЛА¹

Е.В. ЧЕПИКОВА

Смоленский государственный университет, г. Смоленск
e-mail: elena151082@mail.ru

Использование информационных технологий, в частности технологий сети Интернет, открывает широкие возможности для организации дистанционного изучения отдельных дисциплин школьной программы. Не является исключением и физика. Сегодня среди ресурсов, опубликованных в сети Интернет, можно найти большое количество образовательных ресурсов по физике.

На наш взгляд, наиболее актуальным и соответствующим целям дистанционного обучения является элективный курс подготовки старшеклассников к единому государственному экзамену.

Целевая группа, на которую ориентирован курс: учащиеся 10-11 классов общеобразовательной школы, изучающие физику на базовом уровне и желающие подготовиться к единому государственному экзамену.

Учебные цели курса:

- обобщить и систематизировать теоретический материал по физике, необходимый для успешной сдачи ЕГЭ;
- научиться решать стандартные задачи по физике, входящие в ЕГЭ (части А и В);

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке РГНФ и Администрации Смоленской области, проект 09-06-58606 а/Ц.

- приобрести навыки выполнения тестовых заданий по физике.

Технические ресурсы: специальное программное обеспечение не требуется, необходим только компьютер с возможностью доступа в Интернет.

Структура курса построена на основе «Кодификатора элементов содержания по физике для составления контрольных измерительных материалов единого государственного экзамена 2010 года», разработанного Федеральным институтом педагогических исследований. Весь курс разбит на 5 разделов, соответствующих основным разделам школьного курса физики:

- механика;
- молекулярная физика и термодинамика;
- электродинамика;
- основы специальной теории относительности;
- квантовая физика.

Каждый раздел делится на модули, а те, в свою очередь, на подмодули, соответствующие отдельным контролируемым элементам по классификатору.

В каждом из модулей выделяются 4 основных блока:

1) вводный блок, содержащий цели изучения модуля, требования к усвоению знаний и формированию умений ученика, структуру модуля, а также инструкцию для школьника по работе с материалом и индивидуальный график работы;

2) теоретический блок, в котором приводится необходимый теоретический материал по теме блока: основные определения, законы, формулы;

3) практический блок, содержащий подробно разобранные примеры решения задач по теме модуля, а также задачи для самостоятельного решения;

4) блок контроля, включающий в себя тестовые задания для контроля усвоения школьником содержания модуля.

Блоки модуля связаны между собой при помощи гиперссылок, что позволяет школьнику выстраивать индивидуальный маршрут работы с курсом.

Работу с модулем ученик начинает со знакомства с инструкцией и выбора подмодуля для изучения. После выбора подмодуля у ученика есть несколько альтернативных возможностей работы с материалом.

1. Изучить теоретический материал по теме подмодуля, повторить основные понятия, законы и формулы. Затем рассмотреть примеры решения задач по теме подмодуля, после чего перейти к самостоятельному выполнению заданий. При этом на каждом этапе ученик может вернуться к предыдущему: вспомнить определение или заглянуть в уже разобранный пример решения аналогичной задачи.

2. Если ученик уверен в своих знаниях по данной теме, он может сразу перейти к самостоятельному выполнению тестовых заданий. При этом у него сохраняется возможность в случае затруднения вернуться к теории или примерам решения.

Таким образом, ученик может самостоятельно выбирать последовательность изучения темы и начинать с любого из блоков модуля.

Работа ученика по каждому из подмодулей заканчивается тестовым контролем, и в зависимости от результатов тестирования, перед школьником вновь открывается несколько вариантов. Если тест пройден успешно, то ученик может перейти к изучению темы следующего подмодуля. В случае неудачного прохождения теста ученик должен вернуться к тому материалу, который он не усвоил, изучить его и еще раз попытаться пройти тест.

Итоговое тестирование проводится также по каждому модулю. В результате выявляются те подмодули, которые ученик усвоил недостаточно хорошо.

СОГЛАСОВАННОСТЬ МУЛЬТИМЕДИЙНЫХ ЛЕКЦИЙ

И.А. ЧЕРТКОВ

Филиал ГОУ ВПО МЭИ (ТУ), г. Смоленск

e-mail: chertkovia@mail.ru

В основу построения пользовательского интерфейса (ПИ) в стандарте фирмы IBM (Common User Access, CUA) положен принцип его согласованности как системы ожидания у пользователя одинаковых реакций на одинаковые действия. Выделяются три аспекта согласованности:

- физический, относящийся к техническим средствам;
- синтаксический, относящийся к порядку появления элементов ПИ на экране;
- семантический, относящийся к значению элементов ПИ.

Теперь попробуем ответить на вопрос: «Что такое мультимедийная лекция, построенная с помощью PowerPoint?». Это некий тематический материал, последовательно, порциями выводимый на определенное количество слайдов и разбиваемый на порции в рамках каждого слайда. Причем должна быть предусмотрена развитая система навигации между слайдами, между группами материала. То есть, фактически, мультимедийная лекция – это вариант ПИ, когда коллективным пользователем является группа слушателей, а лектор управляет диалогом и навигацией. И, соответственно, мультимедийная лекция должна поддерживать концепцию согласованности.

Еще раз определим, что такое согласованность. Любой разработчик ПИ, в том числе и лекции, имеет право выбора на форму, способ вывода,

оформление, цвет и пр. элементов интерфейса. Конечно, выбор должен быть сделан в пределах разумного, например, с учетом общепринятых ассоциаций: красный цвет – опасность, желтый – предупреждение. Но, так или иначе, право выбора есть. Поддержка же согласованности заключается в подтверждении сделанного выбора на протяжении всего интерфейса.

