

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
«Гомельский государственный университет
имени Франциска Скорины»



**Новые математические методы
и компьютерные технологии
в проектировании, производстве
и научных исследованиях**

Материалы XV Республиканской научной конференции
студентов и аспирантов
(Гомель, 26–28 марта 2012 года)

В двух частях

Часть 1

Гомель
ГГУ им. Ф. Скорины
2012

УДК 51:004(063)

ББК 22.1+32.973+30в631с51+72в631с51я431

Н 766

Редакционная коллегия: О. М. Демиденко (главный редактор, д-р техн. наук, профессор), Р. В. Бородич, С. П. Жогаль, Л. А. Шеметков, Ю. В. Малинковский, В. С. Смородин, В. И. Мироненко, В. В. Можаровский, А. В. Лубочкин, В. Д. Левчук, М. С. Долинский, В. В. Подгорная

Н 766

«Новые математические методы и компьютерные технологии в проектировании, производстве и научных исследованиях», XV Республиканская научная конференция студентов и аспирантов (2012, Гомель). XV Республиканская научная конференция студентов и аспирантов «Новые математические методы и компьютерные технологии в проектировании, производстве и научных исследованиях», 26–28 марта 2012г. : [материалы]: в 2 ч. Ч. 1 / редкол. : О. М. Демиденко (гл. ред.) [и др.]. – Гомель: ГГУ им. Ф. Скорины, 2012. – 214 с.

ISBN 978–985–439–526–5

В сборнике помещены материалы докладов XIV Республиканской научной конференции студентов и аспирантов «Новые математические методы и компьютерные технологии в проектировании, производстве и научных исследованиях» 2012 года.

Адресованы студентам, магистрантам и аспирантам вузов, научным работникам.

УДК 51:004(063)

ББК 22.1+32.973+30в631с51+72в631с51я431

ISBN 978–985–439–526–5 © УО «Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины», 2012



МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Математическое моделирование

В. С. Смородин

(ГТУ им. Ф.Скорины, Гомель)

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ПРИКЛАДНОЙ НАУЧНОЙ ТЕМАТИКИ В ВУЗЕ И ПРОБЛЕМЫ ПРОФИОРИЕНТАЦИИ

В современном мире область информационных технологий стала наиболее востребованной и популярной в связи с бурным развитием вычислительной техники и внедрением инноваций в сферу производства. В этой связи особую актуальность приобретают вопросы дальнейшего развития научных и научно-прикладных исследований, которые призваны в целом укрепить научные школы и направления исследовательской деятельности в сфере высшего образования, как это принято во всем мире. Важное место в решении этих проблем занимают вопросы улучшения существующей системы подготовки специалистов и профессиональной ориентации школьников, чему в значительной степени будут способствовать предстоящие изменения системы образования.

Развитие научных направлений исследований в учреждении образования «Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины» имеет давно сформировавшиеся и установившиеся традиции. В нашем высшем учебном заведении работают десятки ученых, научные исследования которых широко известны в Республике Беларусь, странах ближнего и дальнего зарубежья. При этом этапы развития прикладных научных исследований имеют ряд специфических особенностей, а их становление в известной степени связано с этапами развития вычислительной техники. Проследить эти этапы и дать оценку особенностям становления прикладных научных направлений ВУЗовской науки проще всего на конкретных примерах.

Так на протяжении многих лет на кафедре математических проблем управления успешно функционирует научная школа «Компьютометрия и имитационное моделирование сложных систем», основателем которой яв-

ляется заслуженный деятель науки Республики Беларусь доктор технических наук профессор И.В. Максимей.

В те теперь уже далекие 80-е годы прикладные научные исследования базировались на вычислительных машинах Единой Системы (компьютеры серии ЕС, советские аналоги IBM), а информационные технологии на процедурно-ориентированных языках программирования типа ALGOL, COBOL, FORTRAN, PL/I и других. Однако это не помешало тогдашним первопроходцам кафедры МПУ выполнять научные и прикладные разработки на высоком уровне и получать золотые медали ВДНХ СССР, высшего форума технических достижений СССР.

На протяжении многих последних лет, благодаря совместным усилиям учеников профессора И.В. Максимей, кафедра математических проблем управления сумела сохранить и укрепить лучшие традиции ВУЗовской науки тех времен. За выполнение актуальных научных разработок многие из них получили почетные звания лауреатов Скоринских научных чтений нашего университета, развили теоретические основы классического аппарата имитационного моделирования, разработали новые методы анализа и синтеза сложных технических систем, основали новые направления в области прикладной математики.

В настоящее время научные разработки кафедры выполняются в рамках приоритетных направлений фундаментальных и прикладных научных исследований Республики Беларусь:

1. Государственной программы научных исследований «Научные основы и инструментальные средства информационных и космических технологий» (ГПНИ «Информатика и космос») в 2011 – 2013 годах (Гомельский гос. ун-т им. Ф. Скорины; рук. темы В.С. Смородин, ГР № 20111552; задание «Информатика и космос 1.3.06»);

2. Государственной комплексной программы научных исследований «Научные основы информационных технологий и систем» (ГКПНИ «Инфотех») в 2009 – 2010 годах (Гомельский гос. ун-т им. Ф. Скорины; рук. темы В.С. Смородин, ГР № 20090462; задание «Инфотех 54»);

3. ХД 11-116 «Разработка алгоритмов функционирования динамических имитационных моделей вероятностных технологических систем» в 2011 – 2012 годах (Гомельский гос. ун-т им. Ф. Скорины; рук. темы В.С. Смородин, ГР № 20113987);

4. Научно-исследовательской темы «Разработка метода и средств системного анализа вероятностных характеристик экологии региона» в 2009 – 2011 годах (Гомельский гос. ун-т им. Ф. Скорины; рук. темы В.С. Смородин, ГР № 20090461);

5. Государственной программы прикладных научных исследований «Снижение рисков чрезвычайных ситуаций» в 2006 – 2008 годах (Гомельский инженерный ин-т МЧС Республики Беларусь; рук. темы В.С. Смородин, ГР № 20061381; задание «СРЧС 16»);

6. Государственной программы ориентированных фундаментальных исследований «Надежность и безопасность» в 2004 – 2005 годах (Гомельский инженерный ин-т МЧС Республики Беларусь; рук. темы В.С. Смородин, ГР № 20033706; задание «Надежность и безопасность 44»), на основе которых успешно развиваются семь научных направлений исследований кафедры:

1. Анализ и синтез оптимальной структуры сложных технологических систем с изменяющейся топологией (заведующий кафедрой д.т.н. Смородин В.С.);

2. Имитационное моделирование обработки информации в вычислительных системах и локальных сетях (проректор по научной работе д.т.н. Демиденко О.М);

3. Численные методы и компьютерное моделирование сложных технических систем и сооружений (профессор кафедры ВМ и П д.т.н. Быховцев В.Е.);

4. Исследование регулярных и стохастических динамических систем (декан математического факультета к.ф.-м.н. Жогаль С.П.);

5. Логико-вероятностное моделирование сложных технических систем на основе средств формализации графовых структур (доцент кафедры к.т.н. Сукач Е.И.);

6. Создание научно-методической базы и программных средств поддержки дистанционного обучения в сфере образования (доцент кафедры к.т.н. Долинский М.С.).

7. Разработка средств автоматизации обработки статистических данных для прикладных научных исследований (доцент кафедры к.ф.-м.н. Осипенко Н.Б.).

Для поддержания научной тематики кафедра осуществляет набор в магистратуру, проведение вступительных экзаменов в аспирантуру по специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» и прием кандидатских экзаменов по данной специальности. По каждому из перечисленных научных направлений на конкурсной основе проводится прием аспирантов. Организована многоступенчатая система подготовки кадров высшей квалификации, в рамках которой осуществляется последовательная подготовка магистрантов и аспирантов по специальности 05.13.18.

За истекшие три года по кафедре математических проблем управления академическую степень магистра технических наук получили 5 магистрантов, подготовлено к защите две кандидатские диссертации, защищено 4 кандидатских и 1 докторская и диссертация. Для обеспечения учебного процесса, научно-исследовательской работы студентов, магистрантов и аспирантов на кафедре установлено 6 персональных компьютеров, коллективом кафедры опубликовано более 10 монографий, свыше 40 учебных пособий, изданных в Гомельском государственном университете им. Ф. Скорины, 15 учебных пособий с грифом Министерства образования Республики Беларусь. Результаты научных исследований регулярно публикуются в научных журналах НАН Беларуси и НАН Украины. Данные о научных публикациях ведущих специалистов кафедры размещаются в Национальной библиотеке Республики Беларусь, в Научной электронной библиотеке России, а также включаются в Российский индекс научного цитирования.

Существенны достижения кафедры МПЧУ в области профессиональной ориентации студентов и школьников Гомельской области, ближнего и дальнего зарубежья. Необходимо отметить особо выдающиеся результаты 2010-2011 годов, достигнутые в подготовке студентов и школьников в рамках действующего научного направления «Создание научно-методической базы и программных средств поддержки дистанционного обучения в сфере образования» (ответственный исполнитель направления и тренер сборной школьников Гомельской области по информатике доц. Долинский М.С.):

В этот период завоеваны золотые и серебрянные медали международных олимпиад по информатике (IOI): 2 золотых медали (оба раза абсолютное первое место) – Короткевич Геннадий (Гомель), тренеры – доц. Короткевич В.А., асс. Короткевич Л.И.; 3 серебрянных медали – Подтелкин Владислав (Гомель); Кулик Сергей, Бардашевич Адам (Мозырь), 1 бронзовая медаль – Грицкевич Иван (Мозырь) (<http://dl.gsu.by/olymp/result/ioi/region.asp>).

Получено двадцать пять дипломов республиканской олимпиады по информатике: из них в 2010 году – 14 дипломов, 2011 году – 11 дипломов. В обоих случаях сборная Гомельской области заняла первое командное место на Республиканской олимпиаде (<http://dl.gsu.by/olymp/rgomel.asp>).

Непрерывная учебная и профессиональная ориентационная работа кафедры со студентами и школьниками Гомельской области, Беларуси, ближнего и дальнего зарубежья отражена на сайте DL.GSU.BY (количество человек):

	2009/2010	2010/2011	2011/2012
Подготовка к IOI	25	8	7
Методы алгоритмизации	269	340	332
Базовое программирование	263	205	159
Начинаем программировать	182	142	118
Информатика 2011-2012	—	—	204
Итого:	739	695	820

(2011-2012) <http://dl.gsu.by/news/unewsid.jsp?newsid=385&lng=ru#news385>

(2010-2011) <http://dl.gsu.by/news/unewsid.jsp?page=2&year=-1&str=&newsid=367>

(2009-2010) <http://dl.gsu.by/news/unewsid.jsp?page=5&year=-1&str=&newsid=311>

Кафедра математических проблем управления имеет установившиеся научные и производственные связи с государственными научными учреждениями Республики Беларусь и Украины, учреждениями образования, предприятиями и организациями, активно работающими в области современных информационных технологий. В целях повышения уровня проведения профессиональной ориентации студентов и школьников, совместно с руководителями средних школ кафедрой проведены согласования и утверждены в двустороннем порядке Положения о филиалах кафедры на базе средних учебных заведений. В стадии подписания находятся договора об открытии таких филиалов с предприятиями и организациями, являющимися научно-производственными базами для прохождения студентами производственной практики и местами их распределения.

Д. И. Ананенко

(БА РБ, Минск)

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ БОЯ

Современный общевойсковой бой предполагает привлечение большого количества личного состава, боевой, военной и другой техники. Учитывая уровень развития современного вооружения командованию войск необходимо с достаточной точностью планировать военные операции и предугадывать их результаты с целью обеспечения сохранения жизни личного состава, а также боевой техники. В условиях современного боя математические модели необходимы и призваны помочь командиру учесть все условия, влияющие на выживаемость его войск. В данной работе я рассмотрю математические модели боя, позволяющие учесть огромное количество условий. Модель дает представление о ходе и результате боя, затратах на него, времени его про-

тяжения и предполагаемом исходе. Модели представляют усредненные значения в силу того, что некоторые условия учесть невозможно из-за их уникальности. Рассмотренные в данной работе математические модели боя дают возможность с определенной и вполне достаточной точностью предположить течение боя. В работе будет представлено несколько моделей:

1. Модель боя без возможности пополнения численности личного состава;
2. Модель боя с учетом пополнения и другими условиями.

Я представляю наиболее универсальные математические модели, которые можно применять практически для любых боевых действий. Наиболее общей является модель боя без учета пополнения личного состава. Расчетная формула:

$$\begin{cases} \mu_1 = ch \tilde{t} - \frac{1}{\aleph} sh \tilde{t}, \\ \mu_2 = ch \tilde{t} - \aleph sh \tilde{t}. \end{cases}$$

где μ_1 и μ_2 соответственно доли боеспособных единиц стороны А и Б, $\aleph$ – коэффициент превосходства стороны А над стороной Б, $\tilde{t}$ – безразмерное относительное время, связанное с реальным временем t соотношением $\tilde{t} = \sqrt{\Lambda_1 \Lambda_2} t$, в свою очередь Λ_1 и Λ_2 – эффективные скорострельности сторон. Эта модель дает возможность узнать количество пораженных (непораженных) боевых единиц каждой стороны в любой момент времени.

Ш. В. Бойкачев, Г. А. Филиппович

(БА РБ, Минск)

СИНТЕЗ АППРОКСИМИРУЮЩИХ ФУНКЦИЙ ДЛЯ ПРОИЗВОЛЬНЫХ КОМПЛЕКСНЫХ НАГРУЗОК

Аналитические методы широкополосного согласования предполагают задание частотной характеристики функции передачи по мощности в аналитическом виде. На практике все многообразие этих функций сводится к трем видам: баттервортовская, чебышевская и эллиптическая. Эти функции обладают ограниченными вариативными свойствами. Дополнительные возможности в разрешении системы ограничений при согласовании сложных нагрузок можно получить при использовании ограниченно-плоских аппроксимирующих функций. Возможен подход, согласно которому функция передачи должна быть найдена в процессе синтеза. Таким образом, функция передачи не является ис-

ходно заданной. Условия задачи изначально накладывают определенные требования на эту функцию.

Во-первых, функция передачи должна быть совместимой с согласуемой нагрузкой в том смысле, в котором она должна быть совместимой с функцией входного сопротивления, поскольку последняя должна быть выделена из функции передачи в процессе факторизации коэффициента отражения. Это означает, что функция передачи должна содержать все нули передачи сопротивления нагрузки не меньшей кратности, а порядок полинома знаменателя должен превышать порядок полинома числителя.

Во-вторых, полосовая функция передачи должна содержать нули передачи в начале координат плоскости комплексной частоты с кратностью, обеспечивающей требуемые избирательные свойства. А для получения симметричной частотной характеристики полином знаменателя должен обеспечить функции передачи соответствующее количество нулей передачи в бесконечности. Учитывая приведенные соображения, искомую функцию передачи мощности на начальном этапе синтеза можно представить в следующем виде:

$$K_p(\omega^2) = \frac{K(\omega^2 - \omega_{01}^2)(\omega^2 - \omega_{02}^2) \dots (\omega^2 - \omega_{0l}^2)}{B_0 + B_1\omega^2 + B_2\omega^4 + \dots + B_m\omega^{2m}},$$

где ω_{0i} , $i = 1 \dots l$ – нули полинома числителя $K_p(\omega^2)$, совпадающие с нулями передачи нагрузки.

Полином знаменателя изначально является неопределенным и для нахождения полинома необходимо иметь систему условий, определяющих принадлежность образующей его положительной вещественной функции к классу положительных вещественных функций.

П. В. Бойкачев, Г. А. Филиппович, В. Н. Шашок
(БА РБ, Минск)

НАРАСТАЮЩЕВОЛНОВАЯ АППРОКСИМИРУЮЩАЯ ФУНКЦИЯ

В прикладных задачах радиотехники широко используются функции, аппроксимирующие поведение того или иного параметра в заданном диапазоне частот. В качестве аппроксимирующих функций наибольшее применение находят степенные функции (аппроксимация по Тейлору) и полиномы Чебышева. Аппроксимация по Тейлору дает наилучшее приближение в ограниченной области и монотонное воз-

растание погрешности аппроксимации при приближении функции к границам частотного диапазона. Полиномы Чебышева обеспечивают равномерное распределение погрешности приближения во всем частотном диапазоне. С точки зрения качества параметра желательно обеспечить минимальное отклонение функции во всем частотном диапазоне. Подобными свойствами обладают некоторые ограниченно-плоские аппроксимирующие функции. Примером такой функции может служить аппроксимация по Тейлору с корректирующим полиномом Чебышева. Такая функция имеет следующий вид:

$$f_3(x) = \varepsilon x^n T_m(m, x), \quad (1)$$

где $T_n(m, x)$ – полином Чебышева первого рода порядка m , ε – коэффициент неравномерности функции.

На рисунке 1 представлены функции пятого порядка, аппроксимирующие нуль в интервале $-1 \leq x \leq 1$ с коэффициентом неравномерности $\varepsilon = 0,2$.

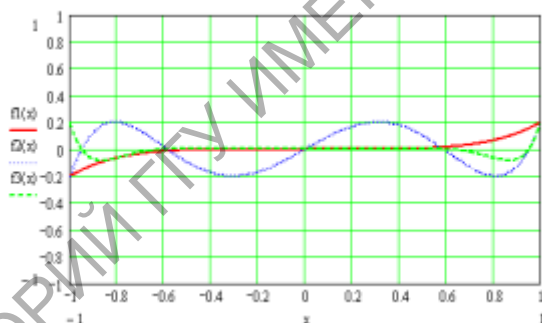


Рисунок 1 – Аппроксимирующие функции пятого порядка ($f_1(x)$ – степенная функция, $f_2(x)$ – полином Чебышева).

Из рисунка видно, что в сравнении с функцией Чебышева ограниченно-плоская функция с корректирующим полиномом Чебышева имеет значительно меньшую погрешность аппроксимации во всем диапазоне и достигает максимального значения только в крайних точках диапазона. Эта функция близка к степенной функции, однако аппроксимация степенной функцией в задачах радиотехники применяется с коэффициентом неравномерности равным единице, что значительно снижает точность аппроксимации. Такая функция по своим свойствам может быть названа нарастающе-волновой функцией.

Е. Н. Буйлов
(ВА РБ, Минск)

ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ УГЛОВЫХ КООРДИНАТ В МОНОИМПУЛЬСНЫХ РЛС СОПРОВОЖДЕНИЯ

При моноимпульсном измерении угловых координат, как правило, используют суммарно-разностную обработку сигналов на сверхвысокой частоте в интересах снижения влияния неидентичности приемно-усилительных трактов. Однако, в ряде случаев, отказ от суммарно-разностной обработки на сверхвысокой частоте при раздельном формировании диаграммы направленности антенны, как на передачу, так и на прием, позволяет понизить массогабаритные характеристики твердотельных РЛС такого типа. При этом суммарно-разностная обработка может быть реализована цифровым способом.

Одной из возможностей компенсации неидентичностей каналов является применение адаптивных цифровых корректирующих фильтров. Использование таких фильтров обеспечивает выравнивание частотных характеристик приемно-передающих каналов.

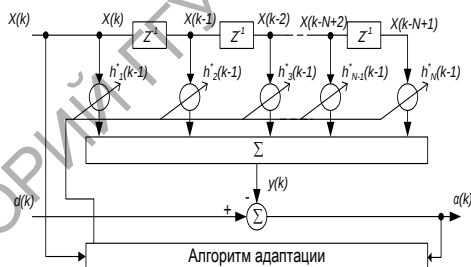


Рисунок 1 – Структура трансверсального фильтра N -го порядка с адаптивными коэффициентами.

Структура корректирующего фильтра представляет собой трансверсальный фильтр с адаптивными коэффициентами (см. рисунок 1). Где $x(k)$ – входной сигнал, $d(k)$ – требуемый сигнал, $y(k)$ – выходной сигнал, $a(k) = d(k) - y(k)$ – сигнал ошибки, который используется для формирования целевой функции адаптивного фильтра, $h_m^*(k-1)$ – корректирующие коэффициенты, k – индекс дискретного времени или номер отсчетов обрабатываемых сигналов. Эти отсчёты обычно равно-

мерно распределены на оси времени как $t(k) = kT_S = k/F_S$, где T_S – период дискретизации, F_S – частота дискретизации обрабатываемых сигналов. Поскольку для работы адаптивного фильтра, как правило, недостаточно информации, получаемой только из входного сигнала, источником недостающей информации служит требуемый сигнал.

Адаптация корректирующих коэффициентов может производиться периодически по «пилот – сигналам» на нерабочих участках дистанции.

В докладе обсуждается влияние на ошибки измерения разнородностей неидентичностей каналов, параметров корректирующих фильтров, способов их включения в тракт обработки и периодичности адаптации.

Е. С. Варакса

(БА РБ, Минск)

ПРИМЕНЕНИЕ ТРАНСПОРТНОЙ ЗАДАЧИ В ВОЕННОМ ДЕЛЕ

Транспортные задачи широко применяются в логистической и экономической сферах жизни. В военной сфере деятельности данный тип задач вполне может иметь место. Применение транспортных задач в военной сфере необходимо, т.к. стоит тяжелая задача по наиболее выгодному распределению имущества по складам, при обновлении запасов припасов питания, техники, оружия и боеприпасов и иного военного имущества при перевооружении (т.е. при постановке на вооружение новых образцов боевой техники и вооружения), так же для грамотного распределения личного состава призванного из резерва, приема техники на соответствующих пунктах в случае перевода Вооружённых Сил в полную боевую готовность, с экономической точки зрения.