Физическая согласованность. В мультимедийных лекциях данный аспект будет в первую очередь относиться к элементам управления: навигации, прерывания показа, меню и пр. Элементы управления будут физически согласованы в случае, если:

- на протяжении всего интерфейса оформление каждого из них будет одинаковым (размер, цвет, надпись, контур);
- на каждом слайде каждый из них будет находиться на одном и том же месте (например, кнопка «Следующий слайд» всегда находится справа внизу).

Кроме того, должно быть физически согласовано использование шрифта:

- одинаковый размер шрифта в одинаковых по смыслу элементах;
- одинаковое, или, лучше сказать, постоянное, сочетание цвета шрифта и цвета фона;
- постоянные по использованию эффекты шрифта в одинаковых по смыслу элементах.

Синтаксическая согласованность. Относится к порядку группирования информации в пределах одного слайда, использованию эффектов анимации.

Очевидно, что информация должна выводиться на слайд некоторыми смысловыми порциями, когда слайд постепенно заполняется тестовой, графической или некоторой другой информацией. Здесь выбора практически нет – существует общепринятая практика: слева – направо и сверху – вниз. Хотя, конечно, в ряде случаев возможны исключения.

Сложнее обстоит дело с использованием эффектов анимации. Современные версии PowerPoint обладают богатыми наборами встроенных эффектов, так, только вход объекта можно представить более чем 50 способами. Повторимся: разработчик имеет право выбора. И эффект анимации будет синтаксически согласован, если он постоянно используется для обработки одного и того же события презентации: входа или выхода элемента, выделения или нажатия элемента.

Ограничения на использование эффектов анимации накладывает цель создания лекции – представить материал, в том числе и текстовый, наиболее наглядным образом. Очевидно, главная цель текстовых объектов – их читабельность. Поэтому для их представления нельзя использовать различные внешне эффектные способы, например, вращение. Тест

должен быть прочитан наиболее быстро и комфортно, поэтому для него нужно использовать самый простой эффект – возникновение.

Для других объектов возможно использование более сложных способов анимации. Но и здесь нельзя забывать о главных целях лекции, и эффекты не должны стать самоцелью.

Семантическая согласованность. Будет иметь место, если все элементы ПИ имеют строго определенное функциональное назначение и при каждом очередном использовании элемента происходит одно и то же действие.

Согласованность цвета. С учетом технических возможностей современной вычислительной техники можно ввести еще один аспект согласованности – согласованность цвета. Уточним, что речь идет о создании ПИ, а не о некоторых высокохудожественных графических представлениях. Поэтому число используемых цветов должно быть ограничено – не более 5-6. И каждый цвет должен быть согласован, т.е. использоваться только в строго определенных элементах, например, цвет фона слайда должен быть уникален в рамках лекции и постоянен во всех слайдах. Кроме того, если цвет несет смысловую нагрузку, то он не должен меняться в пределах всей лекции.

ДИДАКТИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ ТИПОВОЙ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ «ОСНОВЫ ВЫСШЕЙ МАТЕМАТИКИ» ДЛЯ СТУДЕНТОВ-ПСИХОЛОГОВ

Н.Б. ЯБЛОНСКАЯ, О.М. МАТЕЙКО

Белорусский государственный университет
тел. 209-50-48; e-mail: Yabl_nb@bsu.by, matseika@bsu.by

На кафедре общей математики и информатики механико-математического факультета Белорусского государственного университета разработана типовая учебная программа «Основы высшей математики» для высших учебных заведений Республики Беларусь по специальности «Психология». В ней содержатся основные требования к студентам-психологам, изучающим дисциплину «Основы высшей математики».

Одной из основных целей изучения дисциплины «Основы высшей математики» для психологов является повышение уровня математической подготовки студентов и ориентация их на использование математических методов при проведении психологических исследований. Математика является значительной, очень важной частью общечеловеческой культуры и это указывает на необходимость ее изучения в том числе и студентами различных гуманитарных специальностей, к которым

относится и психология. Математика формирует качества мышления, необходимые для полноценного функционирования человека в современном обществе. Прежде всего, она развивает абстрактное мышление студентов, включающее логическое (дедуктивное) мышление, алгоритмическое мышление, а также такие его качества, как сила и гибкость, конструктивность и критичность. Она воспитывает такой склад ума, который требует критической проверки и логического обоснования тех или иных положений и точек зрения, а это необходимо любому профессионалу. Изучение математики оказывает также большое влияние и на формирование личных качеств человека: приучает к полноценной аргументации и предостерегает от необоснованных обобщений.

Использование языка математики расширяет видение мира ученого-гуманитария. Овладение этим языком позволяет эффективно использовать в своей работе достижения естественных наук, заимствовать методы исследования, разработанные модели, проводить аналогии при решении собственных задач. Преподавание математики для студентов-психологов должно осуществляться на основе принципа профессиональной направленности преподавания, в содержание которого входит принцип адаптации этих курсов к требованиям математической и компьютерной подготовки соответствующих специалистов.

Типовым учебным планом для специальности «Психология» на изучение дисциплины «Основы высшей математики» всего отводится 138 часов, из них 68 часов аудиторных: 36 часов лекций, 32 часа практических занятий.

Учебный курс состоит из четырех разделов:

1. Элементы теории множеств в анализе психологических явлений.
2. Элементы линейной алгебры в представлении и обработке психологических данных.
3. Основы математического анализа и его использование в изучении функционирования различных психологических явлений и процессов.
4. Элементы теории вероятностей в психологии.

Цели изучения дисциплины «Основы высшей математики» для студентов-психологов следующие:

- сформировать умение корректной математической постановки прикладной задачи, способствовать дальнейшему развитию у студентов способностей к логическому и критическому мышлению;
- обучить студентов основным математическим понятиям и методам, способствующим общему повышению научного уровня решения профессиональных задач;
- подготовить будущих психологов к самостоятельному изучению тех разделов современной математики, которые могут потребоваться дополнительно в практической и научно-исследовательской работе.

Литература

1. Еровенко В.А., Яблонская Н.Б., Велько О.А. Основы высшей математики: типовая учебная программа для высших учебных заведений по специальности 1-23 01 04 «Психология» // Основы высшей математики. Основы информационных технологий: типовые учеб. программы для высш. учеб. заведений по спец. 1-23 01 04 «Психология»; под ред. В.А. Еровенко. Минск: БГУ, 2009. С. 5–15.
2. Компьютерная и математическая грамотность – основа интеллектуальной безопасности и имиджа страны / В.А. Еровенко [и др.] // Высшая школа. 2007. №3. С. 27-32.

ПОЗИТИВНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ШКОЛЬНЫХ ТРУДНОСТЕЙ КАК РЕСУРС РАЗВИТИЯ ЛИЧНОСТИ ПОДРОСТКОВ

Н.В. ОСТАНИНА

Средняя школа «Атейтес», г. Вильнюс
e-mail: nadezda-05@mail.ru

Одним из важнейших ресурсов образовательной среды, в которой живет и действует подрастающий человек, является педагогическая поддержка. Система педагогической поддержки в образовательной среде предполагает взаимодействие педагогов, психологов, школьников, окружения, в котором человек растет, воспитывается, учится; педагогический же процесс организуется как деятельность по педагогической поддержке подростка в трудных школьных ситуациях.

Сущность педагогической и психологической поддержки состоит в сложных преобразованиях, затрагивающих ядро ребенка – его личность [1]. Развивающаяся личность нуждается в понимании, принятии, авансировании, особых стратегиях и тактиках воспитания, в вооружении механизмами и способами саморазвития [2]. Негативное влияние школьных трудностей заключается в том, что они являются детерминантой деформированного личностного развития школьника, затрудняя вхождение личности в широкий контекст социальных отношений. В то же время трудности обладают и позитивным потенциалом, так как содержат в себе возможность развития и поэтому могут квалифицироваться как ресурс развития личности. Однако для того, чтобы подросток осознал этот ресурс и научился его использовать, ему необходима помощь и поддержка педагога [5].

Переживание подростком своей неуспешности возникает в связи с проблемами в отношениях с группой сверстников и в отношении к себе, а также в связи с некоторыми особенностями самоотношения (неуверенность в себе, отсутствие жизненной перспективы, неудовлетворенность собой, стремление к личностному развитию, склонность к самооб-

винению), самовосприятия (восприятие себя как «глупого и некрасивого», неспособного управлять событиями своей жизни, сомнения в своей ценности для других) и поведения (склонность к оппозиционному поведению и подчинению) [4].

В процессе практической работы были выделены внутренние условия актуализации позитивного потенциала трудностей:

- ✓ осознание трудностей;
- ✓ формирование положительного восприятия трудностей (отношения к ним);
- ✓ формирование положительного самоотношения, повышение ценности своей личности;
- ✓ формирование положительного самовосприятия, принятие ответственности за свои школьные дела, за свою жизнь;
- ✓ формирование активной позиции по отношению к трудностям;
- ✓ повышение коммуникативной компетентности;
- ✓ получение опыта преодоления трудностей и негативных переживаний;
- ✓ понимание позитивной роли трудностей в развитии личности;
- ✓ нахождение мотивов выбора стратегии разрешения трудностей.

Общая стратегия помощи подростку в актуализации позитивного потенциала трудностей – это организация движения личности от отрицательного отношения к трудностям к положительному отношению к ним. [3].

Реализация стратегии психологической помощи личности в актуализации позитивного потенциала школьных трудностей и, тем самым, в развитии личности предполагает выполнение ряда внешних условий.

Во-первых, создание благоприятного фона для позитивных эмоционально-ценностных переживаний, являющихся основой для воспитания потребностей (в межличностных отношениях, в социально одобряемом поведении) и чувств (чувства общности), для понимания того, что развитие индивидуальности возможно только в контексте социальных отношений.

Во-вторых, моделирование основных школьных и жизненных событий и создание условий для осознания внутренних противоречий личности подростка, совершения личностного выбора. Моделирование основных школьных и жизненных событий происходит в процессе практических мероприятий, которые проводятся в интерактивном режиме (тренинги, ролевые игры, диспуты, круглые столы, психологические практикумы, пресс-конференции) и является, по сути, их содержанием.

В-третьих, это нахождение таких форм работы, в которых было бы возможно движение от отрицательного к положительному отношению к трудностям, осознанию их позитивного потенциала.