Пункты призыва	Пункты приёма л/с					Количество личного состава
	B_1	...	B_j	...	B_n	A_1
A_1	C_{11} X_{11}	...	C_{1j} X_{1j}	...	C_{1n} X_{1n}	a_1
...	...	...	...	...	...	...
A_i	C_{i1} X_{i1}	...	C_{ij} X_{ij}	...	C_{in} X_{in}	a_i
...	...	...	...	...	...	...
A_m	C_{m1} X_{m1}	...	C_{mj} X_{mj}	...	C_{mn} X_{mn}	a_m
Пропускная способность	b_1	...	b_j	...	b_n	

A_m – пункт призыва личного состава из резерва

B_n – пункт приёма и распределения личного состава

a_m – количество личного состава, призванного из резерва

b_n – пропускная способность пунктов приёма и распределения личного состава

X_{ij} – возможное количество перевезённого личного состава

C_{mn} – количество перевозимого личного состава

Литература

1. Акулич И. Л., Стрельчонок В. Ф. «Математические методы и компьютерные технологии решения оптимизационных задач» / И. Л. Акулич, В. Ф. Стрельчонок – Рига, 2000.

2. www.fmi.asf.ru

А. В. Ганжурова, Е. М. Березовская

(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

КОМПЬЮТЕРНАЯ ГЕОМЕТРИЯ: СПЛАЙНОВЫЕ ПОВЕРХНОСТИ И ФРАКТАЛЬНЫЕ МНОЖЕСТВА

В основании развития компьютерной графики лежат фундаментальные дисциплины – аналитическая геометрия и оптика, скрепленные раствором – искусством программирования. Возникнув из потребностей рынка, развития информатики и вычислительной техники, компьютерная графика изучает методы построения изображений различных геометрических объектов и сцен. Главными этапами построения изображения являются:

– *моделирование* как искусство применения методов математического описания объектов и сцен, природа которых может быть самой различной: обычные геометрические фигуры в пространстве; естественные явления природы – горы, деревья, облака и другие объекты, и многое другое;

– *визуализация* (отображение) как искусство построения реалистичных изображений объемного мира на плоском экране дисплея ЭВМ, заключается в преобразовании моделей объектов и сцен в статическое изображение или фильм – последовательность статических кадров.

В отличие от плоских изображений реальных трехмерных объектов, которые на фотографиях автоматически выглядят натурально бла-

годаря действию в природе оптических законов, синтезированное компьютерное изображение будет похоже на реальное лишь при мастерском владении, как методами моделирования геометрических форм, так и средствами их достоверной визуализации. Таким образом, компьютерную графику можно рассматривать как искусство создания реалистичной иллюзии действительного мира. Эта сторона ее применения нашла наиболее яркое воплощение в системах виртуальной реальности – комплексах аппаратных и программных средств имитации окружающей среды с помощью визуальных, акустических, тактильных и других эффектов.

С другой стороны, методами компьютерного синтеза стало возможным создание и нереальных, фантастических изображений и эффектов, без чего не обходится ни одна популярная компьютерная игра или кассовая голливудская кинолента. Подлинное второе дыхание компьютерная графика придала рекламному бизнесу благодаря умению создавать анимированные, т. е. оживленные, персонажи рекламируемых товаров.

Рассмотрены методы и алгоритмы построения сплайновых кривых и поверхностей, алгебраические и геометрические фракталы, графические поверхности, а также методы и алгоритмы получения изображения фрактальных множеств. Визуализация результатов построения исследуемых поверхностей и фракталов осуществляется в среде программирования Delphi.

М. Э. Гук
(БНТУ, Минск)

СРАВНЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ ИНСТРУМЕНТОВ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К МОДЕЛИРОВАНИЮ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

В работе рассмотрены два программных средства предоставляющие функциональность по решению и преобразованию дифференциальных уравнений, а также систем уравнений.

В общей теории автоматизированного управления центральное место в моделировании как процессов, так и систем управления занимают системы дифференциальных уравнений, которыми обычно приближенно описываются как системы, так и их регуляторы. Для моделирования определенных типов автоматизированных систем существуют специализированные комплексные средства, однако при общем

подходе к моделированию именно математическое моделирование играет центральную роль. Именно поэтому в данной работе рассматриваются программные комплексы MATLAB и MathCAD, которые позволяют решать дифференциальные уравнения в общем случае, а для некоторых частных случаев моделирования предоставляют специализированные средства для визуализации полученных результатов. Так MATLAB содержит набор функций для построения диаграмм Боде, Найквиста и Николса, применяемы при моделировании систем с обратной связью.

В первой части работы были рассмотрены оба рассматриваемых продукта, в частности была дана краткая историческая справка и основные преимущества программ.

Во второй части работы были рассмотрены основные функции, наиболее используемые при математическом моделировании как линейных, так и нелинейных процессов. Данные функции были использованы в последующей части работы для описания частной ситуации с их реализацией в том или ином программном комплексе.

Во второй части работы было проведено сравнение двух программных комплексов MATLAB и MathCAD по каждой из функций отдельно.

В выводах заключается, что рассмотренные программные продукты в конечном итоге различаются лишь направленностью. То есть все продукты предоставляют возможности по решению систем дифференциальных уравнений, по интегрированию и дифференцированию. Оба программных комплекса предоставляют возможности по ускорению и упрощению численных вычислений с использованием символьных преобразований. Обе программы имеют средства для графического представления данных.

Отличиями программ является:

В программном комплексе MATLAB имеется помимо стандартного языкового интерпретатора встроенная подсистема Simulink, которая разработана и предназначена именно для моделирования динамических систем. В Simulink имеется ряд сгруппированных утилит для решения различных инженерных задач. Например Control System Toolbox предназначен именно для моделирования и анализа систем управления. Но в пакет также входят стандартные функции MATLAB что позволяет не ограничиваться стандартными блоками, а на базе основных разрабатывать собственные модули, которые могут быть в дальнейшем использованы для решения других задач.

В программном комплексе MathCAD упор сделан именно на математические вычисления и их документирование. В приложение входят различные инструменты по преобразованию математических выкладок и расчетов в стандартизированный вид итогового документа.

В итоге можно сделать вывод о практической пользе использования MATLAB, а в частности Simulink для конкретных задач моделирования систем управления ввиду удобства описания самих систем в стандартном виде блок-схем. MathCAD же видится как удобное средство на этапе логического построения модели, когда модель описывается в математической форме. При этом математическая модель может быть задокументирована на месте. При работе же с самой программой Simulink имеет преимущество наглядности, так как модель можно разбить на подсистемы и скрыть их описание за группирующим блоком.

А. А. Дмитренко, С. Ю. Седышев

(БА РБ, Минск)

ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ КОМПЛЕКСОВ ПАССИВНОЙ ЛОКАЦИИ

Развитие средств воздушного нападения и борьбы с ними в настоящее время выходит на новый виток. Повышение скрытности функционирования РЛС на современном этапе развития науки и техники является одним из основных направлений развития систем контроля воздушного пространства и управления воздушным движением в целях ПВО. Причинами повышенного интереса к увеличению скрытности функционирования средств воздушной разведки являются: использование средств и методов снижения отражающей способности (применение Stealth-технологий), широкое применение помех различных видов, огневое поражение РЛС.

Объективно назрела необходимость в разработке и применении многопозиционных комплексов пассивной локации (КПЛ). В частности, одним из возможных способов реализации такого комплекса является функционально объединенная система приемников с единым информационно-вычислительным центром, в котором происходит обработка поступающих от всех узлов сети данных. Источником используемых в КПЛ радиосигналов является излучение бортовой радиоэлектронной аппаратуры (БРЭА). Для определения местоположения радиоизлучающих целей (РИЦ) в пространстве методами пассивной

локации можно использовать триангуляционный (угломерный), гиперболический (разностно-дальномерный) способы и их комбинации.

В докладе рассматриваются: принцип действия многопозиционно-го КПЛ; особенности различных методов определения пространственных координат воздушных объектов (ВО), их точность; возможность использования различных типов БРЭО в качестве источника радиоизлучения для КПЛ.

Приводятся результаты сравнительного анализа применения угломерного, разностно-дальномерного и комбинированного способов определения пространственных координат ВО, а также примеры сигналов и характеристик их пространственно-временной структуры различных типов БРЭО.

Комплексное использование КПЛ и активных подвижных средств радиолокации обеспечит ведение непрерывных адаптивных разведывательно-информационных действий в соответствии со складывающимися условиями окружающей обстановки.

Интерес к многопозиционным КПЛ проявляется во всем мире и переходит в плоскость практического внедрения в технику и вооружение ПВО.

О. А. Ковалева, А. В. Лубочкин
(ГТУ им. Ф. Скорины, Гомель)

СТАБИЛИЗАЦИЯ МОДЕЛИ МАЯТНИКА С ДВУМЯ НЕЛИНЕЙНОСТЯМИ, ОГРАНИЧЕННЫМИ УПРАВЛЕНИЯМИ КУСОЧНО-ЛИНЕЙНО-КВАДРАТИЧНЫХ ЗАДАЧ

Рассматривается задача стабилизации неустойчивых положений равновесия нелинейной модели математического маятника, управляемого с помощью горизонтальных перемещений точки подвеса:

$$\ddot{x} - \sin x + u \cos x = 0, \quad z(0) = (x(0), \dot{x}(0)) = z_0 = (x_{10}, x_{20}), \quad (1)$$

где $u = u(t)$ — ускорение точки подвеса в момент t .

Как известно, неустойчивыми состояниями равновесия системы (1) при $u = u(t) = 0$, $t \geq 0$, на фазовой плоскости $z = (x, \dot{x})$ являются точки

$$z^k = (x = 2k\pi, \dot{x} = 0), \quad k \in \mathbb{Z}. \quad (2)$$

Для исследования поведения нелинейной системы (1) вводится кусочно-линейная и кусочно-постоянная аппроксимации нелинейно-

стей, что позволяет решать задачу стабилизации при любых начальных возмущениях и любых движениях маятника.

Обратную связь $u = u(z) = u(x, \dot{x})$, $z \in R^2$, назовем ограниченной дискретной (с периодом квантования $h > 0$) стабилизирующей в области $G \in R^2$ для состояния равновесия (2), если: 1) $u(z^k) = 0$; 2) $|u(z)| \leq L$, $z \in G$; 3) траектория замкнутой системы (1): $\ddot{x} - \sin x + u(z) \cos x = 0$, $z(0) = z_0 \in G$, представляет собой непрерывное решение уравнения (1) с управлением $u(t) = u(kh)$, $t \in [kh, (k+1)h[$, $k = 0, 1, \dots$; 4) решение $x(t) = 2k\pi$, $t \geq 0$, замкнутой системы асимптотически устойчиво, и G — область притяжения состояния равновесия $x = 2k\pi$.

Для построения указанной обратной связи предлагается использовать позиционное решение следующей задачи оптимального управления

$$B_\theta(z) = \min \int_0^\theta u^2(t) dt, \quad \ddot{x} - a(x) + b(x)u = 0, \quad (x(0), \dot{x}(0)) = z, \quad (3)$$

$$(x(\theta), \dot{x}(\theta)) = z^k, \quad |u(t)| \leq L, \quad t \in [0, \theta],$$

где $0 < \theta = Nh < \infty$ (N — натуральное число) — параметр метода; $a(x)$, $b(x)$, $x \in R$ — кусочно-линейная и кусочно-постоянная аппроксимации нелинейных элементов $\sin x$, $\cos x$ соответственно. При этом минимум в задаче (3) берется не только по u , но и по моментам переключения указанных аппроксимаций с одного участка на другой.

Построенные стабилизаторы программно реализованы на языке C, просчитаны тестовые примеры.

В. Г. Колесникова, Е. М. Березовская

(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

ТЕПЛОИЗЛУЧЕНИЕ КОЛЬЦЕВЫХ ПЛАСТИН РАДИАТОРА ТРАПЕЦЕИДАЛЬНОГО СЕЧЕНИЯ

Существуют различные методы решения линейных и нелинейных задач. Отличие граничной задачи от задачи Коши (задачи с начальными условиями) состоит в том, что для первой решение дифференциального уравнения, найденное на некотором интервале, должно удовлетворять граничным условиям, заданным в двух или нескольких точках.

Преимущество, одного из итерационных методов, метода пристрелки заключается в том, что при решении граничной задачи сначала выбирается некоторое значение для недостающего начального условия. Получающуюся при этом задачу Коши можно проинтегрировать одним из стандартных методов. Правильность выбранного начального условия проверяется в конечной точке сравнением заданного граничного условия с полученным в результате решения задачи Коши. Если эти граничные условия не совпадают, то для недостающего начального условия выбирается новое значение, процедура повторяется сначала и так продолжается до тех пор, пока не будет достигнута удовлетворительная точность. В итерационных методах подобного сорта возникает вопрос о существовании регулярной процедуры выбора недостающего начального условия, обеспечивающую быструю сходимость к решению задачи. Такие методы известны: метод Ньютона, метод параллельной пристрелки и метод квазилинеаризации.

На примере кольцевой пластины радиатора был рассмотрен метод квазилинеаризации. Предполагается, что эта пластина отдает тепло в окружающую среду только посредством излучения. Использование одномерной формы закона сохранения энергии дает следующее дифференциальное уравнение для распределения температуры:

$$\left(\frac{d^2 U}{dR^2}\right)^{(i+1)} + \left[\frac{1}{R + \rho} - \frac{\operatorname{tg} \alpha}{(1-R)\operatorname{tg} \alpha + \theta}\right] \left(\frac{dU}{dR}\right)^{(i+1)} - \left[\frac{4\beta(U^3)^{(i)}}{(1-R)\operatorname{tg} \alpha + \theta}\right] U^{(i+1)} = -\frac{3\beta(U^4)^{(i)}}{(1-R)\operatorname{tg} \alpha + \theta}.$$

Граничные условия имеют вид

$$R=0, U^{(i+1)}=1, R=1, dU^{(i+1)} / dR = 0.$$

Для решения задачи применяем метод суперпозиции. Запишем $U^{(i+1)} = V + sW$ и положим $s = dU^{(i+1)}(0) / dR$. Граничная задача приводится к двум задачам Коши, которые решаются методом пристрелки. Имея значения V и W , получаем значения распределения температуры.

Вычислительный эксперимент проведен средствами пакета Mathematica. Получен табличный и графический материал.

В. В. Комраков, Д. А. Мозырчук

(ГГТУ им. П.О. Сухого, Гомель)

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ О КОНТАКТЕ ДВУХ ШАРОВ АНАЛИТИЧЕСКИ И МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ.

Известно, что передача усилий в машинах сопровождается контактированием деталей. Эти детали можно рассматривать как упругие

тела. Существуют различные методы решения контактных задач. Они позволяют найти распределение давлений в местах контакта. Это даёт возможность ответить на самый важный вопрос о концентрации напряжений.

Снижение материалоемкости конструкций, повышение их ресурса и надёжности необходимо для обеспечения их конкурентоспособности.

Поэтому в последнее время вместе с совершенствованием аналитических методов расчёта деталей машин часто используются численные и экспериментальные методы. Эти методы создаются на основе сочетания и развития физических методов измерений деформаций и методов теории упругости. В практической работе большинство решений получено совместным использованием численных и экспериментальных методов.

Рассмотрим задачу Гаусса о контакте двух шаров. Решим эту задачу тремя различными методами:

- методом конечных элементов;
- аналитически.

Постановка задачи. Даны два шара одинаковых радиусов $R_1 = R_2 = R = 5$ мм и сжимаемых силой $F = 2600$ Н. Сила F направлена перпендикулярно к общей касательной плоскости двух шаров (рис. 1). Принимаем, что шары изготовлены из одинакового материала, для которого модуль упругости первого рода $E = 2 \times 10^{11}$ Па, коэффициент Пуассона $\nu = 0,3$.

Рассмотрим решение контактной задачи с помощью конечноэлементного пакета ANSYS. Так как задача осесимметричная, решаем её как плоскую, используя элементы Plane82.

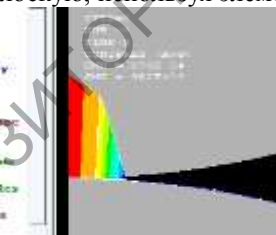


Рисунок 1 – Распределение контактных давлений в узлах конечных элементов

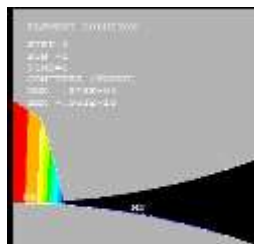


Рисунок 2 – Распределение контактных давлений в элементах

На рисунках 1 и 2 показано распределение контактных напряжений на площадке контакта, полученное с помощью ANSYS. На рисунке

1 показано решение, полученное в узлах конечноэлементной модели, а на рисунке 2 – в её элементах.

Значения контактных напряжений на различных окружностях площадки контакта с радиусами r_i , полученные аналитически [1] и методом конечных элементов сведем в таблицу 1.

Значения контактных напряжений на различных окружностях площадки контакта с радиусами r_i , полученные аналитически [1] и методом конечных элементов сведем в таблицу 1.

Таблица 1 – Значения контактных напряжений на площадке контакта.

$r_i, \text{м}$	0	1.919e-5	3.837e-5	5.756e-5	7.674e-5	9.593e-5	1.151e-4	1.343e-4	1.535e-4	1.727e-4
Аналитич. решение, 10^{10} МПа	3.373	3.356	3.305	3.218	3.091	2.921	2.698	2.409	2.024	1.47
Решение МКЭ 10^{10} МПа	3.373	3.355	3.305	3.217	3.091	2.922	2.697	2.409	2.024	1.48

Вывод. Сравнивая результаты решения плоской контактной задачи, полученные двумя методами, можно утверждать, что метод конечных элементов дает точность достаточную для инженерных приложений.

Литература

1. Лурье А.И. Пространственные задачи теории упругости. – М., 1965. – 491 с.

В. Ю. Коноплев, Л. А. Цурганова
(ГТУ им. Ф. Скорины, Гомель)

СИСТЕМА КОНТРОЛЯ РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММНОГО ПРОЕКТА

Наверное, невозможно найти человека, который бы хоть раз не был в сети Internet. Такая популярность глобальной сети ставит перед любым приложением одну главную задачу – оно должно быть доступным в Сети, а самым привычным объектом в Internet является сайт. Таким образом, слой представления нашей программы должен быть виден для пользователя как обычная HTML страница. Для разработки Web приложений хорошо зарекомендовала себя на практике Java и тесно связанные с ней технологии: работа с XML, базами данных, логированием, Web и т.д.

Важным критерием Web приложения является время отклика. Простое линейное приложение не сможет дать нужного эффекта, ведь каждому пользователю придется ждать, пока активный клиент не завершит свою работу. Так мы приходим к тому, что Web приложения должны быть многопоточными и обеспечивать хорошую синхронизацию потоков.

Написание приложения начинается с его проектирования. В нашем приложении будем использовать шаблон MVC, описывающий три слоя:

- слой по работе с данными;
- слой контроля данных;
- слой представления.

Скорость разработки программы, простота модернизации и тестирования естественным образом сказывается на ее стоимости. Это приводит к необходимости использовать сложные фреймворки, которые уже реализуют рутинные задачи. Одним из таких фреймворков для Java является Struts. Он позволяет легко управлять правами пользователей, быстро добавлять поведенческие активности, наращивать сложность программы, оставляя ее логику прозрачной, а код читабельным.

Моей задачей было разработать систему контроля за ходом разработки программного проекта, позволяющую разделить роли администратора, менеджера проекта, командного лидера и собственно самих программистов. Необходимо обеспечить высокий уровень безопасности данных, позволить загружать в нее файлы и контролировать скорость и количество потоков скачивания из нее. Так же необходимо максимально уменьшить количество сетевого трафика и стабилизировать работу в многопользовательском режиме. Для пользователя должен быть реализован доступный и понятный интерфейс, иметься возможность получать статистические отчеты.

Д. С. Кузьменков, Е. П. Кечко
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

**СВЕДЕНИЕ ЗАДАЧИ ОПТИМАЛЬНОГО
УПРАВЛЕНИЯ ТЕПЛОВЫМ ПРОЦЕССОМ В СТЕРЖНЕ
С ТЕПЛООБМЕНОМ НА ДВУХ КОНЦАХ
К ИНТЕРВАЛЬНОЙ ЗАДАЧЕ ЛП**

Рассмотрим следующую задачу оптимального управления. Пусть дан однородный стержень $0 \leq s \leq l$, оба конца которого взаимодейству-

ют с внешней средой. Необходимо, управляя температурой внешней среды $u_1(t), u_2(t)$, $t \in T$, привести к заданному моменту времени t^* температурный режим в стержне $x = x(s, t)$, $s \in S$, $t \in T$, как можно ближе к заданному режиму $y(s)$, $s \in S$. Математическая формулировка задачи имеет вид:

$$\begin{aligned} J(u_1, u_2) &= \int_{t_*}^{t^*} (u_1(t) + u_2(t)) dt \rightarrow \min; \\ x_t &= a^2(s, t) x_{ss}, \quad s \in S, \quad t \in T; \quad x_s(0, t) = \mu[u_1(t) - x(0, t)], \quad t \in T; \\ x_s(l, t) &= \eta[u_2(t) - x(l, t)], \quad t \in T; \quad x(s, t_*) = x_0(s), \quad s \in S; \\ g_* &\leq \int_0^l [x(s, t^*) - y(s)] \phi(s) ds \leq g^*; \\ u_* &\leq u_1(t) \leq u^*, \quad u_* \leq u_2(t) \leq u^*, \quad t \in T; \end{aligned} \quad (1)$$

где t_* , $t^* > t_*$, $l > 0$, a^2 , $\mu > 0$, $\eta > 0$, $u_* > 0$, $u^* > 0$, – заданные константы; $T = [t_*, t^*]$, $S = [0, l]$; $x_0(s)$, $y(s) \in \mathbb{R}$, $\phi(s) \in \mathbb{R}^m$, $s \in S$ – непрерывные функции; g_* , g^* – заданные векторы.