С целью создания отмеченных условий была разработана и апробирована **система психолого-педагогической помощи подросткам средствами создания условий для осознания позитивного потенциала школьных трудностей**. Система включила в себя такие формы работы, как:

- ознакомление учащихся с результатами психодиагностического обследования; групповая дискуссия с учащимися на тему «Я и моя школа» (с использованием самооценивающих опросников «Мои школьные оценки», «Анкета прогульщика», «Что нового я узнал на уроке», «Радуга школьного дня» - авторские разработки, а также известные методики оценки мотивации к успеху и боязни неудач (А.А. Реан), направленности на оценку или на знания (Е.П. Ильин); методики оценки тревожности (Прихожан, Филлипс, Рогов); проективные методики («Несуществующее животное», «Человек под дождем»);
- индивидуальное и групповое психолого-педагогическое консультирование подростков по итогам психодиагностики;
- психологические тренинги на темы «Школьные трудности – препятствия или ресурсы?»; «Посеешь поступок – пожнешь характер»;
- индивидуальное психолого-педагогическое консультирование по результатам тренинга (таблица 1).

Система психолого-педагогической помощи в развитии личности подростка через создание условий для актуализации позитивного потенциала школьных трудностей апробирована в практической работе с подростками в средних школах «Атейтес» и «Лукишкю» г. Вильнюса (Литовская Республика).

Таблица 1

Система психолого-педагогической помощи подросткам средствами создания условий для осознания позитивного потенциала школьных трудностей

Формы практической работы с подростками (внешние условия)	Методы практической работы с подростками (внешние условия)	Актуализация позитивного потенциала школьных трудностей (внутренние условия)
Формулирование сути трудной школьной ситуации совместно с подростком, учителем, одноклассниками, родителями	Анализ положительных и отрицательных сторон трудной школьной ситуации	Осознание подростками положительных и отрицательных сторон трудной ситуации
Психодиагностическое обследование подростка, ознакомление его с результатами психодиагностического обследования	Беседа и интерпретация результатов психодиагностического обследования, осознание личностных ресурсов для разрешения трудной ситуации	Осознание подростками необходимости разрешения трудной ситуации, используя собственные личностные ресурсы

Групповая дискуссия на тему: «При мысли о школе у меня...»	Процедура самооценивания, использование опросников, проектирование образа идеального ученика	Повышение ценности собственной личности и формирование положительного самоотношения
Психолого-педагогическое консультирование по результатам дискуссии: а) индивидуальное консультирование; б) групповое консультирование	Составление прогностического варианта развития событий в трудной ситуации. Обсуждение неосознаваемой информации о себе, дополнительная диагностика по проективным методикам	Формирование положительного самовосприятия, принятие личной ответственности за разрешение трудной ситуации; формирование активной позиции по отношению к трудностям
Психологический тренинг на тему: «Посеешь поступок – пожнешь характер»	Моделирование трудных школьных ситуаций подростками; экстернализация внутренних противоречий, совершение выбора способа преодолевающего поведения (копинг-стратегии)	Формирование положительного самоотношения и самовосприятия; формирование активной позиции по отношению к трудности (проблеме); повышение коммуникативной компетентности; получение положительного опыта преодоления объективных трудностей и негативных переживаний
Психолого-педагогическое консультирование по результатам экспериментальной и воспитательной работы	Формулировка личного результата подростка, построение перспектив своего развития, разработка психолого-педагогических рекомендаций	Осознание мотивационной основы выбора конструктивного способа поведения; поддержание межличностных отношений со сверстниками и взрослыми; соотнесение мотивов выбора стратегии поведения в данной ситуации с другими жизненными мотивами и жизненными ситуациями

Литература

1. Котова И.Б., Шиянов Е.Н. Философские основания современной педагогики. Ростов н/Д., 1994. С. 55–59.
2. Макеева Т.В. Гуманистическая позиция учителя в сфере оказания педагогической поддержки школьникам // Ярославский педагогический вестник. 2003. № 1 (34). С. 22–34.
3. Останина Н.В. Структура педагогической поддержки совладающего поведения подростков в школах Литвы// Известия РГПУ им. А.И. Герцена (Аспирантские тетради. Ч. II: Педагогика и психология, теория и методика обучения). 2009. № 12(91). С. 206-210.

4. Останина Н.В. Психолого-педагогические последствия переживания трудных ситуаций подростками // Научные труды международной научно-практической конференции ученых МАДИ(ГТУ), РГАУ-МСХА, ЛНАУ 20–21 января 2009. Том 5. Педагогика и методика. Москва-Луганск, 2009. С. 12-19.

5. Слостенин В.А. Колесникова И.А. Воспитательная деятельность педагога М.: Академия, 2005. 336 с.

MULTILEVEL AUTHENTICATION ON THE WEB WITH CUSTOMIZABLE FEEDBACK

S. ZHDANOV¹, A. KOSTIN¹, D. BORODIN²

¹ Moscow State Pedagogical University, Moscow, Russia

² University College of Ghent, Belgium

Introduction: Authentication and Authorization on the Web.

Authentication is a way to be ensured that users identify themselves as whom they say they are. Usually, authentication is performed by challenging the user to prove his/her identity – the most common way on the web is to request a username and password. If the user successfully meets the challenge – that is provides a valid username/password combination, the application authenticates them. If the user does not, the entry on the system is refused.

Authorization can only happen after a user has met the authentication challenge. Authorization is determining the user's privileges within the application. In a typical forum application for instance, a Guest would only be allowed to read posts, while a Member can respond to posts and create new threads, and Administrators may be able to remove or edit posts as well as ban Members who violate forum policies.

What is Multilevel Authentication?

Multilevel Authentication enables you to assign different authentication levels to the applications that it protects. It is possible then to map these authentication levels to specific authentication plug-ins. For example, you may configure a highly sensitive application to require a user certificate and a less sensitive application to require a user name and password.