Задачу (1) будем рассматривать в классе дискретных управляющих воздействий.

После аппроксимации уравнения объекта управления методом прямых задача (1) была сведена к задаче оптимального управления системой обыкновенных дифференциальных уравнений большой размерности. Далее, основываясь на фундаментальной матрице решений этой системы, была получена формула Коши в классе кусочно-непрерывных управлений и в классе дискретных управляющих воздействий. Используя полученную формулу Коши, исходная задача была сведена к интервальной задаче ЛП.

Была написана программа, реализующая сведение исходной задачи оптимального управления к интервальной задаче ЛП. Программа, реализована в среде Delphi в виде многооконного приложения. Из среды Delphi осуществляется вызов программы решения интервальной задачи ЛП реализованной на языке Паскаль, исходя из решения интервальной задачи ЛП, в основном приложении по формуле Коши находится искомый вектор X .

М. В. Кулагина, Е. А. Ружицкая

(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

ПОСТРОЕНИЕ СТАБИЛИЗИРУЮЩЕЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩЕЙ ЗАДАННУЮ СТЕПЕНЬ УСТОЙЧИВОСТИ ПЕРЕХОДНОГО ПРОЦЕССА

Рассмотрена динамическая система с управлением, поведение которой при $t \geq 0$ описывается уравнением

$$\dot{x} = Ax + bu, \quad (1)$$

($x, b \in R^n, u \in R, A \in R^{n \times n}, \text{rank}(b, Ab, \dots, A^{n-1}b) = n$), где $x = x(t)$ – n -вектор состояния системы в момент времени $t, u = u(t)$ – значение скалярного управления.

Пусть $y = Hx, H \in R^{m \times n}$ – m -вектор выходных сигналов. Введём множества $Y(t) = \{y \in R^m : g_*(t) \leq y \leq g^*(t)\}$, где $g_*(t), g^*(t), -\infty < g_*(t) \leq g^*(t) < \infty, t \geq 0$, – заданные непрерывные m -вектор-функции.

Пусть $G \subset R^n$ – ограниченная окрестность состояния равновесия $x = 0$ системы (1), $u = 0$.

При фиксированных числах $h > 0, L > 0$ функцию

$$u_s(t, x), s \in [0, h], t \geq 0, x \in G, \quad (2)$$

назовём ограниченной стабилизирующей обратной связью с заданной степенью устойчивости системы (1) в области G , если:

- 1) $u_s(t, 0) = 0, s \in [0, h], t \geq 0$;
- 2) $|u_s(t, x)| \leq L, x \in G, s \in [0, h], t \geq 0$;
- 3) траектория замкнутой системы

$$\dot{x} = Ax + bu_s(t, x), x(0) = x_0, x_0 \in G \quad (3)$$

является непрерывным решением уравнения $\dot{x} = Ax + bu(t), x(0) = x_0$ при

$$u(t) = u_s(kh, x(kh)), s \in [0, h], t \in [kh, (k+1)h], k = 0, 1, \dots;$$

- 4) система (3) асимптотически устойчива в G ;

5) выходной сигнал $y(t), t \geq 0$ системы (3) содержится во множестве $Y(t), t \geq 0$, где $g_*(t) = -a \exp(-\alpha t), g^*(t) = a \exp(-\alpha t), \alpha > 0$. Число $a > 0$ называется степенью устойчивости переходного процесса.

Изучен и реализован алгоритм построения стабилизирующей об-

ратной связи с заданной степенью устойчивости для одной динамической системы четвертого порядка. Для построения стабилизирующей обратной связи используется вспомогательная задача оптимального управления.

Разработано приложение в среде визуального проектирования Delphi 7.0, позволяющее вычислять значения обратной связи и представлять результаты решения задачи в виде графиков.

Д. В. Лиморенко, Г. Л. Карасёва
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

КРИТЕРИЙ ОПТИМАЛЬНОСТИ ДЛЯ ЗАДАЧИ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ СПЕЦИАЛЬНОГО ВИДА

В классе кусочно-непрерывных управлений рассмотрена линейно-квадратичная задача оптимального управления специального вида

$$J(u) = \int_0^T u^2 dt \rightarrow \min$$

$$\dot{x} = Ax + bu, \quad x(0) = x_0,$$

$$Hx(t^*) = g, \quad |d\alpha(t)| \leq \alpha(t), \quad |u(t)| \leq 1, \quad t \in T = [0, t^*].$$

Здесь $x = x(t)$ – n – вектор состояния, $u = u(t)$ – скалярное управление, b, d – n – векторы, g – m – вектор, H – $m \times n$ – матрица, A – $n \times n$ – матрица, $\alpha(t)$ – достаточно гладкая функция.

Определения допустимого $u(\cdot) = (u(t), t \in T)$, оптимального $u^o(\cdot) = (u^o(t), t \in T)$, и субоптимального $u^s(\cdot) = (u^s(t), t \in T)$ управлений и соответствующих им траекторий вводится стандартно.

Пусть $T_i = [\tau_i, \tau^i]$, $\tau_i \leq \tau^i < \tau_{i+1}$, $i \in N$; $N_* = \{i \in N : \tau_i < \tau^i\}$, $N_0 = N \setminus N_*$ – произвольная совокупность отрезков. Наряду с допустимым управлением $u(\cdot)$ и соответствующей ему траекторией $x(\cdot)$ рассмотрим допустимое управление $\bar{u}(\cdot)$ и соответствующую ему траекторию $\bar{x}(\cdot)$.

Получена формула приращения критерия качества

$$\Delta J(u) = \int_0^{\tau^*} [-y' H F(\tau^*, t) - \sum_{i \in N_*} v_i d' F(\tau_i, t) - \sum_{i \in N_0} v^i d' F(\tau^i, t) +$$

$$+ \int_t^{t^*} dF(\tau, t) \xi(\tau) d\tau \Big] b \Delta u(t) dt + \\ + \int_0^{t^*} u \Delta u(t) dt + \int_0^{t^*} \Delta u^2 dt / 2 + \sum_{i \in N} \Delta z(\tau_i) v_i + \sum_{i \in N_*} \Delta z(\tau^i) v^i - \int_T \xi(t) \Delta z(t) dt$$

и сформулирован критерий оптимальности.

Н. Н. Масалитина

(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

МЕТОД КЛАССИФИКАЦИИ С ЗАРАНЕЕ НЕИЗВЕСТНЫМ СОСТАВОМ И КОЛИЧЕСТВОМ КЛАССОВ И ЗАДАНЫМ КРИТЕРИЕМ ИХ РАЗДЕЛЕНИЯ

Обобщенная постановка задачи: формализовать правило классификации множества объектов таким образом, чтобы элементы каждого класса b_i ($i=1..n$, где n – заранее не заданное количество классов) отличались от элементов каждого другого класса b_j ($j=1..n$, $j \neq i$) составом целей и возможностей управления устойчивостью.

Предложенный метод классификации на методах булевой алгебры и предполагает выполнение следующей последовательности этапов.

Этап 1. Отбор обобщенных дескрипторов для описания состояния классифицируемых объектов.

Этап 2. Описание всех возможных состояний систем, что равнозначно составлению всех возможных сочетаний p двоичных признаков. В результате будет получено 2^p возможных сочетаний. Значительная часть этих сочетаний невозможна в реальных условиях. С целью исключения таких сочетаний необходимо выполнить анализ взаимосвязей между отобранными на этапе 1 показателями.

Этап 3. Описание связей между обобщенными дескрипторами. Результатом данного этапа является формализация множества запретов Z – правил, ограничивающих возможные сочетания значений дескрипторов: запретов иерархии Z^H – т.е. запретов, определяемых иерархическими связями между подсистемами классифицируемых объектов; запретов рационального управления Z^{RM} – т.е. запретов описывающих логику управления нацеленного на повышение устойчивости и применение для этого наиболее эффективных средств; запретов физических противоречий Z^P – т.е. запретов, определяемых физическими законами существования и взаимодействия подсистем классифицируемых объ-

ектов; запретов внешнего регулирования Z^{EN} – т.е. ограничений возможностей функционирования и управления классифицируемыми объектами со стороны внешних сил (законодательной системы, морально-этических норм, охраны труда и проч.).

Этап 4. Исключение из множества возможных состояний S_b объекта b такие сочетания дескрипторов, которые соответствуют запретам Z .

Этап 5. Анализ множества оставшихся непротиворечивых состояний и объединение их в группы, наиболее соответствующие требованиям отличия целей и возможностей управления устойчивостью.

Этап 6. Построение классификатора в форме дизъюнктивной нормальной функции от показателей, определяющих отличие элементов различных классов.

А. И. Никитин

(ВГУ им. П. М. Машерова, Витебск)

СВОЙСТВА РЕШЕНИЙ СИСТЕМЫ ПОЛУЛИНЕЙНЫХ ПАРАБОЛИЧЕСКИХ УРАВНЕНИЙ С НЕЛИНЕЙНЫМИ НЕЛОКАЛЬНЫМИ ГРАНИЧНЫМИ УСЛОВИЯМИ

Рассматривается следующая система нелинейных уравнений с нелокальными граничными условиями:

$$\begin{cases} u_t = \Delta u + c_1(x, t)v^p, v_t = \Delta v + c_2(x, t)u^q, x \in \Omega, t > 0, \\ u(x, t) = \int_{\Omega} k_1(x, y, t)u^m(y, t)dy, x \in \partial\Omega, y \in \Omega, t > 0, \\ v(x, t) = \int_{\Omega} k_2(x, y, t)v^n(y, t)dy, x \in \partial\Omega, y \in \Omega, t > 0, \\ u(x, 0) = u_0(x), v(x, 0) = v_0(x), \end{cases} \quad (1)$$

где p, q, m, n – положительные константы, Ω – ограниченная область в R^n , $n \geq 1$, с достаточно гладкой границей $\partial\Omega$, а $c_1(x, t)$, $c_2(x, t)$, $k_1(x, y, t)$, $k_2(x, y, t)$, $u_0(x)$, $v_0(x)$ – неотрицательные непрерывные функции. Пусть $Q_T = \Omega \times (0, T)$.

Теорема 1. Пусть $\max(p, q, m, n) \leq 1$. Тогда решение задачи (1) существует глобально для любых коэффициентов уравнений $c_1(x, t)$, $c_2(x, t)$, функций $k_1(x, y, t)$, $k_2(x, y, t)$ в граничных условиях и любых неотрицательных начальных данных.

Введем обозначения: λ – первое собственное значение задачи $\Delta\phi(x) + \lambda\phi(x) = 0$, $x \in \Omega$, $\phi(x)|_{\partial\Omega} = 0$.

Теорема 2. Пусть выполнено одно из следующих условий:

$$\int_0^\infty \inf_{\partial\Omega \times \Omega} k_1(x, y, t) e^{\lambda(1-m)t} dt = \infty \quad \text{при} \quad m > 1 \quad \text{или}$$

$$\int_0^{\infty} \inf_{\Omega} k_2(x, y, t) e^{\lambda(1-n)t} dt = \infty \quad \text{при} \quad n > 1 \quad \text{или}$$

$$\int_0^{\infty} \min(\inf_{\Omega} (c_1(x, t) e^{\lambda(1-p)t}), \inf_{\Omega} (c_2(x, t) e^{\lambda(1-q)t})) dt = \infty \quad \text{при } pq > 1. \text{ Тогда зада-}$$

ча (1) не имеет нетривиального неотрицательного глобального решения при любых нетривиальных начальных данных.

Теорема 3. Пусть $\min(pq, m, n) > 1$ и выполнены условия

$$\int_0^{\infty} \max(\sup_{\Omega} (c_1(x, t) e^{\lambda(1-p)t}), \sup_{\Omega} (c_2(x, t) e^{\lambda(1-q)t})) dt < \infty,$$

$\int_{\Omega} k_1(x, y, t) dy < A_1 e^{\gamma_1 t}$, $\int_{\Omega} k_2(x, y, t) dy < A_2 e^{\gamma_2 t}$, где $A_1, A_2 > 0$, $\gamma_1 < \lambda(m-1)$, $\gamma_2 < \lambda(n-1)$. Тогда существует неотрицательное глобальное решение задачи (1) с достаточно малыми начальными данными.

Литература

1. A. Gladkov and K.I. Kim, "Blow-up of solutions for semilinear heat equation with nonlinear nonlocal boundary condition," *Journal of Mathematical Analysis and Applications*, vol. 338, no. 1, pp. 264-273, 2008.

Н. И. Оргиш

(БА РБ, Минск)

АНАЛИЗ АЛГОРИТМОВ СИНТЕЗА ВРЕМЕННОЙ СТРУКТУРЫ СИСТЕМЫ ШУМОВЫХ СИГНАЛОВ ММО РЛС ПО ЗАДАННОЙ ХАРАКТЕРИСТИКЕ НАПРАВЛЕННОСТИ АФАР НА ПЕРЕДАЧУ

В последнее десятилетие за рубежом активно развивается новое направление в радиолокации – ММО (Multiple Input – Multiple Output) РЛС [1], [2]. В таких РЛС, M различных групп передающих элементов антенной решетки (АР) излучают M ортогональных сигналов, а N групп приемных элементов обеспечивают одновременный прием этих сигналов. Результирующее число формируемых каналов приема такой АР может достигать NM , что в несколько раз может превышать число прямо-передающих модулей.

В докладе рассматривается новый алгоритм синтеза диаграммы направленности (ДН) для ММО РЛС. Данный алгоритм основан на решении системы линейных алгебраических уравнений при помощи QR разложения матрицы коэффициентов [3]. Проводится анализ характери-

стик алгоритма синтеза ДН, при использовании различных методов QR разложения (метод вращения Гивенса, метод отражений Хаусхолдера, метод ортогонализации Грамма-Шмидта) [4], [5]. Входными данными для алгоритма являются координаты передающих антенных элементов и требуемая форма ДН. Выходом алгоритма является корреляционная матрица зондирующих сигналов, от которой зависит форма ДН.

Полученный результат сравнивается с данными моделирования зарубежных авторов, которые для решения аналогичной задачи используют метод квадратичного программирования. Показан ряд преимуществ разработанного алгоритма синтеза ДН.

В докладе проводится анализ результатов моделирования с учетом изменения геометрического расположения элементов антенной решетки.

Литература

1. Черняк В.С. О новом направлении в радиолокации: ММО РЛС. М: Прикладная радиоэлектроника, 2009;
2. Jiane Li, Petre Stoica MIMO radar signal processing. New Jersey: A John Wiley & sons inc., 2009;
3. Богачев К.Ю. Практикум на ЭВМ. Методы решения линейных систем и нахождения собственных значений. М: МГУ, 1998;
4. Воеводин В.В., Кузнецов Ю.А. Матрицы и вычисления. М: Радио и связь, 1984;
5. Воеводин В.В. Численные методы алгебры. Теория и алгоритмы. М: Издательство «Наука», 1966.

О. Г. Осипова

(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

УПАКОВКА МАТРИЦЫ ЖЕСТКОСТИ ПРИ КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОМ МОДЕЛИРОВАНИИ СИСТЕМЫ «СВАЯ-ГРУНТОВОЕ ОСНОВАНИЕ»

Применение метода конечных элементов к моделированию физической системы «Свая – грунтовое основание» приводит к системе линейных алгебраических уравнений с матрицей специального вида: ленточной, симметричной, в которой достаточно много нулевых элементов. С целью экономии оперативной памяти, которая помогает значительно увеличить размеры нерегулярной решетки расчетной области

рассматриваемой системы, возникает вопрос об упаковке матрицы. Один из наиболее простых подходов к упаковке матриц разреженных систем является ленточный метод.

Пусть A – симметричная положительно определенная матрица порядка N с элементами a_{ij} . Для i -й строки A , $i=1,2,\dots,N$, положим

$$f_i(A) = \min \{j | a_{ij} \neq 0\} \text{ и } \beta_i(A) = i - f_i(A).$$

Число $f_i(A)$ – это столбцовый индекс первого ненулевого элемента i -ой строки A . Так как диагональные элементы a_{ii} положительны, имеем $f_i(A) \leq i$, $\beta_i(A) \geq 0$.

Ширина ленты A определяется как

$$\beta(A) = \max \{\beta_i(A) | 1 \leq i \leq N\} = \max \{i - j | a_{ij} \neq 0\}$$

Число $\beta_i(A)$ называется i -ой шириной ленты A . Лента определяется таким образом: $Band(A) = \{i, j | 0 < i - j \leq \beta(A)\}$, т.е. как область матрицы, удаленную от главной от главной диагонали не более, чем на $\beta(A)$ позиций.

Применение ленточного метода подразумевает, что нули вне $Band(A)$ игнорируются; нули же внутри ленты обычно хранятся и используются на этапе численного решения.

Обычным методом хранения симметричной ленточной матрицы A является так называемая диагональная схема хранения. Поддиагонали нижнего треугольника A , составляющие $Band(A)$, вместе с главной диагональю хранятся по столбцам в прямоугольном массиве размера $N \times (\beta(A) + 1)$. Такая схема хранения проста и вполне эффективна, если $\beta_i(A)$ не слишком меняется с изменением i .

А. Т. Павловская

(ГрГУ им. Я.Купалы, Гродно)

ЗАДАЧА ПОЛНОЙ УПРАВЛЯЕМОСТИ ДЛЯ ЛИНЕЙНЫХ СИСТЕМ НЕЙТРАЛЬНОГО ТИПА СО МНОГИМИ ЗАПАЗДЫВАНИЯМИ

Рассмотрим линейную автономную дифференциально-разностную систему нейтрального типа с соизмеримыми запаздываниями:

$$\dot{x}(t) - \sum_{i=1}^m D_i \dot{x}(t - ih) = \sum_{i=0}^m A_i x(t - ih) + \sum_{i=0}^m B_i u(t - ih), \quad t \geq 0, \quad (1)$$

$$x(t) = \varphi(t), t \in H^- = [-mh, 0], \quad u(t) \equiv 0, \quad t < 0, \quad (2)$$

где x – n -вектор-столбец решения уравнения (1), u – r -вектор-столбец кусочно-непрерывного управления, D_i, A_i, B_i – постоянные матрицы соответствующих размеров, $0 < h$ – постоянное запаздывание, начальная функция $\varphi \in \mathbf{D}(H^-, \mathbf{R}^n)$, где $\mathbf{D}(H^-, \mathbf{R}^n)$ – пространство абсолютно непрерывных функций.

О п р е д е л е н и е. Начальную функцию φ назовем полностью управляемой, если существуют момент времени $t_1 > 0$ и управление, $u(t)$, $t \in [0, t_1 - mh]$ такие, что $x(t) \equiv 0$, $t \geq t_1$ при $u(t) \equiv 0$, $t > t_1 - mh$.

Если полностью управляемы все начальные функции $\varphi \in \mathbf{D}(H^-, \mathbf{R}^n)$, то систему (1), (2) назовем полностью управляемой.

Обозначим: C – множество комплексных чисел,

$$W(\lambda) = \lambda E - A_0 - \sum_{i=1}^m (A_i + \lambda D_i) e^{-\lambda ih}, \quad B(\lambda) = \sum_{i=0}^m B_i e^{-\lambda ih},$$

$$\tilde{D} = [D_1, \dots, D_{m-1}], \quad \bar{B}_i = \text{col}[B_i, 0, \dots, 0], \quad i = \overline{0, m},$$

$$R = \begin{bmatrix} \tilde{D} & D_m \\ E & 0 \end{bmatrix},$$

$$L = \sum_{i=0}^m R^{m-i} \bar{B}_i.$$

Т е о р е м а. Для того чтобы система (1), (2) была полностью управляема необходимо и достаточно, чтобы одновременно выполнялись условия

- 1) $\text{rank}[W(\lambda), B(\lambda)] = n, \forall \lambda \in C,$
- 2) $\text{rank}[L, RL, \dots, R^{mn-1}L] = \text{rank}[L, RL, \dots, R^{mn-1}L, R^{mn}]$

В случае $m = 1$, $B_0 = 0$ теорема совпадает с критерием полной управляемости, полученным в [1].

Литература

1. Метельский, А.В. Критерии конструктивной идентифицируемости полной управляемости линейных стационарных систем нейтрального типа / А.В. Метельский, С.А. Минюк // Известия РАН. Теория и системы управления. – 2006. – № 5. – С. 15-23.

А. В. Парахневич, А. С. Солонар, С. А. Горшков

(БА РБ, Минск)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЧИСЛЕННОГО МЕТОДА ИНТЕГРИРОВАНИЯ МОНТЕ-КАРЛО ДЛЯ АППРОКСИМАЦИИ ПЛОТНОСТЕЙ ВЕРОЯТНОСТИ В ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАДАЧАХ

Целью доклада является обоснование возможности использования численного метода интегрирования Монте-Карло для аппроксимации плотностей вероятности в практических задачах.

Увеличение возможностей вычислительных средств за последние десятилетия привело к возрастанию популярности численных методов решения математических задач в том числе и методов Монте-Карло. Использование последних позволяет решать многие математические задачи численным способом путем моделирования случайных величин. Алгоритмы Монте-Карло относительно легко реализуются на современных ЭВМ и позволяют решать сложные задачи, недоступные для классических численных методов.

В докладе приводится описание численного метода интегрирования Монте-Карло, обосновывается возможность применения его для аппроксимации произвольных плотностей вероятности (ПВ), а также для аппроксимации апостериорных ПВ в задачах нелинейной дискретной Байесовской фильтрации.

В основе численного метода интегрирования Монте-Карло лежит использование случайных дискретных отсчетов, распределенных по области интегрирования. ПВ случайных отсчетов должна удовлетворять правилу Г.Кана. В этом случае она называется значимой. Достоинством метода Монте-Карло является независимость дисперсии ошибки численной оценки интеграла от размерности пространства интегрирования. Однако с ростом размерности пространства необходимо одновременно увеличивать число дискретных отсчетов для сохранения скорости сходимости дисперсии ошибок интегрирования. Необходимо отметить, что потребный объем выборки в данном случае растет с увеличением мерности пространства интегрирования значительно медленнее, чем при использовании численных методов с фиксированным шагом.

При переходе от численного интегрирования к аппроксимации ПВ методом Монте-Карло применяется прием представления ПВ в виде суммы взвешенных дельта-функций. Координаты дельта функций соответствуют координатам дискретных отсчетов.

В докладе показывается возможность использования аппроксимации апостериорной ПВ методом Монте-Карло для решения задач рекуррентной нелинейной Байесовской фильтрации путем перехода случайных дискретных отсчетов с предыдущего на текущий шаг наблюдения.

И. А. Пешков

(ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно)

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАЗБРАСЫВАНИЯ УДОБРЕНИЙ С УЧЕТОМ УГЛА СХОДА С ДИСКА СРЕДСТВАМИ "МАТЕМАТИКА"

Целью работы является разработка в пакете компьютерной алгебры Mathematica программного комплекса для анализа и оптимизации параметров процесса рассеивания удобрений дисковым разбрасывателем удобрений.

Процесс работы дискового разбрасывателя разбит на несколько фаз и каждая фаза описывается соответственной моделью.

Построена модель процесса и результатов работы дискового разбрасывателя удобрений. Модель реализована в пакете прикладных программ Mathematica. Реализована модель движения частицы по плоскому диску с двумя лопастями, установлена зависимость угла схода от расположения места подачи тука на диск. Описана и построена модель движения частицы после схода с диска до соприкосновения с почвой. Предложена и программно реализована модель построения теоретической кривой, соответствующей месту падения частиц с края диска, слетающих с него под различным углом к касательной при поступательном движении машины. Предложена и реализована технология компьютерного моделирования для визуализации результатов разбрасывания удобрений.

Пример 1:

Задано: радиус диска $R = 0.4$, скорость $u = 40$ схода частицы с диска, вращающегося со скоростью $w = 7$ и расположенного на высоте $h = 2$ над землей при поступательной скорости машины $V = 10$, угол схода $\phi = 10^\circ$.

Результат работы программы отображен на рисунках 1–2.

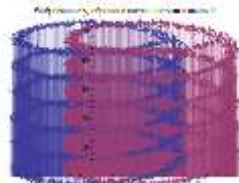


Рисунок 1 – Результаты движения точки на краю диска относительно осей x и y с углом схода $\phi = 10^\circ$.

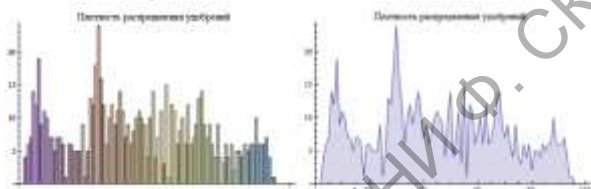


Рисунок 2 – Плотность рассева частиц удобрения в виде гистограммы и графика

Е. М. Поплавский, Е. М. Березовская
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ MAPLE ДЛЯ ВЫВОДА ЯВНЫХ ФОРМУЛ РУНГЕ-КУТТА

Процессы информатизации современного общества, свидетелями которых мы сегодня являемся, характеризуются совершенствованием и распространением информационных технологий во многие сферы человеческой деятельности, и особенно в науку. Как известно, для математического моделирования процессов и явлений в различных областях науки и техники широко используются обыкновенные дифференциальные уравнения. В процессе решения обыкновенных дифференциальных уравнений преодолеваются следующие математические трудности: дифференцирование и интегрирование громоздких математических выражений, включая интегральные уравнения, применение приближенных методов решения и т.д. На это тратится много времени, есть вероятность сделать ошибку в вычислениях, которая может привести к неверному результату и ошибочным выводам. Для решения многих задач математики, физики, техники нередко требуется иметь

несколько функций. Нахождение этих функций может привести к дифференциальным уравнениям, образующим систему, которая может быть решена различными методами.

В работе показывается использование системы компьютерной алгебры Maple для вывода явных формул Рунге-Кутты, которые применяются для численного решения систем дифференциальных уравнений первого порядка. Показывается, как составляется система нелинейных уравнений относительно коэффициентов формул Рунге-Кутты и как решается такая система.

При решении систем нелинейных уравнений, обычно имеют дело с системой полиномиальных уравнений относительно неизвестных. Одним из алгоритмов решения таких уравнений является метод подстановки, который реализуется командой `solve` пакета Maple. Этот подход является хорошим для системы уравнений, имеющих треугольную форму. Однако последовательность, в которой команда `solve` исключает неизвестные, зависит от адресов в памяти. Поэтому решения могут различаться от сеанса к сеансу. Второй алгоритм решения систем полиномиальных уравнений основан на теории базиса Gröbner-а для идеалов полинома. Это преобразование делается при помощи исключения элементов из множества полиномов, подобно методу исключения Гаусса.

В результате исследований собраны все Maple операторы, которые использовались для вывода формул схемы Рунге-Кутты в единую процедуру. Она вычисляет коэффициенты метода Рунге-Кутты для произвольного числа шагов n и произвольного порядка m . Данная процедура была протестирована для значений параметров $n=2$ и $m=2$, $n=4$ и $m=4$. Отметим, что для значений $n>3$ уравнения больше не могут быть решены непосредственно с помощью Maple или иной системы компьютерной алгебры, поскольку являются слишком громоздкими.

А. Д. Попова, Л. А. Цурганова
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

РАЗРАБОТКА JAVA-ПРИЛОЖЕНИЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЕФОРМАЦИЙ ГРУНТОВОГО ОСНОВАНИЯ ФУНДАМЕНТНОЙ ПЛИТЫ

Расчеты напряженно-деформированного состояния грунтовых оснований фундаментов используются для оценки осадок зданий и сооружений.

Применение современных компьютерных технологий для исследования различных физических систем сопряжено с построением и решением математических моделей соответствующих систем. В формализованной постановке физическая система «Фундаментная плита – грунтовое основание» представляет краевую задачу математической физики. Наиболее эффективным методом ее численного решения является метод конечных элементов, который позволяет свести решение граничной задачи к решению системы линейных алгебраических уравнений с матрицей специального типа [1].

Для моделирования деформаций грунтового основания системы «Фундаментная плита – грунтовое основание» разработаны алгоритмы, реализующие этапы конечно-элементного моделирования: построение матрицы жесткости, построение граничных условий, учет граничных условий в матрице жесткости, решение СЛАУ методом Гаусса для упакованной в прямоугольник матрицы.

На объектно-ориентированном языке программирования Java разработано приложение компьютерного моделирования деформаций грунтового основания системы «Фундаментная плита – грунтовое основание», которое позволяет определить деформации грунтового основания и оценить осадку фундаментной плиты любых размеров и с любой нагрузкой с целью выявления возможного крена из-за неоднородности грунтового основания [2].

Литература

1 Быховцев, В.Е. Компьютерное моделирование систем нелинейной механики грунтов / В.Е. Быховцев, А.В. Быховцев, В.В. Бондарева. – Гомель: ГГУ им. Ф.Скорины, 2002. – 215 с.

2 Хорстманн, К.С. Java 2. Библиотека профессионала: в 2 т. Т. 1. Основы / К.С. Хорстманн, Г. Корнелл. – 8-е изд. – Пер. с англ. – М.: ООО «И.Д. Вильямс», 2009. – 816 с. : ил.

Т. А. Рябица, Г. Л. Карасёва
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

ЗАДАЧА ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ СО СМЕШАННЫМИ ОГРАНИЧЕНИЯМИ

Рассмотрим линейную задачу оптимального управления:

$$J(u) = c'x(t^*) \rightarrow \max,$$

$$\begin{aligned}x(t+1) &= Ax(t) + bu(t), \quad x(0) = x_0, \\g_* &\leq Hx(t^*) \leq g^*, \\f_*(t) &\leq u(t) \leq f^*(t), \quad t \in T = \{0, 1, \dots, t^* - 1\}\end{aligned} \quad (1)$$

Здесь $x(t) \in R^n$, $u(t) \in R$, $t \in T$; $A \in R^{n \times n}$; $H \in R^{m \times n}$, $\text{rank} H = m$; C , b , g_* , g^* – заданные векторы соответствующих размеров, $f_*(t)$, $f^*(t)$, $t \in T$ – заданные функции;

Понятия допустимого, оптимального, субоптимального управлений и соответствующих им траекторий вводятся стандартно.

Задача (1) эквивалентна задаче

$$\begin{aligned}\sum_{t \in T} c(t)u(t) &\rightarrow \max, \\ \bar{g}_* &\leq \sum_{t \in T} h(t)u(t) \leq \bar{g}^*, \\ f_*(t) &\leq u(t) \leq f^*(t), \quad t \in T,\end{aligned} \quad (2)$$

где $c(t) = c'F(t^*, t)b$, $h(t) = HF(t^*, t)b$, $\bar{g}_* = g_* - HF(t^*, -1)x_0$, $\bar{g}^* = g^* - HF(t^*, -1)x_0$, $\bar{g}^- = g^- - HF(t^*, -1)x_0$, $F(t^*, t)$ – фундаментальная матрица решений системы $x(t+1) = Ax(t)$.

Опорой задачи (1) назовём совокупность $K_{оп} = \{I_{оп}, T_{оп}\}$ двух множеств $I_{оп} \in I$, $T_{оп} \in T$, $|I_{оп}| = |T_{оп}|$, для которой матрица $P_{оп} = (H(I_{оп}, J)F(t^*, t)b, t \in T_{оп})$ неособая.

Получена формула приращения критерия качества

$$\Delta J(u) = -\sum_{t \in T_H} \Delta(t) \Delta u(t) + \sum_{s \in I_{оп}} v(s) \omega(s);$$

где

$$\begin{aligned}\omega(I_{оп}) &= (H(I_{оп}, J)F(t^*, t)b \Delta u(t), t \in T_{оп})(\Delta u(t), t \in T_{оп}) + \\ &+ (H(I_{оп}, J)F(t^*, t)b \Delta u(t), t \in T_H)(\Delta u(t), t \in T_H); \\ \omega_*(I_{оп}) &\leq \omega(I_{оп}) \leq \omega^*(I_{оп}); \quad T_H = T \setminus T_{оп}\end{aligned}$$

где $\Delta u(t) = \bar{u}(t) - u(t)$, $t \in T$ – приращение управления.

Сформулирован критерий оптимальности для задачи (2).

С. А. Санкевич

(БНТУ, Минск)

**ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО СООТНОШЕНИЯ ЕМКОСТИ
НАКОПИТЕЛЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ И МОЩНОСТИ
ВЕТРОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ
В ВЕТРО-ДИЗЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ**

Ветро-дизельная система (ВДС) – это гибридная энергосистема, состоящая из ветроэлектрической установки (ВЭУ), дизель-электрической системы (ДЭС) и имеющая в своем составе накопители электроэнергии (НЭЭ).

Обычно дизель-генератор используется в сочетании с ВЭУ в случае, когда целью использования последней является экономия дизельного топлива, стоимость которого без учета расходов на доставку составляет 700-800 дол. за 1т.

Соотношение мощности компонентов системы зависит от схемы генерирования, нагрузки и ресурсов ветра. В данной работе были проделаны исследования, направленные на поиск оптимального соотношения элементов ВДС.

Использование режима раздельной работы ВЭУ и ДЭС позволяет поднять долю участия ветроустановки до 50-60% и более. Однако, в этом случае неизбежно усложнение системы за счет необходимости введения системы управления, инверторного оборудования и НЭЭ, которые аккумулируют энергию, вырабатываемую ветроагрегатом при рабочих скоростях ветра для питания нагрузки в безветренную погоду или при небольших скоростях ветра. Всякий раз, когда это возможно, энергия получается за счет ВЭУ и НЭЭ непрерывно подзаряжаются. В периоды ветрового затишья, когда заряд НЭЭ падает ниже определенного уровня, для обеспечения потребителей энергией автоматически (или вручную) запускается дизель-генератор, который в этом случае работает в режиме максимального КПД. Такой режим значительно снижает количество запусков дизель-генератора и, следовательно, ведет к сокращению затрат на обслуживание и топливные расходы.

Эффективность ветро-дизельной системы напрямую зависит от правильности выбранного соотношения мощностей трех ее составляющих: ВЭУ, ДЭС и НЭЭ. Выбор емкости НЭЭ и мощности ВЭУ должен осуществляться по критерию непрерывного обеспечения электроэнергией потребителей с минимальными затратами.

Вырабатываемая и потребляемая энергия зависят от нагрузки и средних фоновых скоростей ветра, что не позволяет получить единое оптимальное соотношение в общем виде. В работе представлены имитационные модели для выбора оптимального соотношения энергетической емкости НЭЭ и установленной мощности ВЭУ, для конкретных графиков нагрузки и характеристик ветрового потенциала данного региона.

С. А. Смеянович, И. А. Иващенко

(БА РБ, Минск)

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ КОРПУСА ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА СО СТРУЕЙ РЕАКТИВНОГО ДВИГАТЕЛЯ

Летательные аппараты (ЛА) с противорадиолокационным покрытием (ПРП) имеют малую отражающую поверхность, делающую их невидимыми для средств ПВО. Однако известно, что происходит процесс накопления заряда на корпусе ЛА в результате его взаимодействия с атмосферой [1, 2]. Кроме того в результате работы РД [3, 4] на корпусе ЛА накапливается отрицательный заряд, а в факеле ЛА образуется избыток положительного заряда, то есть между корпусом и факелом образуется электрическое поле. Электризация ПРП это поле увеличивает. В результате возникает ток утечки с факела на корпус ЛА и формируется сопротивление утечки.

Целью настоящей работы является создание математической модели взаимодействия струи РД с корпусом ЛА и его факелом с целью использования этого взаимодействия для обнаружения ЛА с ПРП.

Колебания заряда в промежутке «корпус ЛА – факел» описываются уравнением нелинейных колебаний. Рассчитываются электроемкость [5] и индуктивность промежутка «корпус ЛА – факел». Расчеты показали, что при определенной мощности падающего на ЛА излучения возникают собственные колебания заряда с частотой порядка 200 МГц. Модулируя СВЧ излучение радиолокационной станции электромагнитными колебаниями с указанной частотой можно добиться их переизлучения промежутком «корпус ЛА – факел» и обнаружить ЛА с ПРП.

Литература

1. Воинов, В.В. Возможности определения координат маловысотного летательного аппарата по параметрам электрического поля /

В.В. Воинов, В.В. Мокринский, А.Ф. Мелец // Вестн. Воен. акад. Респ. Беларусь. – 2008. – № 4(21). – С. 30–37.

2. Способ Хехнева обнаружения низколетящего объекта, являющегося носителем электрического заряда: пат. № 3155419/24-09 (СССР) / Р.Г. Хехнев. – заявл. 22.08.1986.

3. Евмеев, Б.Ф. О зарядании самолета, связанным с работой его двигателей / Б.Ф. Евмеев, Н.Т. Маркчев // Труды ГТО.– 1977. – вып. 350. – С. 156.

4. Шеломенцев, Т.И. Разработка системы комплексного обнаружения и распознавания маловысотных целей // Инженерная записка / Т.И. Шеломенцев [и др.]. – Минск: НПО «Агат», 1991. – С. 53.

5. Воинов, В.В. Совокупность электрических емкостей маловысотного летательного аппарата / В.В. Воинов, В.В. Мокринский // Сб. науч. ст. Воен. акад. Респ. Беларусь. – 2007. – № 12. – С. 31–35.

И. С. Степаненко

(ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно)

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ РАСКЛАДКИ ПРОДУКЦИИ ДЛЯ ОФСЕТНОЙ ТИПОГРАФИИ

Пусть m – число видов продукции, необходимые к производству, k_i – тираж продукции i -ого вида, n_i – количество продукции i -ого вида, которое теоретически нужно расположить на одном печатном формате, а n_i^* – количество продукции i -ого вида, фактически расположенное на печатном формате, где $i=1..m$. Пусть H и W – горизонтальный и вертикальный размеры печатного формата, h_i и w_i – размеры продукции i -ого вида, где $i=1..m$. Процесс упаковки состоит в следующем:

1. Определяем количество объектов, которые можно разместить. Для этого вычисляем n_i , $i=1..m$. При этом. $n_i^* \leq n_i$, $i=1..m$;

$$n_i = \left\lfloor \frac{HWk_i}{h_i w_i \sum_{i=1}^m k_i} \right\rfloor$$

2. Сортируем всю продукцию по ширине, от более широкой к менее;
3. Берем первую продукцию, и помещаем его в левый верхний угол;
4. Берем следующую продукцию этого же вида, помещаем его в правый нижний угол, после чего перемещаем его влево, пока он, либо

не выйдет за пределы формата, либо не пересечет ранее размещенный продукт. После этого перемещаем его вверх, и снова влево, и так до тех пор, пока будет возможность его сдвинуть. Повторяем эти операции, для всей продукции этого вида;

5. Отмечаем вертикальные линии, по которым впоследствии будет производиться резка. Они будут проходить по правому краю каждого получившегося столбца;

6. Теперь определяем области печатного формата, в которых будет производиться дальнейшая упаковка, они заключены между линиями разреза, и в оставшейся части печатного формата;

7. Теперь для каждой области проделываем ту же операцию, используя продукцию того же вида, повернутую на 90° , если необходимое количество элементов еще не размещено, либо используем продукцию следующего вида. Повторяем процесс, пока, либо не будут размещена продукция всех видов, либо свободных участков не будет хватать для размещения какой-либо продукции;

8. Сохраняем результаты. Переворачиваем всю продукцию, и производим повторный расчет оставляя более оптимальный вариант;

9. Ввиду небольшой размерности, можно повторить все шаги, периодически изменяя количество продукции, которую необходимо разместить, на 1, в большую или меньшую сторону.

О. В. Сухоруков

(ПГУ, Полоцк)

ГРАФ КАК МОДЕЛЬ КАЧЕСТВЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ОБЪЕКТА

Любую вершину графа можно представить как некоторое множество несмежных между собой вершин, между которыми в произвольном порядке распределяются связи. При этом не только не теряется ни одна связь первоначального графа, но и не образуется ни одной новой [1].

Так как без ущерба данных можно заменить одну вершину множеством несмежных между собой вершин, значит, любые несмежные вершины можно заменить одной, тем самым сворачивая граф в пространстве [2].

Свойство сохранения информации при существенном изменении количества вершин графа и связей между ними позволяет использовать граф как модель качественных изменений тех или иных объектов.

Это стало возможным также и за счет выявления свойства наследования связей, которое выражается в том, что один граф по отношению к другому может выступать в роли либо родителя, либо потомка [2].

Сворачивая граф, мы определяем одно из его исходных состояний – находим предков (например, как при объединении различных взаимодействий в рамках единой теории поля) [2]. А, развертывая граф, прогнозируем его будущее – определяем потомков, в том числе и в буквальном (временном) смысле [1].

Полученные результаты идеально вписываются в общую концепцию мироустройства, что позволяет моделировать и решать широкий круг задач в космологии, биологии, физике, социологии, экономике и т.д.

Литература

1. Сухоруков О.В. Построение эйлерова цикла в связном графе / О.В.Сухоруков // Труды молодых специалистов Полоцкого государственного университета. 2011 г., Вып. 53. Промышленность – с. 56-58.
2. Сухоруков О.В. Пространственное сворачивание графа и наследование связей на примере поиска эйлерова цикла / О.В.Сухоруков // Труды молодых специалистов Полоцкого государственного университета. 2011 г., Вып. 53. Промышленность – с. 58-63.

Л. В. Троцкий, Е. М. Березовская

(ГТУ им. Ф. Скорины, Гомель)

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ И ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ЗАДАЧИ НЕОДНОРОДНАЯ ПОЛОСА – УПРУГОЕ ОДНОРОДНОЕ ОСНОВАНИЕ

Задана бесконечная, упругая ортотропная неоднородная полоса, жестко скрепленная с однородным изотропным основанием. Упругие характеристики полосы представлены в экспоненциальной форме как функций декартовых координат x, y . Для определенности, на верхней границе рассматривается случай распределенной нормальной нагрузки. Ортотропные оси совпадают с декартовой системой координат. Соотношения между деформациями и напряжениями для плоской теории упругости определяются по закону Гука.

Требуется найти напряженно-деформированное состояние (НДС) неоднородной полосы и основания под воздействием нагрузки $p(x)$. Рассматриваются следующие граничные условия:

$$\sigma_{y(1)}|_{y=0} = \begin{cases} p(x), & |x| \leq a \\ 0, & |x| > a \end{cases}, \quad \tau_{xy(1)}|_{y=0} = 0; \quad \sigma_{y(1)}|_{y=h} = \sigma_{y(2)}|_{y=h}, \quad \frac{d\nu_{(1)}}{dx}|_{y=h} = \frac{d\nu_{(2)}}{dx}|_{y=h},$$

$$\left. \frac{du_{(1)}}{dx} \right|_{y=h} = \left. \frac{du_{(2)}}{dx} \right|_{y=h}, \quad \tau_{xy(1)} \Big|_{y=h} = \tau_{xy(2)} \Big|_{y=h}.$$

Здесь σ, τ и u, v – компоненты напряжений и перемещений.