The model of multilevel authentication with customizable feedback

We describe the model on the real-life example, developed by Alexey Kostin – the website <http://kiloherz.ru> under the supervision of Professor Sergey Zhdanov. This website provides free service for secondary and high school students who want to develop their knowledge of elementary mathematics and participate in competition in mathematics.

The website contains the materials and methodology of interuniversity competition in mathematics. The site also contains the service which provides the feature of the distant competition in mathematics for everyone. This com-

petition is considered as an online training activity as well as preliminary stage for the face-to-face competition.

The content of the website is maintained by the teachers and professors of the Faculty of Mathematics (<http://www.mpgu.edu/abitur/math2.htm>) of Moscow State Pedagogical University (<http://mpgu.edu>).

The multilevel authentication with customizable feedback can be described as follows:

1. There are three levels of authentication: *participant*, *tutor* and *administrator*.

2. The *participant* can register on the website by him/herself and be enrolled in a distant competition stage with the feature of sending/uploading the solutions of the problems online as well as to train on example solutions and also submit them online.

3. The *tutor* can upload problems, start distant competition stage and check the solutions sent by *participants*.

4. The *administrator* is able to perform all the actions that *participants* and *tutors* can do, but only he/she can register/remove *tutors* on the system, remove *participants*, moderate the uploaded content of the website, assign authentication levels.

5. It is possible to change the permissions of each level.

6. Each action, performed by any user on the system, can give its feedback (by email). Actions requiring a feedback can be configured on the user's profile.

7. It is also possible to use dynamic links for events in emails sent automatically when an action is performed.

Below we have a small example to show how multilevel authentication with customizable feedback.

A participant is enrolled to the training competition. He solved the problems and uploaded the solutions online under his username/password (it is possible to do either on the textarea compatible with the LaTeX/MathML standard and simply uploading a file of a recognisable format). A tutor who started this training competition, received a feedback on his email that there were a file with solutions uploaded. The email message the tutor received contained the direct link to the solutions, ie all the tutor is need to do is to click this link and he is automatically logged on (authorized) and is able to read and check the solutions. Once the checking is completed, he submits the corrected solution with the commentaries on the server. The participant, in his turn, receives a feedback containing the information that the solutions he uploaded were checked and the link to see the content.

Another simple example of a feedback is when administrator receives notification messages about new users that have been registered.

In all described cases the feedback on the respective actions was enabled.

This website was developed on the technical basis of the open-source content-management platform Drupal 6.x. (<http://drupal.org/>).

Below we give an example of how to create authentication levels and manage user permissions in Drupal:

1) Add new user roles (**Add role**) for administrators under **administer >> access control >> roles** area.

2) **Administer >> access control >> permissions** area and check the boxes for the modules and settings you want to grant access to for these new roles created in step 1.

3) Users area under **administer >> users**, the **edit** link for the user(s) to change / set the roles for the user(s).

Conclusion: Social Networking

The feedback features of the multilevel authentication module together with the feature of creating content by a number of professional users may lead to a professional community and professional social networking, which is very important within the education globalization process and knowledge exchange.

This paper was composed following the speech of a Ph.D. student Alexey Kostin with the same subject, made on the official working meeting of the international TEMPUS SEXTANT Project in Moscow State Pedagogical University, February 22nd, 2010.

СОДЕРЖАНИЕ

К 70-летию профессора В.П. Дьяконова.....	3
СЕКЦИЯ 1. Системы компьютерной математики	
<i>Агафонов А.А.</i> Исследование модели гравимагнитных ударных волн в неоднородной плазме в пакете Mathematica.....	4
<i>Адиятуллина Г.Р.</i> Система аналитического тестирования в форме маплетов.....	5
<i>Амелин С.А., Амелина М.А., Орехов В.А.</i> Быстродействующая модель RS-триггера для программы Micro-Cap 9.....	8
<i>Амелин С.А., Амелина М.А., Хлопонин В.В.</i> Задающий генератор для Spice-моделей ШИМ-контроллеров.....	10
<i>Бубнов А.А.</i> Оценка качества псевдослучайных последовательностей средствами Mathcad.....	12
<i>Волушкова Е.Ю., Матросов А.В.</i> Реализация вычислительно неустойчивых алгоритмов в Maple.....	14
<i>Дьяконов В.П.</i> Анализ низкочастотных сигналов цифровыми анализаторами спектра радиочастот.....	16
<i>Игнатьев Ю.Г.</i> Программные процедуры со сплайнами в Maple.....	22
<i>Игнатьев Ю.Г., Абдулла Халед Хусейн.</i> Программные процедуры численного решения задачи Коши для системы нелинейных дифференциальных уравнений в форме сплайнов.....	23
<i>Игнатьев Ю.Г., Еремова Л.И.</i> Информационные технологии в создании электронных учебных материалов по курсу «Автоматизированные системы управления на автомобильном транспорте».....	24
<i>Игнатьев Ю.Г., Розакова Л.И.</i> Анимация тригонометрического круга в СКМ Maple.....	25
<i>Игнатьев Ю.Г., Самигуллина А.Р.</i> Библиотека программных графических процедур по курсу алгебры и аналитической геометрии в пакете Maple.....	27
<i>Игнатьев Ю.Г., Сачкова О.А.</i> Программные и графические процедуры по теме «Векторная алгебра» в среде Maple.....	28
<i>Кирсанов М.Н.</i> Опыт обработки изображений в системе Maple.....	30
<i>Клименко В.П., Ляхов А.Л., Гвоздик Д.Н.</i> Некоторые принципы построения архитектуры СКА нового поколения семейства АНАЛИТИК.....	32
<i>Кристалинский Р.Е., Кристалинский В.Р.</i> Применение системы Mathematica для вычисления собственных чисел дифференциальных операторов.....	34
<i>Круглов В.В.</i> Ограниченность использования методов нечеткой логики.....	36