Решение задачи находится с помощью функций Эри. Получены аналитические формулы для напряжений, деформаций и перемещений задачи для полосы и основания под действием распределенных усилий.

Программное обеспечение написано в объектно-ориентированной среде программирования Borland C++ Builder. Программа позволяет найти НДС рассматриваемой задачи и имеет следующую структуру:

- головной блок;
- блок вычисления интегралов;
- блок по вычислению компонент НДС в полосе;
- блок по вычислению компонент НДС для основания;
- блок по решению систем алгебраических уравнений.

Головной блок обеспечивает управление ходом всего вычислительного процесса: объявляет переменные и функции; обеспечивает ввод начальных значений; осуществляет подготовку и вызов блока вычисления интегралов; содержит возможность автоматического выбора верхнего предела интеграла; завершает работу всей вычислительной схемы. Иллюстративный графический материал построен с помощью компонента TChart объектно-ориентированной среды программирования Borland C++ Builder.

А. В. Хижняк, А. В. Шевяков, С. С. Заплатников
(БА РБ, Минск)

КОРРЕЛЯЦИОННО-ФИЛЬТРОВОЙ АЛГОРИТМ СОПРОВОЖДЕНИЯ ОБЪЕКТОВ

При построении оптико-электронных систем сопровождения широкое распространение получили алгоритмы, основанные на поиске изображения цели в заданной области. Наиболее часто используемым показателем сходства двух изображений (текущего и эталонного) является коэффициент корреляции. При практической реализации алгоритмов сопровождения используют нормированный коэффициент корреляции, значение которого не зависит от уровня освещенности объекта, а зависит только от контраста объекта по сравнению с фоном [1]. Несмотря на универсальность и широкое применение, классические корреляционные функции обладают недостатками. Одним из главных не-

достатком является участие в вычислении нормированного коэффициента корреляции всех элементов изображения – и непосредственно сопровождаемого объекта и фона, на котором происходит сопровождение. В случае нестационарного неравномерного фона это приводит к существенным вариациям коэффициента корреляции и, как следствие срыву сопровождения [2]. Решение этой проблемы основано на использовании различных фильтров. Предлагаемые в зарубежной и отечественной литературе фильтры основаны на вычислении прямого и обратного преобразования Фурье, являющегося сложным в вычислительном отношении. В докладе предложено решение указанной проблемы на основе использования фильтровой обработки в процессе вычисления нормированного коэффициента корреляции. Данный подход обладает невысокой вычислительной сложностью. Основная идея корреляционно-фильтрового алгоритма состоит в последовательном (от кадра к кадру) выделении на изображении элементов отличающихся от среднего значения. Проведенные экспериментальные исследования показали, что предложенный алгоритм позволяет значительно улучшить качество сопровождения объектов, обладающих низким контрастом по сравнению с фоном, а также объектов на нестационарном неравномерном фоне.

Литература

1. Advanced correlation tracking of objects in cluttered imagery / Sebastian Wong // The Proceedings of SPIE: Acquisition, Tracking and Pointing – 2005 – Vol. XIX.
2. Марков Л.Н. Основы автоматического управления радиоэлектронных средств, телевизионно-оптические измерители координат и параметров объектов / Л.Н. Марков // Учебное пособие – 1988 – Гл. 4 – С. 222 – 334.

П. А. Хмарский, С. А. Солонар
(БА РБ, Минск)

ВЛИЯНИЕ ВЫБОРА ТИПА КООРДИНАТНОЙ СИСТЕМЫ И УЧЕТА ВЗАИМНОЙ КОРРЕЛЯЦИИ МОДЕЛЕЙ НАБЛЮДЕНИЯ И ЭКСТРАПОЛЯЦИИ НА ТОЧНОСТЬ ИЗМЕРЕНИЯ ВЕКТОРА СОСТОЯНИЯ ДЛЯ ФИЛЬТРОВ КАЛМАНА

Требования к радиолокационным станциям (РЛС), как к средствам поиска и сопровождения целей, постоянно возрастают. При

определении координат, скорости, характера движения целей применение цифровой обработки радиолокационной информации (ЦОРЛИ) обеспечивает большую точность и надежность, чем методы приема сигнала, основанные на однократном облучении цели. В свою очередь в ЦОРЛИ одним из наиболее значительных способов эффективной процедуры вычисления оценки данных параметров выделяют использование алгоритмов фильтров Калмана (ФК). Большой интерес представляет собой такая разновидность ФК как дискретный ФК при косвенных измерениях.

Реализация алгоритмов для ФК при косвенных измерениях зависит от выбора модели траектории цели и некоторых допущений (полиномиальное представление координат, независимость измеряемых координат цели и др.). Так же оказывает влияние выбор системы координат (СК), обеспечивающей выполнение противоречивых требований по ограничению времени вычислений и поддержанию высокого качества сопровождения.

В соответствии с этим, выделяют следующие модификации дискретного ФК при косвенных измерениях:

- 1). ФК при косвенных измерениях прямоугольных координат;
- 2). ФК при фильтрации полярных координат;
- 3). ФК при независимых наблюдениях прямоугольных координат;
- 4). ФК при фильтрации прямоугольных координат с учетом их взаимной корреляции;
- 5). ФК при фильтрации полярных координат и экстраполяции в прямоугольных координатах.

В ходе проведенных исследований проанализировано качество измерения координат цели в различных фильтрах. Фильтр при косвенных измерениях прямоугольных координат обеспечивает наименьшие абсолютные ошибки местоположения цели по сравнению с другими алгоритмами и особенно в сравнении с ФК в полярной СК. ФК при фильтрации прямоугольных координат с учетом их взаимной корреляции и ФК при фильтрации полярных координат и экстраполяции в прямоугольных координатах имеют схожие характеристики с ФК при косвенной фильтрации. Отказ от взаимной корреляции ведет к потере точности 5 до 15% в зависимости от целевой ситуации.

А. Е. Ходорёнок, И. Л. Ковалева, Е. Я. Строк

(БНТУ, Минск)

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ОПУСКАНИЯ НАВЕСНОГО УСТРОЙСТВА МОБИЛЬНОЙ МАШИНЫ

Для выбора рациональных параметров электрогидравлического регулятора разработана расчетная схема (рис.1) и проведено математическое описание его функционирования в режиме опускания навесного устройства под действием веса рабочего органа.

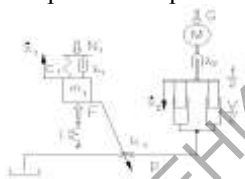


Рисунок 1 – Расчетная схема электрогидравлического регулятора в режиме опускания

Процесс опускания описывается системой дифференциальных уравнений, численно интегрируемых по методу Рунге-Кутты:

$$\left. \begin{aligned} \frac{di}{dt} &= \left(\frac{U}{R} - i \right) \frac{1}{T}; \\ \frac{d^2 x_1}{dt^2} &= \frac{1}{m_1} \left[k_e (i_f + i) - \lambda_1 \frac{dx_1}{dt} - c_1 x_1 - N_1 \right]; \\ \frac{d^2 x_2}{dt^2} &= \frac{G \cdot K - \lambda_2 dx_2 / dt - f \cdot p}{M}; \\ \frac{dp}{dt} &= \frac{E}{V} \left(f \frac{dx_2}{dt} - k_1 \sqrt{p} \right), \end{aligned} \right\}$$

где R, L и i – активное сопротивление, индуктивность и изменение тока в обмотке электромагнита; U – напряжение управления; $T = L/R$ – постоянная времени; i_f – ток форсировки; x_1 и x_2 – перемещения выпускного клапана и штоков гидроцилиндров; k_e, K – коэффициенты передачи; $G = m_2 g$ и $M = m_2 K^2$ – вес и приведенная масса рабочего органа; λ_1 и λ_2 – коэффициенты вязкого трения; c_1 и N_1 – жесткость и усилие поджатия возвратной пружины выпускного клапана; E – модуль упругости; f и V – площадь штоков и объем полостей гидроцилиндров;

$k_1 = \mu \pi d_1 x_1 \sin \frac{\pi}{4} \sqrt{\frac{2}{\rho}}$ – гидравлическая проводимость выпускного кла-

пана; μ – коэффициент расхода; d_1 – диаметр седла выпускного клапана; p и ρ – давление в рабочих полостях гидроцилиндра и плотность рабочей жидкости.

П. С. Чернявский

(БА РБ, Минск)

**ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ АЛГОРИТМОВ
ФОРМИРОВАНИЯ И ОБСЛУЖИВАНИЯ ОЧЕРЕДЕЙ
ПАКЕТОВ В ЦЕНТРАХ КОММУТАЦИИ СЕТИ СВЯЗИ**

Обеспечение своевременности информационного обмена в иерархической структуре абонентов сети связи военного назначения является актуальной и достаточно сложной задачей, особенно в период действий противника на цифровые системы связи Вооружённых сил. В связи с интенсивным ростом числа абонентов и различных приложений также возникает задача обслуживания пакетов различного типа трафика в центрах коммутации сети связи.

В ряде отечественных и зарубежных публикаций излагаются алгоритмы обработки информационных пакетов [2], основанные на теории массового обслуживания. Обоснование использования существующих алгоритмов дисциплин обслуживания влияет на производительность центров коммутации и всю сеть в целом. Для обеспечения своевременного обмена информационными посылками возникает необходимость решения задачи определения приоритетов на множестве многомерных альтернатив или выбора наиболее предпочтительного варианта. Сложность реализации выбора обусловлена в основном многомерностью альтернатив, компоненты которых, как правило, конфликтуют между собой. В качестве альтернатив в центрах коммутации выступают различного рода конкурирующие объекты: сигналы, распоряжения, приказаны, команды.

Возможным подходом к решению указанной задачи является построение приоритетных моделей с динамическим распределением приоритетов с учётом важности передаваемой информации. Этот подход сводится к построению некоторой функции предпочтения для рассматриваемого класса объектов на основе использования принципов идентификации. Значения функции предпочтения дают возможность поста-

вить в соответствие каждому виду сравниваемых объектов единую количественную характеристику. Эта характеристика может быть использована как основа однозначного упорядочивания объектов в соответствии с системой предпочтения лиц, принимающих окончательное решение о выборе.

Литература

1. Куроуз, Д.Ф. Компьютерные сети. Многоуровневая архитектура интернета: пер. с англ. / Куроуз Дж.Ф., Росс К.В. – 2004 – СПб: Питер, 2004. – 310 с.
2. Вегешна, Ш. Качество обслуживания в сетях IP: пер. с англ. / Вегешна, Ш.; под ред. С.Н. Тригуб. – М: Вильямс, 2003. – 163 с.

А. А. Шишко

(ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно)

МОДЕЛИРОВАНИЕ В EXCEL ЗАДАЧИ ОПТИМАЛЬНОЙ ЗАГРУЗКИ ЗАКАЗАМИ ПЕРЕМОТОК В ФОРМЕ ТРАНСПОРТНОЙ ЗАДАЧИ ЛИНЕЙНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ

В данной статье решается задача оптимизации загрузки пяти перемоток пяти типов по критерию максимума общей маржинальной прибыли перемоточного участка предприятия флексопечати. Размерность исследуемого портфеля заказов – 20 (суточная производительность флексотипোগрафии). В качестве неизвестных (управляемых переменных) выбрано число $x_{i,j}$, $i = \overline{1, N}$, – метров i -го заказа, которое целесообразно обработать на j -ой перемотке. Тогда оптимизационная модель записывается следующим образом:

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M m_{i,j} x_{i,j} \rightarrow \max$$

при ограничениях

$$\sum_{j=1}^M x_{i,j} \leq b_i, \quad \sum_{i=1}^N t_{i,j} x_{i,j} \leq a_j, \quad m_{i,j} = p_i - c_{i,j},$$

$$x_{i,j} \geq 0, \quad x_{i,j} - \text{целые}, \quad i = \overline{1, N}, \quad j = \overline{1, M}$$

где $c_{i,j}$ – стоимость перемотки i -го заказа на j -ой перемотке; a_j – ограничения по мощности (в м.п./ч) на j -ой перемотке; b_i – количество м.п., которые по i -ому заказу нужно перемотать, $t_{i,j}$ – трудоемкости обработки i -го заказа на j -ой перемотке, p_i – цена i -ого заказа, $i = \overline{1, N}$, $j = \overline{1, M}$. Задача решена с использованием среды EXCEL. Для решения данной задачи введены данные по нормативам производительности (м.п. (метров погонных) за 1 час) по любому заказу на каждой перемотке, размеры заказов (в м.п.), цены продаж (за м.п.), лимит мощности перемоток (в м.п. в день) и ставки переменных затрат по любому заказу на каждой перемотке (рубл. за м.п.). В результате найдено количество м.п., которое необходимо перемотать на каждой перемотке по каждому заказу, и соответствующая решению максимальная маржинальная прибыль.

А. В. Якубович, А. В. Лубочкин

(ГТУ им. Ф. Скорины, Гомель)

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ РЕГУЛИРОВАНИЯ УПРАВЛЕНИЯМИ МИНИМАЛЬНОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ

На промежутке $t \geq 0$ рассмотрим динамическую систему с управлением

$$\dot{x} = Ax + bu, \quad x(0) = x_0 \quad (x \in R^n, u \in R, \text{rank}(b, Ab, \dots, A^{n-1}b) = n). \quad (1)$$

Будем считать, что доступными являются лишь ограниченные управления:

$$|u(t)| \leq L, \quad t \geq 0, \quad (0 < L < \infty). \quad (2)$$

Обозначим через

$$X_0 = \{x \in R^n : Ax + bu_x = 0, |u_x| \leq L\}$$

множество возможных состояний равновесия системы (1). Пусть заданы число $0 < L < \infty$, вектор $z \in \text{int } X_0$, область $G \subset R^n$ ($z \in G$).

Функция $u = u_z(x)$, $x \in G$, называется ограниченной обратной связью, решающей классическую задачу регулирования для системы (1) в области G , если: 1) $u_z(z) = u_z$; 2) функция $u_z(x)$ удовлетворяет геометрическому ограничению (2): $|u_z(x)| \leq L, x \in G$; 3) замкнутая система

$$\dot{x} = Ax + bu_z(x), \quad x(0) = x_0 \in G, \quad (3)$$

имеет решение $x(t) \in G, t \geq 0$, для всех $x_0 \in G$; 4) состояние равновесия $x(t) \equiv z, t \geq 0$, системы (3) асимптотически устойчиво в G .

При этом с точки зрения практики естественно потребовать, чтобы дополнительно: 5) область притяжения G состояния равновесия Z была достаточно большой; 6) переходные процессы в замкнутой системе (3) были в некотором смысле наилучшими (по отношению к выбранному критерию качества). Поэтому для решения указанной проблемы естественно использовать методы оптимального управления. Здесь с этой целью используется следующая вспомогательная задача оптимального управления

$$B_\theta(y) = \min \rho, \quad \dot{x} = Ax + bu, \quad x(0) = y, \quad x(\theta) = z, \quad (4)$$

$|u(t)| \leq \rho, \quad t \in T = [0, \theta]$ ($0 < \theta < \infty$ — параметр метода).

Пусть G_θ — множество всех состояний y , для которых задача (4) имеет оптимальную программу $u_z^0(t|y)$, $t \in T$. Функция $u_z(y) = u_z^0(0|y)$, $y \in G_\theta$, называется оптимальным стартовым управлением типа обратной связи для задачи (4). Показывается, что стартовая обратная связь обладает свойствами, указанными выше. Обосновывается алгоритм работы регулятора, вырабатывающего реализацию регулирующей обратной связи в режиме реального времени. Алгоритм программно реализован на языке С. Результаты иллюстрируются на примере регулирования динамической системой четвертого порядка.



МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Имитационное моделирование

В. Е. Быховцев

(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИКЛАДНЫХ ЗАДАЧ

Приведены основные положения методологии и технологии исследования прикладных задач

Введение

Всякую конкретную прикладную задачу можно рассматривать как некоторую систему определённой предметной ориентации, что является исходным фактором выбора метода её исследования. Развитие математических методов и технологий позволило подойти к исследованию прикладных задач как систем с некоторых общих позиций.

1 Подходы к исследованию систем

1.1 Основные понятия и определения

В общем случае под системой понимают конечную совокупность элементов и связей между ними и их свойствами, действующую как целостное образование для достижения единой цели.

Согласно этому определению примерами систем могут быть всевозможные агрегаты, машины, здания и т.п., составленные из отдельных деталей и узлов; живые организмы и их сообщества и т.д. Из определения также следует, что в допустимых границах система функционирует как единое образование с учётом внутренних связей между отдельными элементами и внешних связей с другими системами и объектами.

Элементом системы называется некоторый объект (материальный, энергетический, биологический, абстрактный, информационный и

т. д.), обладающий рядом определенных свойств, но внутреннее строение и содержание которого безотносительно к цели рассмотрения. Иначе говоря, природа элемента не оговаривается, т.е. он может быть материальный, энергетический, информационный и др.

Связью называют важный для целей рассмотрения обмен между элементами веществом, энергией, информацией и т. д., то есть связь – это фактор, связывающий элементы и их свойства в системном процессе в единое целое. Связи позволяют посредством переходов по ним от элемента к элементу соединить два любых элемента совокупности.

Свойство есть качество параметров объектов. Они могут изменяться в результате действия системы. Свойства дают возможность описывать объекты системы количественно в единицах системы измерения.

Любая система характеризуется двумя признаками:

- 1) связностью, то есть наличием связи между элементами;
- 2) функцией; суть этого качества в том, что свойства системы отличаются от свойств отдельных элементов.

По своей сути системы подразделяются на естественные и искусственные, физические и абстрактные. Всякая система существует в некоторой окружающей среде, обуславливается ею и имеет свою границу. Для конкретной системы окружающая среда есть совокупность всех объектов, изменение свойств которых влияет на систему, а также тех объектов, свойства которых меняются в результате действия системы. Всякая система может иметь структурное представление, т.е. может быть расчленена на группы элементов с указанием связей между ними. Указанные группы элементов системы, описываются только своими входами и выходами, обладают определенной целостностью и называется *модулями*.

В процессе функционирования системы могут изменяться свойства и характеристики группы элементов, модуля и системы в целом. Зафиксируем все значения характеристик в системе, важных для целей рассмотрения. Такую ситуацию назовем *состоянием системы*. Пусть хотя бы одна такая характеристика изменилась. Это будет новое состояние системы. Аналогично можно рассматривать третье и т.д. состояния, т.е. их набор. Но набор состояний это еще не процесс. *Процессом* будет являться набор состояний системы, соответствующий упорядоченному непрерывному или дискретному изменению некоторого параметра, определяющего характеристики (свойства) системы.

Анализ процесса часто ассоциируется с проблемами реального мира, физическими системами. Цель исследователя состоит в создании мо-

дели изучаемой системы независимо от того, физическая она или абстрактная. Модель может быть строго математической, если специалист выделяет в проблеме количественные свойства. Если проблема по своей природе также и качественна, то модель может быть менее строгой.

1.2 Системный подход

Часто выполнение одних задач системы затрудняет решение других, но в целом основным и единственным критерием оценки функционирования системы должно быть обеспечение максимума её эффективности. Следовательно, свойства системы, как сложного объекта, не обнаруживаются в свойствах её отдельных подсистем. Это значит, что традиционный метод изучения целого путём анализа его частей и последующего объединения (суперпозиции) их свойств непригоден для больших и сложных систем. Решением проблемы становится системный подход, суть которого состоит во взаимосвязанном рассмотрении всех элементов (подсистем) системы. При системном подходе система рассматривается не изолированно, а как подсистема более общей системы (системы более высокого ранга). Основным при системном подходе является определение цели. Для каждой цели должен быть выбран свой надёжный критерий эффективности. Например, для информационных систем это может быть оперативность информации, её полнота, надёжность и прогнозируемость развития процессов, входящих в область интересов системы; для деформируемых систем это может быть удовлетворение принципа стационарности полной энергии системы. Системный подход характеризуется системой принципов. Принципы системного подхода – это некоторые утверждения общего характера, обобщающие опыт человека со сложными системами. Основные принципы следующие:

1. Принцип конечной цели: абсолютный приоритет конечной цели.
2. Принцип единства: совместное рассмотрение системы как целого и как совокупности частей
3. Принцип связности: рассмотрение любой части совместно с ее связями с окружением.
4. Принцип развития: учет изменяемости системы, ее способности к развитию и расширению.
5. Принцип неопределенности: учет неопределенностей и случайностей в системе.

Системный подход при исследовании различных систем, явлений,

объектов позволяет с единых позиций строить общую методологию исследования указанных систем и процессов независимо от их природы.

Эта методология, как и любая другая, содержит определенные этапы.

Этап 1. Определение системы.

1. Определение исследуемой функции системы.
2. Определение области существования системы вместе с ее границей.
3. Определение краевых условий.
4. Декомпозиция системы вплоть до простых элементов.
5. Определение свойств элементов системы и модулей.

Этап 2. Построение математической модели.

Этап 3. Исследование поведения системы при различных входных воздействиях.

2 Математическое моделирование

Если система определена и возможно описание ее функции с помощью логики математических предложений, то поведение системы исследуют математическими средствами, средствами вычислительной техники. При этом реальной системе должен быть поставлен в соответствие некоторый абстрактный её образ, называемый математической моделью, адекватно отражающий основные закономерности и особенности оригинала. Основной особенностью математических моделей является их вариативность, т.е. возможность одним знаковым описанием кодировать большое количество конкретных вариантов поведения системы, что даёт возможность достаточно объёмного их исследования. При построении математических моделей систем необходимо учитывать следующие основные требования: адекватность, универсальность, точность и экономичность.

Основное назначение математического моделирования – возможность сделать выводы о поведении реальной системы в пространстве и времени.

Всякая реальная система или объект всегда имеют определенные связи с внешней средой, которая налагает свои условия на их существование и функционирование. Все эти и другие качества в математической модели должны иметь своё отображение, а это значит, что математическая модель может иметь свою структурную схему [1]. В общем случае эта структурная схема может быть представлена следующим образом:

1. Математическая модель среды существования системы,
2. Математическая модель состояния среды системы или объекта,

3. Условия связи системы с внешней средой,
4. Математическая модель основной функции системы.

Математическое наполнение элементов этой структуры зависит от класса моделируемых задач и даже от особенностей задач одного класса. *Предлагаемая структурная схема является общим эффективным алгоритмом построения математических моделей систем.*

Математические модели систем, чаще всего, представляют классы краевых задач математической физики. Методы их исследования могут быть точные и приближенные. Численные методы отличаются наибольшей универсальностью, наиболее часто употребляется метод конечных элементов.

3 Технология компьютерного объектно-ориентированного моделирования систем

Компьютерное объектно-ориентированное моделирование физических систем в своей основе содержит понятие объекта системы, его свойств и связей; выполняется в соответствии с принципами системного подхода, используя методы математического и геометрического моделирования, методы визуального объектно-ориентированного программирования и методы вычислительного эксперимента.

При компьютерном объектно-ориентированном моделировании реальной физической системе ставится в соответствие её виртуальная физическая модель, которая строится на экране монитора и отображает структуру исходной системы, при этом происходит решение ряда позиционных и метрических задач. Виртуальная физическая модель состоит из виртуальных объектов, наследующих выделенные свойства, связи, назначение и привязку соответствующих объектов реальной системы. Поэтому исследование реальной системы является начальным этапом разработки проекта работ по созданию системы компьютерного объектно-ориентированного моделирования физических систем, объектов и процессов. Исследование физической системы производится в соответствии с принципами системного подхода и содержит требование исследования системы во «времени» и «пространстве». На рис.1 представлена технологическая схема детального проекта системы компьютерного объектно-ориентированного моделирования физических систем.

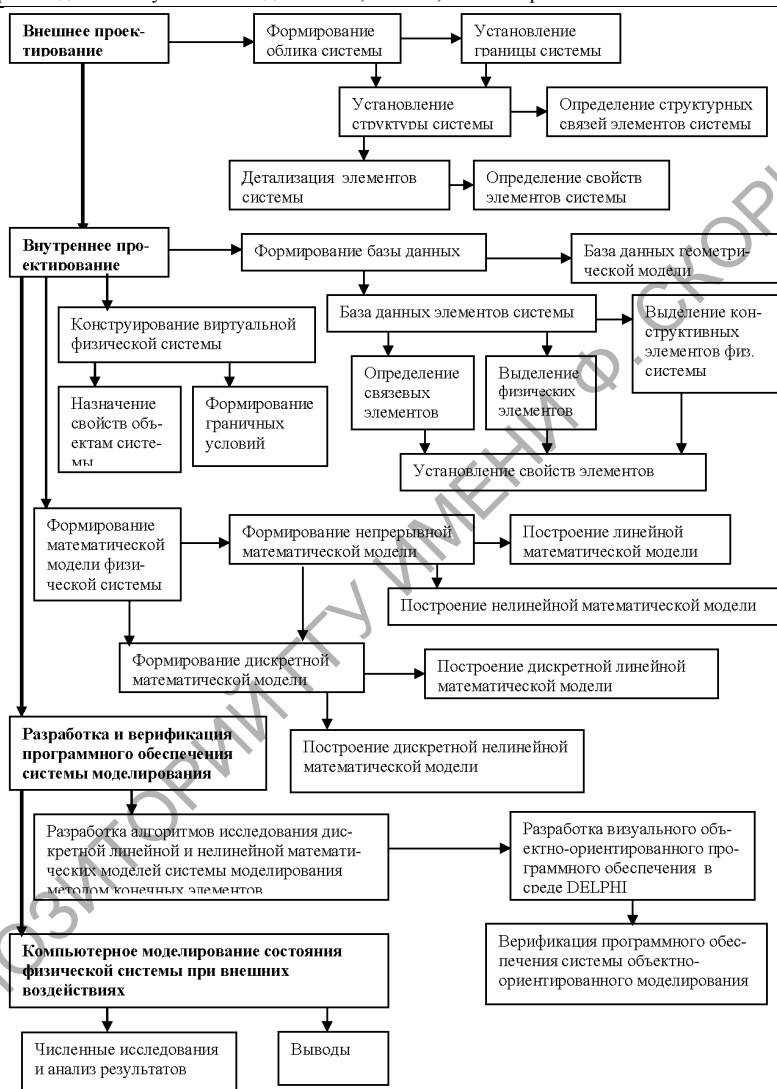


Рисунок 1 – Технологическая схема компьютерного объектно-ориентированного моделирования физической системы

Для конкретизации приведенных основных положений методики компьютерного объектно-ориентированного моделирования рассмотрим конкретную задачу механики грунтов: определить осадку и экономическую эффективность большеразмерного фундамента из коробчатых плит на однородном нелинейно-деформируемом грунтовом основании. Модуль деформации и коэффициент Пуассона для фундамента $E=360000\text{ МПа}$ (360000 кг/см^2), $\mu=0,02$; для грунта $E=36\text{ МПа}$ (360 кг/см^2), $\mu=0,2$.

Для большеразмерной фундаментной плиты продольные перемещения грунта, в силу геометрических размеров плиты, можно принять нулевыми. Эти обстоятельства позволяют решение поставленной пространственной задачи свести к решению соответствующей плоской задачи. Технология компьютерного моделирования показана на примере модельной задачи и представлена на рисунке 2. Поскольку исследуется эффективность фундаментов из большеразмерных коробчатых плит, то базовой задачей для сравнительного анализа принят сплошной плитный фундамент, имеющий внешние геометрические и физико-механические характеристики аналогичные исследуемому типу фундамента. Материалоёмкость базового и исследуемого типов фундамента будет различной, что и определит эффективность фундаментов из коробчатых плит.

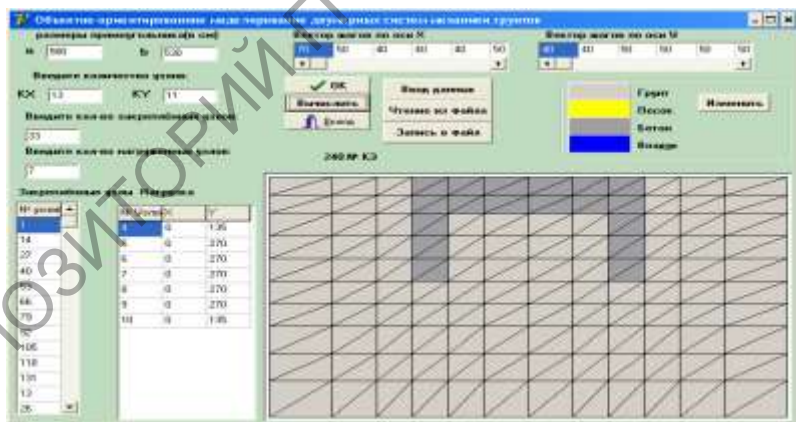


Рисунок 2 – Коробчатый фундамент и дискретизация расчётной области

Модельная задача (Плитный коробчатый фундамент)

Исходные данные: векторы шагов дискретизации

$h_x = \{70, 50, 40, 40, 40, 50, 50, 40, 40, 40, 50, 70\};$ $h_y = \{40, 40, 50, 50, 50, 50, 60, 60, 80\};$

$E_{гр} = 36 \text{ МПа}$, $\mu_{гр} = 0.2$, $E_{пл} = 36000 \text{ МПа}$, $\mu_{пл} = 0.02$, $P = 16.2 \text{ кН (1620 кгс)}$;

расчётная область: – 580 x 530 см.; плита – 260 x 230 см.; полость – 180 x 150 см.

Необходимо исследовать эффективность коробчатого фундамента.

Поставленная задача решалась при условии линейного и нелинейного деформирования грунтового основания. По значению перемещений в центральных узлах структуры коробчатого фундамента можно определить степень уплотнения грунта в полости коробчатой плиты. Для внутренних узлов сплошного и коробчатого плитных фундаментов характерны незначительные горизонтальные перемещения. Сплошной плитный фундамент перемещается как твёрдое тело, при заданных условиях его осадка составила 1,64 см. При тех же исходных условиях осадка коробчатого плитного фундамента 1,7 см. Это увеличение осадки произошло за счёт уплотнения грунта внутри полости коробчатого фундамента, в верхней части полости уплотнение несколько большее, чем уплотнение в нижней части.

Таблица – Осадки сплошных и коробчатых фундаментных плит (см.)

$h_{пл}$	230	180	130	80
$h_{п}$	150	100	50	0
$S_{пл}^л$	1,64	1,9	2,2	2,6
$S_{пл}^н$	2,62	3,2	3,9	4,8
$S_{пк}^л$	1,7	1,96	2,25	–
$S_{пк}^н$	2,75	3,3	4,0	–
$C_{\%}$	45	38,5	26,6	–

$h_{пл}$ – толщина сплошной фундаментной плиты,

$h_{п}$ – высота полости коробчатой фундаментной плиты,

$S_{пл}^л$, $S_{пл}^н$ – осадки сплошной фундаментной плиты при линейном и нелинейном деформировании основания,

$S_{пк}^л$, $S_{пк}^н$ – осадки коробчатой фундаментной плиты при линейном и нелинейном деформировании основания,

$C_{\%}$ – экономическая эффективность коробчатой фундаментной плиты

Анализ результатов

Для исследования экономической эффективности коробчатой фундаментной плиты было смоделировано несколько вариантов поставленной задачи, отличающихся только размерами поперечного сечения плиты. В целом при размерах поперечного сечения плиты 260*230см. несущая способность коробчатого плитного фундамента уменьшилась на 3,6% при упругом деформировании и на 4,6% при неупругом деформировании грунтового основания. Эти данные говорят о сопоставимой несущей способности рассматриваемых типов фундаментов. Значение осадок при различных размерах поперечного сечения сплошной и коробчатой плит приведены в таблице. Экономический эффект будет определяться размерами полости коробчатого плитного фундамента и может быть значительным, что показано в таблице.

Аналогичным образом могут быть исследованы многие другие системы механики грунтов и строительной механики.

Литература

1 Быховцев, В. Е. Компьютерное объектно-ориентированное моделирование нелинейных систем деформируемых твёрдых тел / В. Е. Быховцев. – Гомель: УО «ГГУ им. Ф. Скорины», 2007. – 219с.

2 Журавков, М. А. Математическое моделирование деформационных процессов в твёрдых деформируемых средах / М. А. Журавков – Мн.: БГУ, 2002. – 456с.

3 Цытович, Н. А. Механика грунтов / Н. А. Цытович – М: Стройиздат, 1963. – 542с.

Н. В. Бекиш

(ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно)

ОБ ОДНОМ МЕТОДЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ НМ-СЕТЕЙ С ПРИОРИТЕТНЫМИ ЗАЯВКАМИ

Достаточно широко распространенным классом математических моделей являются имитационные модели. Такие модели реализуются с помощью компьютерных программ, в которых воспроизводятся события, происходящие в реальной системе. Самым распространенным видом имитационного моделирования является дискретно-событийное моделирование (моделирование системы в дискретные моменты времени).

Рассматривается замкнутая НМ (Howard-Matalytski) – сеть массового обслуживания, состоящая из n систем обслуживания (СМО) $S_1, S_2, \dots, S_n$. Заявка при переходе из одной СМО в другую приносит последней системе некоторый доход и соответственно доход первой системы уменьшается на эту величину. В сети циркулируют K_1 заявок первого типа и K_2 заявок второго типа, причем заявки не могут менять свой тип. Заявки первого типа имеют абсолютный приоритет по отношению к заявкам второго типа.

При имитационном моделировании НМ-сетей с приоритетными заявками применен метод дискретно-событийного моделирования. В основе его лежит использование объектов двух типов: 1) процессы (активного типа), 2) ресурсы (неактивного типа). К процессам можно отнести заявки, обслуживаемые в сети, к ресурсам – различные СМО сети. Каждый ресурс обладает набором определенных свойств, таких как число линий обслуживания в СМО, закон распределения времен обслуживания заявок в каждой линии и другие. Для каждого процесса задается приоритет. В рассмотрение также вводятся генераторы доходов.

Поскольку процессы являются активными объектами, они могут «захватывать» ресурсы, когда те свободны, «удерживать» их в течение некоторого времени, или становиться в очередь к ресурсам, что равносильно обслуживанию заявок в СМО. После захвата и удержания одного ресурса, процесс переходит к другому ресурсу, согласно матрице вероятностей переходов. В течении перехода от одного ресурса к другому некоторый определенный доход переходит от ресурса-источника к ресурсу-получателю. Эта величина определяется генератором, который сопоставлен ресурсу, участвующему в переходе.

При описанном имитационном моделировании был использован пакет SimPy (Simulation in Python) – открытая программная библиотека для имитационного моделирования различных процессов с дискретными событиями, написанная на языке программирования Python.

А. А. Беликов

(БА РБ, Минск)

ОЦЕНКА РАБОТОСПОСОБНОСТИ МЕТОДОМ ИНТЕГРАЛЬНОГО КОНТРОЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

Развитие техники в целом увеличивает конструктивную сложность и стоимость радиоэлектронных средств (РЭС), что требует си-

стематического совершенствования методов и средств технического обслуживания в процессе эксплуатации. Одним из наиболее важных технических вопросов эксплуатации по техническому состоянию является контроль состояния изделия – оценка его качества в любой момент текущего времени. Контроль изделия может быть различной глубины, начиная с внешнего осмотра и заканчивая точным измерением параметров. В последнем случае необходимо использование специальной аппаратуры контроля.

По результатам контроля приводятся или, наоборот, не приводятся в действие материальные средства, нередко связанные с сохранением здоровья и жизни людей. Неправильная оценка качества изделия – это выпуск брака или браковка доброкачественной продукции, допуск к полету неисправного пассажирского самолета или отключение исправной сети электроснабжения, наконец, это неуверенность людей в работе. Поэтому основным свойством контрольной аппаратуры является ее достоверность. С хорошей достоверностью сейчас контролируются простые изделия или отдельные компоненты: механические детали, приборы, микросхемы и т. д. При попытке оценить качество сложного изделия появляются трудности принципиального характера:

- изделие со многими параметрами на краю допуска фактически имеет низкое качество, хотя все его параметры находятся в допуске и формально оно оценивается годным к эксплуатации;

- изделие с одним-двумя параметрами, незначительно вышедшими за допуск, вполне работоспособно, хотя оно оценивается негодным.

Причиной этого является грубая аппроксимация реальной зависимости работоспособности детали от величины ее параметра.

Решением возникшей проблемы является оценка работоспособности методом интегрального контроля изделия по реальным зависимостям работоспособности от оцениваемого параметра. При интегральном контроле сложного изделия сначала измеряются текущие значения параметров отдельных устройств, не связывая их с какими-либо допусками. А только после этого определяется величина располагаемой надежности всего изделия.

Литература

1 Зверев Г.Я. Оценка надежности изделия в процессе эксплуатации / Г. Я. Зверев. – М.: URSS, 2010. – 96 с.

2 Гамм А. З. Оценивание состояния в электроэнергетике / А. З. Гамм. – М.:Издательство «Наука», 1983. – 304 с.

О. В. Блажевич, С. Ф. Маслович
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)
**СЛУЖБЫ НАДЁЖНОЙ ГРУППОВОЙ
РАССЫЛКИ СООБЩЕНИЙ**

Надежные службы групповой рассылки также имеют важное значение. Подобные службы гарантируют, что сообщения будут доставлены всем процессам в группе.

Для масштабируемости групповой рассылки сообщений в очень больших группах получателей, необходимо применить иерархический подход. К примеру, рассылкой сообщений в большой группе занимается один отправитель. Группа получателей разбита на множество подгрупп, которые организованы в виде дерева. Подгруппа, содержащая отправителя, образует корень дерева. Внутри каждой из подгрупп может использоваться любая схема групповой рассылки, подходящая для малой группы.

В каждой подгруппе определяется локальный координатор, который отвечает за обработку запросов на повторную передачу, отправляемых получателями, входящими в эту подгруппу. Локальный координатор поддерживает для этой цели собственный буфер истории. Если сам координатор пропускает сообщение, он запрашивает повторную рассылку этого сообщения у координатора родительской подгруппы. В схеме с подтверждениями локальный координатор, приняв сообщение, посылает подтверждение своему родителю. Если координатор получил подтверждения приема сообщения от всех членов своей подгруппы, а так-же от всех их потомков, он может удалить его из своего буфера истории.

Основная проблема в иерархическом подходе — построение дерева. Во многих случаях дерево должно строиться динамически. Один из способов сделать это — использовать дерево групповой рассылки базовой сети, если оно существует. В принципе для этого достаточно расширить задачу маршрутизаторов групповой рассылки сетевого уровня таким образом, чтобы они могли выполнять функции локальных координаторов.

Мы можем заключить, что построение надежных схем групповой рассылки, которые можно было бы масштабировать на варианты систем

с большим числом получателей, распределенных по глобальной сети, представляет собой сложную проблему. Не существует какого-либо наилучшего решения, а каждое из существующих порождает новые проблемы. Таким образом, в этой области предстоит еще немало работы.

Литература

1. Таненбаум, Э. Распределенные системы. Принципы и парадигмы. [Текст]: науч. изд./ Э. Танненбаум, М. ван Стеен, СПб: Питер, 2003. — 887с.

М. И. Бобылев, А. Н. Сушевич
(БрГТУ, Брест)

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ ТРАНСПОРТИРОВКИ МОЛОКА

В работе рассматриваются два варианта доставки молока на заводы:

- доставка молока на заводы осуществляется транспортом сельскохозяйственного предприятия;
- вывоз молока осуществляется централизованно автомобильным транспортом молокозавода.

Постановка задачи при варианте 1

Рассмотрим множество предприятий по производству молочного сырья, которые расположены в различных территориальных зонах. Там же должен размещаться ряд предприятий по переработке молока и производству молочных продуктов.

Объем производства продукции в каждом предприятии составляет P_j , где $j \in J$ – индекс производителя, $J=(1 \dots N)$. Объем потребления исходного сырья составляет Q_i , где $i \in I$ – индекс предприятия по переработке молока, $I=(1 \dots M)$. Необходимо составить такой план перевозок, при котором весь продукт от поставщика вывозится полностью, а потребители получают его в соответствии с возможностями производственных мощностей, причем общая величина транспортных издержек должна быть минимальной.

Исходя из технологических требований, все молоко, произведенное в сельскохозяйственном предприятии в течение суток, должно быть вывезено за один рейс одной, либо несколькими специализированными цистернами.

Постановка задачи при варианте 2. В данном варианте рассмотрим случай централизованного вывоза молочного сырья с использованием

только автомобильного транспорта перерабатывающего предприятия. В модели также присутствует полный типоразмерный ряд специализированных автомашин.

Алгоритм решения подобных задач состоит из нескольких последовательных этапов, поскольку результатом вычисления должен выступить маршрут транспортировки молочного сырья каждой из имеющихся на молокозаводе машин. Расчет выполняется индивидуально для каждого перерабатывающего завода.

Приблизительные расчеты на примерах условных сырьевых зон свидетельствуют, что затраты на транспортировку продукции при централизации вывоза молока автотранспортом перерабатывающего предприятия могут быть снижены на 10-25% по отношению к первому варианту.

М. В. Борисенко

(БелГУТ, Гомель)

ВОЗМОЖНОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ И АНАЛИЗА СОСТОЯНИЯ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО СРЕДСТВА «СПАС»

Моделирование гемодинамики позволяет получать качественные и количественные характеристики течения крови в норме и при патологии, выявлять закономерности функционирования сердечно-сосудистой системы и ее адаптации к физическим и психоэмоциональным нагрузкам, а также оценить эффективность терапевтических и хирургических методов лечения заболеваний.

Процесс кровообращения зависит от большого числа факторов и является трудно формализуемой предметной областью. Относительно простые нульмерные (0-D) модели предполагают усреднение параметров в области моделирования и при корректном использовании пригодны для приближенного математического описания гемодинамики всей системы кровообращения при малых затратах времени и вычислительных ресурсов.

В докладе показаны возможности 0-D описания артериальной гемодинамики, основанного на прикладной гидродинамической теории с учетом кислородного баланса [1] и принципа саморегуляции проницаемости сосудистой сети [2]. Даны примеры практического использова-

ния программно-аппаратного средства «СПАС» для биомеханической диагностики сердечно-сосудистой системы, а именно, выявления кардиопатий и временных функциональных нарушений гемодинамики при определении профпригодности и трудоспособности в условиях массового обследования (скрининга) населения, оптимизации лечебных процедур и режима спортивных тренировок.

Исходными данными моделирования являются антропометрические данные; результаты расширенной осциллометрии в покое, после нагрузочной пробы и периода релаксации; статистические данные ранее проведенных диагностических исследований. Описаны процедуры минимизации невязок значений целевых и контролируемых параметров, формирования базы данных с табличным и графическим отображением результатов обследований, их статистической обработки и «самообучения» модели.