<i>Круглов В.В.</i> Варианты интерфейса систем поддержки принятия решений.....	37
<i>Кузнецов О.А.</i> Возможности различных пакетов при решении задачи межотраслевого баланса Леонтьева.....	39
<i>Курилин С.П., Денисов В.Н.</i> Визуальные модели векторных пространств и проблемы энергосбережения.....	45
<i>Лебедева М.Ю., Ухналева Е.А.</i> Использование пакетов SPSS и Excel в задачах обоснования маркетинговых решений.....	47
<i>Ляхов А.Г., Захаров С.А.</i> О возможности использования новой версии СКА АНАЛИТИК при разработке обучающих программ.....	50
<i>Мифтахов Р.Ф.</i> Математическое моделирование космологической эволюции вырожденной Ферми-системы со скалярным взаимодействием в системе компьютерной математики.....	52
<i>Нырков А.П., Ястребов М.Ю.</i> Опыт использования систем компьютерной математики при изучении математических дисциплин.....	54
<i>Павликов А.Н., Бойко О.В., Жарый С.С.</i> Использование компьютерной алгебры при решении задач прочности железобетонных конструкций.....	56
<i>Пеньков А.А., Петрушина Е.А.</i> Моделирование работы одноконтактного преобразователя напряжения в программе MicroCap 9.....	58
<i>Пеньков А.А., Строев К.Н., Строев Н.Н.</i> Особенности моделирования систем управления импульсными преобразователями на основе энергетических соотношений в среде MATLAB+Simulink.....	60
<i>Сараев П.В.</i> Исследование псевдообращения матриц в математическом пакете Maple.....	62
<i>Суханова А.Г., Суханов М.Б.</i> Квантовые алгоритмы и ускорение процесса факторизации чисел.....	65
<i>Фролкова О.Н., Фролков О.А.</i> Обобщенная модель солнечного элемента в среде Matlab Simulink.....	70
<i>Холоднов В.А.</i> Практическое использование системы компьютерной математики Mathcad для решения задач оптимизации.....	72
<i>Холоднов В.А., Боровинская Е.С., Гайков А.В., Хайдаров А.Г.</i> Вычислительный эксперимент для сложной системы химических реакций с использованием MathCAD	74
<i>Холоднов В.А., Гайков А.В., Кулишенко Р.Ю.</i> Использование MathCAD для решения задачи оптимального распределения веса многоступенчатой ракеты по ступеням.....	77
<i>Холоднов В.А., Гайков А.В., Кулишенко Р.Ю.</i> Оптимизация последовательности биохимических реакторов с помощью MathCAD.....	81
<i>Холоднов В.А., Гайков А.В., Кулишенко Р.Ю.</i> Решение оптимальной задачи многоступенчатого сжатия газа с помощью MathCAD.....	84

<i>Холоднов В.А., Красников Д.Б., Онучин А.В.</i> Использование MathCAD для моделирования процессов в химических реакторах на основе однопараметрической диффузионной модели.....	86
<i>Хотова Ф.А.</i> Кратковременное (оконное) преобразование Фурье в системе MATLAB.....	90
<i>Шапошникова О.Н.</i> Библиотека Sources пакета моделирования SimElectronics....	94
<i>Gorelik V., Wim De Bruyn, Borodin D.</i> Heuristic ideas of using genetic algorithm for solving Lot-Size production scheduling problems.....	100

СЕКЦИЯ 2. Параллельные вычисления и многоядерные процессоры

<i>Абраменкова И.В., Павлов Д.А., Троцкий Ю.В.</i> Применение оптоволоконных датчиков в энергетике.....	104
<i>Алипбаев К.А., Ахмедов Д.Ш., Бопеев Т.М., Джамалов Н.К., Елубаев С.А., Сухенко А.С.</i> Использование CUDA-технологий при моделировании гравитационного поля Земли.....	107
<i>Богомазов А.С., Строев Н.Н.</i> Передача данных в системе сбора и обработки служебной информации разнородного сетевого оборудования.....	110
<i>Борисов В.В., Захаров А.С.</i> Поддержка принятия решений на основе нечетких байесовых сетей.....	112
<i>Борисов А.В., Конашенко А.В.</i> Математическая модель распределения давления в головке тазобедренного сустава, находящегося под внешней нагрузкой.....	114
<i>Гайдаенко Т.И., Провоторова А.О., Ширай А.Е.</i> К вопросу о создании отечественного сервера баз данных.....	119
<i>Гринберг А.С., Лабкович О.Н.</i> Параллельная педагогическая логистика.....	122
<i>Емельченков Е.П., Левин Н.А., Мунерман В.И.</i> Объектно-ориентированное программирование и верификация программ.....	124
<i>Зернов М.М.</i> Способ определения совокупности нечётких моделей, наиболее пригодных для решения требуемой задачи.....	127
<i>Иванов А.А.</i> Синтез плоскостойких сред.....	129
<i>Игнатов В.Д.</i> Особенности имитационного моделирования параллельных процессов вычислений средствами GPSS World.....	132
<i>Катков А.Н.</i> Моделирование тензорезистивных полупроводниковых чувствительных элементов.....	134
<i>Кафлик Д.А.</i> Методы представления иерархии классов в реляционной модели данных.....	136
<i>Круглов В.В.</i> Причины, определяющие среднюю продолжительность жизни человека.....	139

<i>Михайлов С.В., Ширяев А.О.</i> Исследование квазирезонансного преобразователя..	141
<i>Мунерман В.И.</i> Формальные модели обработки баз данных.....	143
<i>Мунерман В.И., Цыганков А.Н.</i> Верификация программ слияния нестрого упорядоченных файлов.....	145
<i>Нестеров А.В., Тютюнник С.А., Фролков О.А.</i> Управление комбинированным импульсным преобразователем.....	147
<i>Нестеров А.В., Тютюнник С.А., Ширяев А.О.</i> Структурные схемы многоканальных источников питания.....	149
<i>Попков Д.Ю., Федулов А.С.</i> Методика построения ситуационной сети на основе нечеткой реляционной когнитивной карты.....	152
<i>Смирнов Ю.А., Федулов А.С.</i> Программные средства для моделирования и анализа сетей Петри.....	154
<i>Соколов С.С.</i> Математическое моделирование перегрузочных процессов.....	155
<i>Статников И.Н., Фирсов Г.И.</i> Интеллектуализация обработки информации при использовании дискретных методов исследования динамических систем.....	157
<i>Устиненков Е.С.</i> Анализ тенденций взаимодействия агентов на основе нечетких когнитивных моделей.....	159
<i>Ухналева Е.А.</i> Прогнозирование в маркетинговых исследованиях с помощью многофакторного анализа.....	161
<i>Ширай М.А.</i> Разработка нового метода хранения графа связанности интернет-ресурсов.....	163

СЕКЦИЯ 3. Математика и ее приложения

<i>Адуков В.М., Патрушев А.А.</i> Об одном случае явного решения задачи Маркушевича.....	167
<i>Анищенкова Н.Г.</i> Об одной трехэлементной краевой задаче типа Римана в кусочно-непрерывной постановке в случае полуплоскости.....	168
<i>Асфандиярова Ю.С.</i> Об одном способе решения обратной задачи теории динамических измерений.....	170
<i>Богданова Н.Н., Расулов К.М.</i> Вторая четырехэлементная краевая задача типа Карлемана для бианалитических функций в случае окружности.....	172
<i>Болотин И.Б.</i> Об одной краевой задаче с бесконечным индексом для бианалитических функций.....	179
<i>Бояринов Ю.Г., Дли М.И., Мищенко В.И.</i> Построение полумарковских моделей систем.....	181
<i>Васин А.В.</i> О полианалитических формах на компактных римановых поверхностях.....	189

<i>Васин А.В., Болбин С.Н.</i> Задача моделирования течения жидкости по обводному каналу шлюза.....	190
<i>Вувуникян Ю.М.</i> Пример построения квазиобратного нелинейного эволюционного оператора.....	192
<i>Голоскоков Д.П., Кардаков А.А.</i> Задача Неймана для полупространства. Моделирование температурных полей при частичном нарушении теплоизоляции.....	196
<i>Горелик В.А., Бородин Д.К., Родюков А.В.</i> О модели иерархического типа для задачи представления квот на загрязнение окружающей среды.....	199
<i>Горелик В.А., Тараканов А.Ф., Родюков А.В.</i> Дифференциальная игра двух коалиций в условиях неопределенности.....	203
<i>Давьялова Е.В.</i> Задача Маркушевича, содержащая конечное число точек разрыва.....	205
<i>Долгополова О.Б., Зверович Э.И.</i> Решение гиперсингулярного интегро-дифференциального уравнения с постоянными коэффициентами на составном контуре.....	208
<i>Долгополова О.Б., Зверович Э.И.</i> Построение оператора Шварца для «ручки».....	210
<i>Евдокимова Г.С.</i> Определение показателей надежности методом моментальных обследований.....	213
<i>Зверович Э.И.</i> Линейное гиперсингулярное интегро-дифференциальное уравнение с постоянными коэффициентами.....	215
<i>Игнатьев Д.Ю.</i> Компьютерное моделирование изотропизации неравновесной Вселенной.....	217
<i>Карасев Е.Д., Тянь Р.Л.</i> Логарифмические полярные координаты для расчета режима электрической сети процедурами ньютоновского типа.....	218
<i>Карачик В.В., Антропова Н.А.</i> Построение полиномиального решения задачи Дирихле для уравнения Пуассона с помощью формулы Альманси.....	224
<i>Кирьяцкий Э.Г.</i> О вещественных коэффициентах функций из класса $\tilde{K}_n^R(E)$	226
<i>Кирьяцкий Э.Г.</i> Теорема двойственности для средних в k -мерном евклидовом пространстве.....	227
<i>Мартон М.В.</i> Существенные спектры Фредгольма и Браудера оператора взвешенного сдвига в банаховой алгебре ограниченных операторов.....	227
<i>Медведев С.В.</i> Некоторые свойства h -однородных пространств.....	230
<i>Патрушев А.А., Адуков В.М.</i> Решение четырехэлементной задачи Маркушевича с использованием пакета Maple.....	231
<i>Пичугина О.С.</i> Применение Maple в построении выпуклых продолжений и оптимизации полиномов на евклидовых комбинаторных множествах.....	233