Литература

1. Шилько С.В., Кузьминский Ю.Г., Борисенко М.В. Математическая модель и программная реализация мониторинга сердечно-сосудистой системы // Проблемы физики, математики и техники. – ГГУ. – 2011. №3. – С.104–112.
2. Shilko S.V. A self-regulation model of blood circulation at active mechanical behavior of vessels // Russian Journal of Biomechanics.– 2000.– Vol. 4, № 1.– P. 43–48.

Е. М. Борчик, В. В. Башаримов

(Белорусско-Российский университет, Могилев)

О ЗАДАЧЕ СНИЖЕНИЯ РАЗМЕРНОСТИ ДАННЫХ ПРИ КЛАСТЕРИЗАЦИИ МЕТОДОМ FUZZY RELATION CLUSTERING

Пусть в ходе имитационных экспериментов получено множество данных $X = \{x_i | i = 1, \dots, m\} \subset R^n$, $m \geq 3$, элементы которого необходимо разделить на непересекающиеся подмножества (кластеры); $d : X \rightarrow R$ – евклидова метрика.

Метод кластеризации Fuzzy Relation Clustering (FRC) не накладыва-

вают ограничения на геометрическую форму кластеров, но обладает значительной трудоемкостью $O(m^4)$ от числа элементов.

Предлагается подход к кластеризации больших объёмов данных посредством применения FRC к выделенным специальным образом подмножествам множества X меньшей размерности с последующим объединением частей кластеров по их ближайшим элементам.

Шаг 1. Построение для $x_i \in X$ матрицы расстояний $D = \|d_{ij}\|_{m \times m}$.

Шаг 2. Построение матрицы, определяющей меру сходства элементов:

$$D' = \|\xi_{ij}\|_{m \times m}, \quad \xi_{ij} = 1 - d_{ij} / \max\{d_{ik} | k = 1, \dots, m\}, \quad \xi_{ij} \in [0, 1] \quad (1)$$

Шаг 3. Выделение из (1) матриц D'_{M_l} меньшей размерности по сравнению с D' , $\sum_{l=0}^L |M_l| = m$, $|M_l| < m$, $|M_0| = 0$:

$$D'_{M_{l+1}} = \|\xi'_{ij}\|_{|M_{l+1}| \times |M_{l+1}|}, \quad \xi'_{ij} = \xi_{[|M_l|+i][|M_l|+j]} \in D', \quad i, j = 1, \dots, |M_{l+1}|, \quad l = 0, \dots, L-1. \quad (2)$$

Шаг 4. Построение матриц, определяющих меру сходства любых двух элементов подмножества $M_l \subset X$, $l = 0, \dots, L-1$ относительно всех элементов данного подмножества соответственно:

$$D''_{M_{l+1}} = \|\mu_{ij}\|_{|M_{l+1}| \times |M_{l+1}|}, \quad \mu_{ij} = \min\{1 - |\xi'_{ki} - \xi'_{kj}| \mid \xi'_{ki}, \xi'_{kj} \in D'_{M_{l+1}}, k = 1, \dots, |M_{l+1}|\}. \quad (3)$$

Шаг 5. Расчёт значений $\mu_{ij}^{(k)} \in D'''_{M_{l+1}}$, $k = 1, \dots, |M_{l+1}|$, $l = 0, \dots, L-1$:

$$D'''_{M_{l+1}} = \|\mu_{ij}^{(k)}\|_{|M_{l+1}| \times |M_{l+1}|}, \quad \mu_{ij}^{(1)} = \mu_{ij},$$

$$\mu_{ij}^{(k)} = \max\{\min\{\mu_{is}^{(k-1)}, \mu_{sj}^{(k-1)}\} \mid s = 1, \dots, |M_{l+1}|\}.$$

Шаг 6. Разделение элементов $(x_{[|M_l|+i]}, x_{[|M_l|+j]}) \in X$ на кластеры $\{K_r^{M_{l+1}}\}$, $r = 1, \dots, |K_r^{M_{l+1}}|$ для заданного $\alpha \in [0, 1]$ проводится по правилу: элементы входят в один кластер тогда, когда $\mu_{ij}^{(|M_{l+1}|)} \geq \alpha$, $\mu_{ij}^{(|M_{l+1}|)} \in D'''_{M_{l+1}}$, $l = 0, \dots, L-1$.

Шаг 7. Объединение двух кластеров $K_{r1}^{M_l}$, $K_{r2}^{M_l}$ проводится в результате выполнения шагов 1, 2, 4–6 для ближайших элементов кластеров $x_{i0} \in K_{r1}^{M_l}$, $x_{j0} \in K_{r2}^{M_l}$ и, в силу специфики (1), элементов $x_{i*} \in X$, $x_{j*} \in X$ максимально удалённых от x_{i0} , x_{j0} , соответственно.

А. А. Бысов
(БА РБ, Минск)

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ VOIP-СЕТИ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ ДЛЯ СИМУЛЯТОРА NETWORK SIMULATOR 2

В данной работе смоделирована сеть связи VoIP с топологией учитывающей особенности построения сетей связи военного (специального) назначения (строгая иерархичность уровней сети, дополнительные меры для обеспечения живучести сети, превалирование голосового трафика).

Узлы VoIP-сети разделены на оконечные узлы (источники и приемники трафика – SIP-терминалы, ПЭВМ) и узлы коммутации (устройства обработки и распределения трафика – коммутаторы Ethernet, маршрутизаторы). VoIP-сеть состоит из $S = 132$ узлов, из которых N_i , $i = 0, 22$ – маршрутизаторы различного уровня, представляющие собой системы массового обслуживания, L_k , $k = 0, 22$ – коммутаторы различного уровня, представляющие собой коммутаторы групп, VoIP-терминалы, ПЭВМ.

В имитационной модели сети для генерации потока пакетов используются два типа источников трафика – VoIP (основной, исследуемый тип трафика для SIP-терминалов), FTP (дополнительный, для ПЭВМ). FTP трафик не является основным, он обеспечивает дополнительную нагрузку, так как формирует постоянный неинтерактивный поток.

В качестве моделирующего алгоритма в работе использован стохастический, асинхронный, циклический алгоритм по принципу Δt [1]. Показателями эффективности имитационной модели являются: пороговые значения оп-периодов – минимальное $T_{min} = 10$ мс, максимальное $T_{max} = 2$ с [2], максимальное значение суммарной задержки для пакета [3], пороговые значения числа потерянных пакетов $N_{mini} = 5\%$, $N_{maxi} = 15\%$ [3], значение параметра Херста $H_i = 0.7 - 0.8$. Выходные параметры модели носят вероятностную аппроксимацию – значения выходных параметров определяются на основе обработки статистических данных вероятностными методами.

В качестве программного симулятора использовался пакет ns-2 (network simulator v.2.27) [3]. Статистическая обработка данных позволила оценить коэффициент Херста методами R/S статистик и периодограммным, значение коэффициента находится в пределах 0.73–0.77, что свидетельствует о наличии свойств самоподобия VoIP-трафика.

Литература

1. Заборовский, В.С. Исследование процессов в компьютерных сетях / В.С. Заборовский, В.А. Мулюха, Ю.Е. Подгурский. – СПб.: СПбГПУ, 2009. – 204 с.
2. Biernacki, A. Statistical analysis of VoIP streams / A. Biernacki // 7th Conference Internet – Wroclaw. – 2005.
3. Fall, K. The ns manual (formerly ns notes and documentation) / K. Fall, K. Varadhan. – UC Berkeley, 2010. – 431 с.

Д. И. Вашкевич, В. В. Напрасников

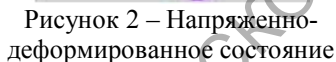
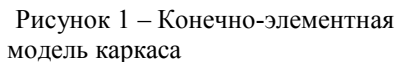
(БНТУ, Минск)

ПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ КАРКАСА ИНФОРМАЦИОННОГО ЭКРАНА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ НА ОСНОВЕ КОМАНДНОГО ФАЙЛА ANSYS

Согласно требованиям конструкция каркаса информационного экрана должна удовлетворять условиям прочности при воздействии на нее нагрузок со стороны оборудования, собственного веса, ветровых нагрузок и сейсмических воздействий.

В работе рассмотрено построение параметрической модели массивного основания, каркасной части и обрешетки на ней, с целью выявления варианта с минимальным объемом конструкции при варьировании толщин стоек основания и минимизации эквивалентного напряжения, возникающим под действием внешних нагрузок. Модель позволяет выполнять расчеты, изменяя геометрические параметры и характеристики материала, из которых она изготовлена, а также провести оптимизацию для снижения материалоемкости при сохранении ее прочности и устойчивости. На следующих рисунках представлены конечно-элементная модель каркаса (рис.1) и ее напряженно-деформированное состояние (рис. 2).

Объем основания конструкции удалось снизить на 95% по отношению к начальному, а напряжения по Мизесу на 43% при сохранении надежности. При выполнении моделирования использовалась лицензионная учебная версия комплекса, предоставленная компанией ANSYS.



Для внедрения прогрессивных и высокопроизводительных методов штамповки необходимо знать точное время нагрева, а следовательно, теплофизические свойства нагреваемых материалов и температуру в печи, определить поля скоростей при нагреве и величину коэффициента теплоотдачи α . Значение этих параметров позволит определить величину угара металла и тем самым предложить размеры припусков и допусков на заготовке.

С этих позиций была проведена оценка коэффициентов a, λ, c, α как металла, так и окалина, которая показала, что с учетом процесса окиснообразования весь период нагрева двухслойного тела (металл-окалина) до температуры 1200°C можно разбить на три ступени: $900 \dots 1000^{\circ}\text{C}$; $1000 \dots 1100^{\circ}\text{C}$; $1100 \dots 1200^{\circ}\text{C}$. Расчет же до температуры 900°C можно вести как для однослойного тела широко известной зависимости $\Theta = f[Sk(Bi, F_0)]$.

Процесс описывается краевой задачей с дифференциальным уравнением

$$c_p \frac{\partial T}{\partial \tau} = \text{div}(\lambda \text{ grad } T) \quad (1)$$

при граничных условиях

$$\lambda \left(\frac{\partial T}{\partial n} \right)_{\text{ПОР}} + \alpha (T_{\text{ПОР}} - T_{\text{cp}}) = 0 \quad (2)$$

$$T_{\text{Ок}|Г} = T_{\text{Ме}|Г} \quad (3)$$

и начальном условии

$$T(x, 0) = T_0, \quad (4)$$

где n – направление нормали к поверхности; $T_{\text{ПОВ}}$ – температура поверхности заготовки; $T_{\text{ср}}$ – температура среды; $T_{\text{Ок}|Г}$ – температура пограничного с металлом слоя окалины; $T_{\text{Ме}|Г}$ – температура пограничного с окалиной слоя металла; $T(x, 0)$ – распределение температуры по толщине заготовки в начальный момент времени.

Функция $T(x, 0)$ для каждой ступени нагрева выбиралась различной. Для диапазона температур 900...1000 °С – как распределение температур в сплошном неограниченном цилиндре при нагреве по линейному закону от 20 до 900 °С и скорости нагрева 50 °С/ч; при температурах 1000...1100 °С – как решение задачи (1)–(4) для двухслойного тела в предыдущем диапазоне и т.д. В расчетах принималось, что рост слоя оксидов наблюдается только на внешней поверхности заготовки толщиной 0,05 м.

М. Н. Воронцов
(БНТУ, Минск)

ПРИМЕНЕНИЕ КВАЗИШУМОВЫХ ЗОНДИРУЮЩИХ СИГНАЛОВ В РАДИОЛОКАТОРАХ ПОВЫШЕННОЙ СКРЫТНОСТИ

В последнее десятилетие за рубежом активно развивается новое направление в радиолокации – LPI-радары (LPI – low probability of intercept) [1]. В таких радиолокационных станциях (РЛС) используются зондирующие сигналы (ЗС) с низкой вероятностью перехвата; реализуется принцип «видеть, оставаясь невидимым». К ЗС с минимальной вероятностью перехвата (по В.А. Котельникову) относятся шумовые (квазишумовые) сигналы с априори неизвестной структурой [2].

В докладе предлагается и анализируется структура РЛС повышенной скрытности с ЗС в виде последовательности квазишумовых взаимно ортогональных сигналов. Проводиться расчет зоны действия данной РЛС. Оценивается дальность радиотехнической разведки (РТР) РЛС современными средствами РТР с различными техническими воз-

возможностями. Вводится относительная дальность РТР. На основании относительной дальности РТР анализируются потенциальные возможности обеспечения скрытности радиолокационного наблюдения РЛС от несанкционированного приема. Вводятся предложения по снижению относительной дальности РТР. На основании относительной дальности разведки оценивается выигрыш при переходе к ЗС с квазишумовым законом модуляции.

Литература

6. Pace E. Detecting and Classifying Low Probability of Intercept Radar. ARTECH HOUSE, 2009.

7. Котельников В.А. Сигналы с минимальной и максимальной вероятностями обнаружения. Радиотехника и электроника № 3, 1959 г. с. 354 – 358.

8. Радиоэлектронные системы. Основы построения и теория. Справочник, изд. 2-е / Под ред. Я.Д. Ширмана. – М: Радиотехника, 2007.

9. Lukin K.A. Noise Radar Technology: the Principles and Short Overview.– Applied Radio electronics.– Kharkov: IASARE, 2005.

10. Гантмахер В.Е., Быстров Н.Е., Чеботарев Д.В. Шумоподобные сигналы. Анализ, синтез, обработка. Санк-Петербург: Наука и Техника, 2005.

И. П. Германович, С. В. Акулич

(БА РБ, Минск)

ПОДХОД К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧИ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕРОПРИЯТИЙ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ СРЕДСТВАМ РАДИОЛОКАЦИОННОЙ РАЗВЕДКИ КОСМИЧЕСКОГО БАЗИРОВАНИЯ

Применение космических систем значительно увеличивает эффективность использования уже существующего военного потенциала государства. Так, космические системы разведки обеспечивают повышение точности целеуказания на 30–50 % и увеличение количества раскрытых объектов противника на 20–30 % и более [1].

В настоящее время наблюдается тенденция к увеличению числа запусков космических аппаратов радиолокационной разведки, причем их возможности по обнаружению объектов постоянно улучшаются.

Это приводит к необходимости повышения эффективности проведения мероприятий противодействия средствам разведки космического базирования и обеспечения скрытности местоположения и деятельности своих войск. В связи с этим актуальной является задача предварительной оценки эффективности этих мероприятий.

Показателями эффективности проведения мероприятий противодействия являются:

вероятность необнаружения объектов обороны:

$$P_{\text{необн}} = F_1(P_{\text{обн}}, t_{\text{обн}}); \quad (1)$$

время на проведение мероприятий противодействия:

$$T_{\text{МП}} = F_2(t_{\text{ПР}}, t_i); \quad (2)$$

затраты на проведение мероприятий противодействия:

$$C_{\text{МП}} = F_3(c_i, T_{\text{МП}}), \quad (3)$$

где F_1 , F_2 , F_3 – некоторые функционалы; $P_{\text{обн}}$ – вероятность обнаружения; $t_{\text{обн}}$ – время обнаружения; $t_{\text{ПР}}$ – время принятия решения; t_i – время на проведение i -го мероприятия противодействия; c_i – затраты на проведение i -го мероприятия противодействия.

Повышения эффективности мероприятий можно добиться максимизацией показателя (1) и минимизацией показателей (2) и (3). Таким образом, задача оценки эффективности мероприятий противодействия является многокритериальной.

Предлагаемый подход позволит выделить (максимально сузить) область поиска решения и предоставить лицу, принимающему решение, перечень эффективных решений данной задачи, среди которых оно выберет оптимальное.

Литература

1. Применение военно-космических средств – требование современности. // Аналитика [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://topwar.ru/technology>. – Дата доступа: 29.06.2011.

К. Ю. Гончаров, Ю. В. Жердецкий, Е. И. Сукач
(ГТУ им. Ф.Скорины, Гомель)

ОБ ОДНОМ ПОДХОДЕ К ОЦЕНКЕ ВЕРОЯТНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ПОТОКОВОЙ СИСТЕМЫ

Объектом исследования являются потоковые системы, примерами которых служат производственные, вычислительные и транспортные системы, имеющие ряд особенностей. Эксплуатация потоковых систем предполагает, как правило, различные варианты организации выполнения предписанных им функций. Выбор лучшего варианта функционирования системы в смысле исследуемого свойства должен основываться на математически обоснованном сравнении вариантов, отличающихся как структурной организацией, так и параметрами элементарных участков, составляющих систему.

С целью определения максимальной пропускной способности сети, функционирующей в условиях случайных воздействий, известен метод, основанный на сочетании алгоритма Форда-Фалкерсона и метода Монте-Карло [1]. При этом изменение параметров функционирования исследуемой системы требует проведения очередной серии имитационных экспериментов и последующую обработку результатов. Для оценки пропускной способности систем простой графовой структуры разработан метод вероятностно-алгебраического моделирования, позволяющий учесть их вероятностную природу и решить ряд практических задач [2].

В докладе излагается способ вероятностной оценки пропускной способности структурно-сложной потоковой системы, основанный на сочетании алгоритмов полного перебора и Форда-Фалкерсона. Он позволяет для двух значений пропускной способности участков потоковой системы сформировать вектор состояний пропускной способности сети, то есть $\{(S_1, S_2)\} \rightarrow (S_1, \dots, S_n)$, а также оценить вероятности результирующего вектора пропускных способностей. Вычисления, реализованные с использованием предложенного подхода, определяют исходные данные для метода вероятностно-алгебраического моделирования пропускной способности структурно-сложных систем большой размерности.

Литература

1. Максимей, И.В. Определение интегрального максимального потока в региональной сети с помощью имитационного моделирования / И.В. Максимей, П.В. Гируц, Е.И. Сукач // Математические системы и машины. – 2008, -N2.-128-136.
2. Сукач, Е.И. Методика оценки пропускной способности потоко-

вой сети на основе вероятностно-алгебраического моделирования/Е.И. Сукач// Доклады БУГУИР.-2011.-№4(58).-С.18-24.

Д. В. Жуков, С. Ф. Маслович

(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РЕПЛИК В РАСПРЕДЕЛЕННЫХ СИСТЕМАХ

Основная проблема проектирования распределенных хранилищ данных — это когда, где и кому размещать копии хранилища. Различают три различных типа копий (далее реплик): постоянные реплики, реплики, инициируемые сервером, и реплики, инициируемые клиентом.

Постоянные реплики можно рассматривать как исходный набор реплик, образующих распределенное хранилище данных. Во многих случаях число постоянных реплик невелико.

В противоположность постоянным репликам, реплики, инициируемые сервером, являются копиями хранилища данных, которые создаются для повышения производительности и создание которых инициируется хранилищем данных.

Обычно сервер в состоянии достаточно быстро обрабатывать входящие запросы, но может случиться так, что из удаленного от сервера места придет поток запросов. В этом случае логично создать в регионах несколько временных реплик, призванных работать с запросами.

Разработанная имитационная модель представляет собой приложение, имитирующее работу распределенной системы, содержащей центральный сервер, хранящий все копии файлов в одном экземпляре, а также серверы-зеркала, через которых осуществляется обращение к главному серверу и на которые, при необходимости, будут реплицироваться файлы.

Если из какого-то сегмента распределенной системы интенсивность запросов к файлу F превышает определенный порог, то файл F копируется на ближайший сервер-зеркало. При этом все запросы к файлу F уже идут не на центральный сервер, а на сервер-зеркало. Когда же интенсивность запросов падает до определенного порога, то файл F удаляется с сервера-зеркала и запросы уже идут к центральному серверу.

Таким образом, модель сочетает в себе как концепции постоянных реплик, так и реплик, инициируемых сервером. От постоянных взято хранилище данных, чтобы всегда иметь минимум одну копию, а также удаление копий с серверов-зеркал без боязни потерять какие-либо дан-

ные. От иницируемых сервером реплик взято использование серверов-зеркал, снижающих нагрузку на центральный сервер.

Литература

1. Таненбаум, Э. Распределенные системы. Принципы и парадигмы. [Текст]: науч. изд./ Э. Танненбаум, М. ван Стеен, СПб: Питер, 2003. – 887с.

Г. В. Климов, О. И. Еськова

(БТЭУ ПК, Гомель)

ОБРАБОТКА ДАННЫХ ДЛЯ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ В MS EXCEL

Подготовка исходных данных является одним из наиболее проблемных этапов имитационного моделирования, поскольку часто необходимый статистический материал недоступен или его сбор требует чрезмерных затрат времени и средств. Однако при разработке модели системы управления очередями в отделении банка сбор статистики по приходу и обслуживанию клиентов не представлял проблемы. Система уже частично внедрена в ЦБУ № 322 филиала 312 ОАО "АСБ Беларусбанк" и автоматически учитывает такие показатели, как время регистрации клиента, время его вызова, время окончания обслуживания, вид операции и т.п. Вся статистическая информация затем может быть импортирована в MS Excel и обработана средствами данного приложения.

Процедуры "Пакета анализа" MS Excel позволяют на основе имеющейся выборки случайной величины рассчитать ее выборочные характеристики и построить вариационный ряд. Также в MS Excel легко проверить гипотезу о соответствии выборочных данных некоторому теоретическому закону распределения случайной величины с помощью критериев Пирсона или Колмогорова-Смирнова.

Однако подобрать теоретическое распределение, соответствующее исследуемой случайной величине, не всегда удастся. В этом случае можно в GPSS-модели создать функцию пользователя, выполнив табуляцию функции распределения на основе данных наблюдений. Функция GPSS типа "С" (непрерывная) аппроксимирует неизвестную функцию распределения отрезками прямых, т.е. на каждом интервале табуляции предполагается равномерное распределение.