<i>Поплавская Л.А., Велигурский Г.А., Садкова Р.Э.</i> Исследование структуры решений системы уравнений в одном из критических случаев.....	235
<i>Родикова Е.Г., Тихонова Т.В.</i> Асимптотические теоремы единственности и факторизация голоморфных функций в односвязных областях комплексной плоскости.....	238
<i>Синицын И.Н., Сергеев И.В., Агафонов Е.С.</i> Применение канонических представлений случайных функций в задачах расчета виброзащитных систем для компьютерного оборудования.....	239
<i>Тимофеев А.А., Кристалинский Р.Е.</i> О нахождении прогиба пластины при помощи функции Грина.....	241
<i>Хандогина Е.С., Чубаков Ю.Н.</i> Свойства корневых множеств и вопросы аппроксимации рациональными функциями с фиксированными полюсами в некоторых пространствах аналитических функций.....	247
<i>Шамоян Ф.А.</i> О нулях аналитических в круге функций с мажорантой бесконечного порядка.....	249

СЕКЦИЯ 4. Новые информационные и педагогические технологии в образовании и прикладная лингвистика

<i>Аделева О.П.</i> Семантическая обусловленность образования вторичных значений у существительных имени действия на -ing.....	251
<i>Борисов А.П.</i> О педагогическом проектировании в общем контексте социальных технологий.....	253
<i>Бояринов Д.А.</i> Некоторые принципы построения и организации единого информационного образовательного пространства «средняя школа – вуз».....	255
<i>Будаев В.Д.</i> О новых государственных образовательных стандартах третьего поколения.....	258
<i>Велько О.А.</i> Информационные технологии в математическом образовании студентов-социологов.....	261
<i>Гибадуллина А.И.</i> Стратегия внедрения компьютерной математики и других прикладных информационных технологий в систему среднего физико-математического образования.....	262
<i>Гончаров М.М.</i> Проблемы подготовки специалистов в области информационной безопасности.....	264
<i>Кирьяцкий Э.Г.</i> О некоторых принципах обучения в школе.....	266
<i>Коноплева Н.А.</i> К вопросу о применении Mathcad для изучения физики в средней школе.....	268
<i>Краев А.Ю., Самойлова Т.А., Чехленков А.Г.</i> Разработка образовательного портала для школ Смоленской области.....	270
<i>Лавринова И.И., Самойлова Т.А.</i> Дистанционный учебный курс для подготовки к ЕГЭ по математике.....	274

<i>Лызлов А.И.</i> Оценочный компонент образа «дьявол» в картине мира английского языка.....	278
<i>Матейко О.М., Яблонская Н.Б.</i> Информационные технологии в преподавании высшей математики студентам-географам.....	282
<i>Никифорова Н.А.</i> Морфемные характеристики английских глаголов в метаязыке словаря Макмиллан.....	284
<i>Новикова Г.В., Проданец В.А.</i> Педагогические особенности и условия применения информационных технологий в военном вузе.....	286
<i>Новикова Г.В., Проданец В.А.</i> Дифференцированный подход при подготовке к Интернет-тестированию.....	288
<i>Новокщенова Н.И.</i> Распределение морфологических признаков в лирике Д.Г. Лоуренса на различных этапах его творчества.....	290
<i>Петрова Е.В., Курилина Е.А.</i> Разработка дидактических материалов для интерактивной доски.....	291
<i>Расулов К.М., Самойлова Т.А.</i> Подготовка преподавателей для работы в системе Интернет – обучения.....	294
<i>Самойлова Т.А.</i> Интернет-сайт элективного курса «Изучение VISUAL BASIC»...	296
<i>Самойлова Т.А., Сенчилов В.В., Сенчилова О.К.</i> Интегрированный электронный образовательный ресурс для подготовки к ЕГЭ по информатике.....	300
<i>Саркеева А.Н.</i> Использование Maple для обучения программированию в курсе информатики средней школы.....	303
<i>Селюк Б.В.</i> Задача трех тел на занятиях по компьютерной физике.....	305
<i>Селюк Б.В.</i> Компьютерные технологии на занятиях по теоретической механике..	307
<i>Сенькина Г.Е., Красавцев О.О.</i> Образовательный портал Смоленского физико-математического лицея.....	310
<i>Сильченкова С.В.</i> Использование информационных технологий при статистическом планировании эксперимента.....	314
<i>Сташевич О.Н., Демьянко С.В., Севрук А.Б.</i> Интеграция информационных технологий в процессе обучения студентов-правоведов.....	316
<i>Урываева М.А.</i> Сопоставление стиля посланий Эндрю Марвелла и Вильяма Купера при помощи мер связи разноуровневых признаков.....	318
<i>Филатова З.М.</i> Классификация электронных учебных пособий.....	319
<i>Чепикова Е.В.</i> Организация дистанционного курса подготовки к ЕГЭ по физике на базе образовательного портала.....	321
<i>Чертков И.А.</i> Согласованность мультимедийных лекций.....	323
<i>Яблонская Н.Б., Матейко О.М.</i> Дидактические принципы типовой учебной программы «Основы высшей математики» для студентов-психологов.....	325

<i>Останина Н.В.</i> Позитивный потенциал школьных трудностей как ресурс развития личности подростков.....	327
<i>Zhdanov S., Kostin A., Borodin D.</i> Multilevel authentication on the Web with customizable feedback.....	331

Системы компьютерной математики и их приложения

Выпуск 11

Издательство Смоленского государственного
университета

Редакторы *Л.В. Бушуева, О.В. Папко*

Подписано к печати 07.04.2010. Формат 60×84 1/16.
Бумага офсетная. Печать ризографическая.
Усл. п. л. 21,25. Уч.-изд. л. 21,25. Тираж 150 экз.
Заказ № 35

Отпечатано с оригинал-макета авторов в ИТЦ СмолГУ
214000, г. Смоленск, ул. Пржевальского, 4.