Для доказательства адекватности разработанной GPSS-модели и корректности отражения в ней законов распределения случайных величин выполняется сравнение двух выборок времени ожидания в очереди: одна из них получена в результате наблюдений за реальной системой (зафиксирована системой управления очередями), а вторая получена в ходе выполнения программы имитации. Выполняется проверка гипотезы о равенстве математических ожиданий по этим двум выборкам с помощью критерия Стьюдента. Для выбора модификации этого критерия (с равными или не равными дисперсиями) выполняется сравнение дисперсий на основе критерия Фишера. Для реализации проверки статистических гипотез в "Пакете анализа" MS Excel могут быть использованы процедуры "Пакета анализа" или специальные функции категории "Статистические".

А. Н. Климович

(БрГТУ, Брест)

СПЕЦИАЛИЗАЦИЯ СТАНДАРТНЫХ СРЕДСТВ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Рассматривается подход к настройке, специализации стандартных инструментов моделирования для решения задач имитации произвольных сетей массового обслуживания, отображающих узлы с приоритетным обслуживанием, изменяемым быстродействием, ограниченными накопителями, с отказами в обслуживании, произвольными распределениями, включая нестационарные, задаваемые по расписанию и т.д.

Актуальность обусловлена: широким использованием аппарата сетей массового обслуживания для описания объектов разной природы; наличием универсальных систем моделирования, избыточных для решения задач конкретного класса; потребностью в оболочке, специализирующей область применения инструментов систем моделирования посредством "обертывания" их дружественным интерфейсом. Это обеспечивает пользователю возможность описания объекта в терминах сети, автоматической генерации имитационной модели и ее реализацию.

Области применения: моделирование задач, сформулированных в терминах стохастических сетей; обучение формализации проблем, имитационному моделированию; генерация образцов моделей; обеспечение функциональности моделей-эталонов, замещающих реальную систему; автоматизация задач генерации сетевых описаний заданной сложности,

построения тестовых спецификаций сетевых описаний и др.

Основные решаемые задачи: поддержка пользовательских интерфейсов в части описания систем и ожидаемых результатов; генерация текстов моделей на базе шаблонов моделей и классов, обеспечивающих функциональность оболочки.

Определены требования к характеристикам оболочки. Рассмотрены способы организации моделирования для случая нестационарного функционирования сетей и управления сбором данных, обработкой результатов, включая расчет характеристик в заданных временных интервалах в указанных пользователем точках и фрагментах сети.

Разработана структура, правила внутреннего представления сетей, именования узлов, меток, описания потоков, параметров потоков, обеспечивающие читаемость и параметризуемость моделей. Разработана иерархия классов, обеспечивающих функциональность оболочки, проведено макетирование базовых модулей.

Исследована степень чувствительности сетей различной сложности к точности задания параметров узлов. Определены как наиболее влияющие факторы так и допустимые диапазоны изменения погрешностей узловых характеристик по отношению к системным.

А. А. Кузнецова, В. В. Напрасников
(БНТУ, Минск)

**РАСЧЁТ НАПРЯЖЁННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО
СОСТОЯНИЯ КАРКАСНО-ВАНТОВОЙ
КОНСТРУКЦИИ КРЫТОГО КАТКА
НА ОСНОВЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ
МОДЕЛИ В ANSYS**

Висячие конструкции представляют собой один из наиболее экономичных видов покрытий, благодаря тому, что материал вантов работает исключительно на растяжение, и их несущая способность используется полностью. Рассматриваемый тип покрытия состоит из двух мембран двойной кривизны, поддерживаемые двумя симметричными металлическими арками. Внутренние части арок связаны между собой металлическими балками.

Для реализации используется конечно-элементная система ANSYS, которая является наиболее надежной для решения задачи напряженно-деформированного состояния. Устойчивость конструкции

придают ванты с предварительным натягом, прикрепленные к опорам.

Исходными данными для задачи являются общие сведения о конструкции – это геометрическая форма, размеры, материал изготовления (рисунок, слева). Особенностью построения конечно-элементной модели является соединение узлов элементов балок и тросов.

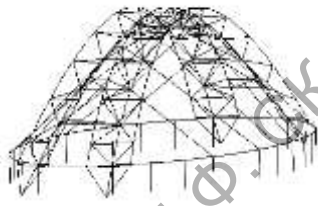


Рисунок – Вид объекта и конечно-элементная схема.

В результате работы создана параметрическая модель конструкции (рисунок, справа); выполнены расчёты на прочность, жесткость, устойчивость; выполнен модальный анализ. Оказалось, что максимальные напряжения по Мизесу составляют 31,2 Мпа для статического расчета в исходном варианте конструкции. В результате модального анализа выявлен ряд собственных частот 2.68, 2.72, 3.95, 5.62 Гц.

А. Ю. Липлянин, И. А. Ивашенко
(БА РБ, Минск)

МОДЕЛЬ ПАССИВНОЙ ЛОКАЦИИ МАЛОВЫСОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

Движение маловысотных летательных аппаратов (МЛА) у поверхности Земли (ПЗ) приводит к электромагнитному взаимодействию МЛА с этой поверхностью. В настоящее время в литературе выделяют три основных проявления этого взаимодействия: электростатическое [1], магнитное [2] и электромагнитное [3, 4].

Целью настоящей работы является изучение возможностей использования электродинамической модели МЛА [3] для его пассивного обнаружения, в том числе за горизонтом Земли [4].

Описание электромагнитного взаимодействия МЛА с ПЗ проводится с помощью эквивалентного колебательного контура (ЭКК) [3],

образованного МЛА с ПЗ. Самостоятельное возбуждение ЭКК возможно в результате воздействия на него радиоволнами, излучаемыми атмосферными разрядами [5]. Модель возникновения ЭДС в ЭКК основана на модели одиночного разряда молнии [6], позволяющей выразить силу индукционного тока в ЭКК и мощность вторичного излучения ЭКК, численная оценка которой при средних параметрах разряда молнии приводит к величине $P \approx 3$ Вт, что говорит о возможности и технической целесообразности использования пассивной локации МЛА, особенно при наличии местных грез.

Литература

1. Способ обнаружения маловысотного летательного аппарата и устройство для его осуществления: пат. 10800 Респ. Беларусь / И.М. Быков В.В. Воинов, В.В. Мокринский. – № а20061146; заявл. 17.11.2006; опубл. 30.06.08.
2. Способ обнаружения низколетящих летательных аппаратов: пат. 200400085 ЕА. / Г.М. Ревяко, Н.И. Силков, Р.Г. Хехнев. – № а200400085; заявл. 24.12.2003; опубл. 30.06.2005 // Бюл. – № 3.
3. Электродинамическая модель маловысотного летательного аппарата / В.В. Воинов [и др.] // Сб. науч. ст. Воен. акад. Респ. Беларусь. – 2008. – № 15. – С. 62–66.
4. Возможность определения дальности маловысотного летательного аппарата за горизонтом земли / В.В. Воинов [и др.] // Вестник Воен. акад. Респ. Беларусь. – 2010. – № 3 (28). – С. 55–61.
5. Колосков, А.И. Атмосферные помехи радиоприему // Физический энциклопедический словарь / А.И. Колосков. – М.: Сов. энцикл., 1960. – С. 105–106.
6. Воинов, В. В. Наведение электродвижущей силы в эквивалентном колебательном контуре атмосферным электричеством / В. В. Воинов, И. А. Ивашенко, А. Ю. Липлянин [и др.] // Вестник Воен. акад. Респ. Беларусь. – 2011. – № 4 (33). – С. 85–94.

А. Н. Малашин, Е. В. Колчин

(БА РБ, Минск)

ИССЛЕДОВАНИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ МНОГОФАЗНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ МАШИНЫ С ЗУБЦОВЫМИ ОБМОТКАМИ В ПРОГРАММНОЙ СРЕДЕ ANSYS

Электропривод с электрическими машинами переменного тока и управляемыми преобразователями частоты занимает лидирующее положение среди других типов регулируемого электропривода. Одним из актуальных вариантов конструкций электрических машин являются многофазные электрические машины с зубцовыми обмотками действие которых основано на принципе создания с помощью неподвижных обмоток вращающегося магнитного поля, при этом характеристики этих машин могут существенно отличаться от характеристик машин с классическими обмотками. Связано это с особенностями гармонического состава магнитодвижущих сил (МДС) зубцовых обмоток с наличием как нечётных так и чётных гармоник, а также наличием наряду с прямобегающей гармоникой МДС и обратнотекущей соизмеримой амплитуды изменяющейся в каждый момент времени пропорционально значению электрического тока в обмотке[1]. Пространственная волна МДС зубцовой обмотки является прямоугольной, т.е. значительно отличается от синусоидальной. Вследствие этого такая обмотка создаёт значительные высшие пространственные гармоники поля, ухудшающие характеристики машин при питании их от источников синусоидального напряжения. Данное обстоятельство делает бесперспективным их применение в асинхронных машинах с обычной конструкцией ротора.

Новые возможности элементной базы и цифровых информационных технологий позволяют решать актуальные задачи построения математических моделей электрических машин. Так расчёт магнитного поля многофазной электрической машины с зубцовыми обмотками удобно вести методом конечных элементов с помощью прикладной программы ANSYS [2]. Программа сама разбивает модулируемое пространство на конечные элементы (треугольники, прямоугольники, тетраэдры и пр.). Необходимо только построить модель, ввести свойства материалов и граничные условия, запустить расчёт и вывести результаты в числовом и графическом виде. С помощью программ пакета ANSYS можно проанализировать двухмерные и трёхмерные поля стационарных и нестационарных магнитных систем электрических машин.

Литература

1. Жуловян В.В., Шевченко А.Ф., Панарин А.Н. Синхронный редукторный двигатель с вентильным подмагничиванием для исполни-

тельных электромеханизмов. / Межвузовский сборник «Системы и устройства автоматики», Красноярск.1980 г. – 250 с.

2. Буль О.Б Методы расчёта магнитных систем электрических аппаратов / Учебное пособие, Москва 2006 г – 286 с.

А. Н. Малашин, С. А. Чумаков
(БА РБ, Минск)

ПРИМЕНЕНИЕ MATLAB/SIMULINK ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ СОСТАВЛЯЮЩИХ ПОЛНОЙ МОЩНОСТИ В ТРЕХФАЗНЫХ СИММЕТРИЧНЫХ СИСТЕМАХ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

В настоящее время в связи с широким распространением преобразовательной техники, ростом единичных мощностей преобразователей и повышением в целом доли нелинейной нагрузки в системах электроснабжения проблемы обеспечения качества электроэнергии и энергосбережения стали приобретать значение приоритетных, требующих первоочередного решения. Решение указанных проблем средствами самой преобразовательной техники возможно, так как на данный момент за счет создания и освоения промышленностью высокоэффективных силовых приборов и вычислительных устройств на базе программируемых микроконтроллеров существенно расширились функции силовых устройств. Реализация новых алгоритмов управления потоком электроэнергии от источника к приемнику и наоборот позволяет активно влиять на показатели качества электроэнергии.

Решение задач обеспечения необходимых энергетических показателей включает в себя, в первую очередь, определение составляющих полной мощности энергоподсистемы. При модернизации и проектировании как питающих сетей, так и электротехнических комплексов и систем с полупроводниковыми преобразователями необходимо не только правильно учитывать и разделять все составляющие полной или кажущейся мощности, но и закладывать мероприятия по уменьшению мощностей обменного характера. Данные мероприятия требуют трудоемкого расчета во временной и частотной областях. В этой связи в последнее время появилась практика проведения исследований в специализированных интегрированных пакетах. В данной работе предлагается решение задачи определения составляющих полной мощности с использованием пакета MATLAB/Simulink (версия 6.5) и его приложения SimPowerSystems.

Приведенные примеры позволяют заключить, что в пакете MATLAB/Simulink используя стандартные или разработанные измери-

тельные схемы можно решать следующие задачи:

- определять и анализировать составляющие полной мощности и показатели качества потребляемой электроэнергии в трехфазных симметричных системах;
- реализуя различные алгоритмы управления полупроводниковым преобразователем, решать вопросы нахождения энергооптимального алгоритма управления.

В. В. Малетько, Р. Г. Свирский, Т. А. Кончик

(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

СНИЖЕНИЕ РАЗМЕРНОСТИ ГРАФОВЫХ МОДЕЛЕЙ СТРУКТУРНО-СЛОЖНЫХ СИСТЕМ

Существенным ограничением расчётных методов [1] при исследовании вероятностных характеристик структурно-сложных систем является их размерность, которая определяется числом составляющих ее компонентов. Рост числа компонентов приводит к экспоненциальной сложности задачи и ограничивает применение методов не только для исследования структурно-сложных систем, но и для исследования систем простой графовой структуры.

Для оценки вероятностных характеристик структурно-сложных систем в случае полного перебора требуется рассмотрение n^m вариантов, где m – число компонентов системы, а n – число несовместных состояний.

В докладе излагается способ снижения размерности графовых моделей при оценке вероятностных характеристик структурно-сложных систем за счёт поэтапного вероятностного анализа структуры исследуемого объекта. На первом этапе сокращается число компонентов системы за счёт выделения множества компонентов, имеющих детерминированные значения исследуемого свойства. На втором этапе выделяются фрагменты исследуемой графовой структуры с параллельными и последовательными соединениями компонентов, а также фрагменты графа, замкнутые на ребро, и для них реализуется вероятностно-алгебраическое моделирование с целью получения характеристик выделенных участков [2]. Результатом вероятностных преобразований является редуцированная структура графа с модифицированными значениями вероятностных характеристик компонентов, составляющих

структуру. Наконец, на третьем этапе, реализуется алгоритм разрезания графовой структуры на совокупность подграфов ограниченного размера (до 20 вершин). Для выделенных подграфов организуется выполнение вероятностных расчётов в соответствии с семантикой исследуемой системы. Полученные результаты являются исходными для применения метода вероятностно-алгебраического моделирования, основанного на композиции графов n -полюсников.

Литература

1. Можаяев, А.С. Теоретические основы общего логико-вероятностного метода автоматизированного моделирования систем / А.С. Можаяев, В.Н. Громов – СПб.:Изд-во ВИТУ, 2000.-145 с.
2. Сукач, Е.И. Автоматизированное вероятностно-алгебраическое моделирование надёжности сложных систем/ Е.И. Сукач //Проблемы программирования.– 2011.-№1.-С.89-98.

Г. А. Мальцева, Ю. В. Жердецкий, Е. И. Сукач
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

РАСЧЁТ ВЕРОЯТНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК НАДЁЖНОСТИ СИСТЕМ-ЧЕТЫРЁХПОЛЮСНИКОВ

Для оценки и прогнозирования надёжности многокомпонентных сложных систем используются различные математические модели, позволяющие описать структуру и оценить выбранные показатели надёжности исследуемых объектов в динамике.

Большой класс моделей основан на математических методах, при которых многокомпонентная сложная система формализуется в виде сетевой структуры, вероятностная оценка надёжности которой формируется с учетом вероятностных характеристик надёжности компонентов [1]. Общим свойством этих моделей является формализация сложных систем в виде графовых структур, имеющих один вход (начальная вершина, исток) и один выход (конечная вершина, сток), что ограничивает их применение при рассмотрении систем со множеством входов и выходов.

В докладе предлагается методика оценки вероятностных характеристик надёжности многокомпонентных структурно-сложных систем, интерпретируемых как четырёхполюсники, то есть имеющих два входа и два выхода. Методика разработана в рамках вероятностно-

алгебраического подхода [2], позволяющего оценить вероятностные характеристики показателей надёжности системы по вероятностным характеристикам показателей надёжности её компонентов. Она обеспечивает определение точных оценок вероятностных характеристик исследуемого показателя надёжности, представляющих собой вектора вероятностей результирующих состояний систем, имеющих два входа и два выхода. Элементарные вычисления позволяют получить вероятностные оценки исследуемого показателя надёжности для различных сочетаний заданных входов и выходов.

При рассмотрении множества состояний компонентов, составляющих систему-четырёхполюсник, применяется методика оценки надёжности структурно сложных систем-четырёхполюсников, основанная на сведении модели системы со многими состояниями к совокупности бинарных моделей с двумя состояниями.

Литература

1. Рябинин, И.А. Надёжность и безопасность структурно-сложных систем/ И.А. Рябинин.– СПб.: Изд-во Санкт-Петербургского университета, 2007.–276 с.
2. Сукач, Е.И. Проектирование функционально-сложных систем на основе вероятностно-алгебраического моделирования/ Е.И. Сукач// Проблемы управления и информатики.– 2011.-№2.– С.121-131.

Е. Э. Мешко, А. С. Богущ, А. П. Дунец
(БрГТУ)

СОЗДАНИЕ АВТОНОМНОГО РОБОТА НА БАЗЕ РАДИОУПРАВЛЯЕМОЙ МОДЕЛИ

Введение

Проделанная работа на базе радиоправляемой игрушечной модели, затрагивает инженерные и программные решения проблем, указанных ниже, которые впоследствии могут быть применены в роботизированных средствах передвижения.

Надо отметить, что роботы могут быть манипулируемые, управляемые человеком, и автономные, способные двигаться самостоятельно. В данной работе рассматривается автономный робот. Для движения

автономных роботов характерны следующие проблемы:

- низкая маневренность;
- недостаточное ориентирование на маршруте (проблема логики движения);
- частые потери контроля маршрута следования (нечёткое движение по маршруту, выезд за его пределы или непредвиденные алгоритмом ситуации);

Ключевыми причинами являются:

- слабость алгоритмов управления;
- выбор ходовой части;
- погрешность электроники и механики.

Описание робота

В качестве решения проблемы был сконструирован робот на базе игрушечного танка. Его дифференциальная кинематическая схема движения в значительной мере превосходит платформы с велосипедной схемой, в том, что не возникает проблем с поворотом, так как робот может разворачиваться фактически на месте, это сразу же решает проблему с маневренностью. Для осуществления движения были установлены 2 мотора. Они подключены к специально изготовленному драйверу моторов. Далее были изготовлены 3 инфракрасных датчика черной линии, которые подключены к аппаратно-вычислительной управляющей платформе Arduino на основе микроконтроллера ATMegal68. С её помощью осуществляется управление роботом. Эта популярная платформа выбрана из-за простоты прошивки и кодирования. Питание у робота раздельное: 4 батарейки стандарта AA питают моторы, девятивольтовая батарея питает электронику.

Результаты экспериментов

В результате моделирования получился робот с именем «RobT-34». На этапе подготовки, все тесты проводились в университете на импровизированной трассе. После ряда испытаний было принято решение протестировать робота в более сложных условиях и принять участие в международных соревнованиях «ROBORACE», где робот показал себя очень достойно, заняв 5 место. Из соревнований было получено много интересных впечатлений, большое число идей, а так же ценнейший опыт. Конечно же, возник ряд трудностей, которые не были предусмотрены. Не было учтено, что на трассе могут присутствовать несколько роботов, что приводило к столкновениям, создававшим трудности, из-за того, что инфракрасные датчики были установлены клином. В резкие, угловатые повороты менее 45 градусов,

робот не входил или тратил слишком много времени на их преодоление.

Заключение

В ближайшем будущем планируется полная модернизация конструкции робота. Изготовление нового более практичного корпуса, увеличение скорости движения, замена датчиков на инфракрасные датчики расстояния, модификация всех составляющих и подготовка к следующему этапу соревнований ROBORACE.

Полученный опыт в конструировании и программировании робота на базе игрушечной модели танка, является очень ценным. При помощи таких проектов студенты могут на практике применять и совершенствовать свои знания в области программирования, механики, и электроники. Это делает процесс обучения более интересным и захватывающим, а так же стимулирует студентов вести научную деятельность.

Н. В. Мешков, Н. Б. Осипенко

(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

РАЗРАБОТКА СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ ПОСТРОЕНИЯ ГЛАВНЫХ ФАКТОРОВ

Факторный анализ представляет собой ветвь математической статистики, его задача состоит в замене набора признаков меньшим числом некоторых категорий («факторов»), являющихся линейной комбинацией исходных характеристик объектов. Удовлетворительным решением служит такая система факторов, которая достаточно адекватно передает информацию, имеющуюся в наборе исходных признаков. Таким образом, главная цель факторного анализа – сжатие информации и экономное описание.

Акцент в факторном анализе делается на исследовании внутренних причин, формирующих специфику изучаемого явления, на выявлении обобщенных факторов, которые стоят за соответствующими конкретными показателями. Цель факторного анализа – сконцентрировать исходную информацию, выражая большое число рассматриваемых признаков через меньшее число более емких внутренних характеристик явления, которые, однако, не поддаются непосредственному измерению (например, уровень аграрного развития). При этом предполагается, что наиболее емкие характеристики окажутся одновременно

и наиболее существенными, определяющими.

Изучение факторного анализа вызывает много вопросов у студентов. С целью облегчения усвоения его основ была разработана программа «Главные факторы» в среде MathCad 14, как наиболее доступной и подходящей для решения задач такого рода.

В разработанной программе «Главные факторы» на вход подаются анкетные данные со значениями переменных: a, b, c, d и т.д., описывающих исходные объекты, вычисляется корреляционная матрица с помощью встроенной функции `corr`. Далее находятся собственные значения корреляционной матрицы через встроенную функцию `eigenvals`. Затем через встроенную функцию `eigenvects` находятся собственные векторы: v_1, v_2, v_3, v_4 и т.д. Для нахождения главных факторов рассматриваются лишь собственные значения, которые больше 1, остальные отбрасываются. Переходя к компонентам через собственные векторы, находятся оценки накопленной доли суммарной дисперсии по соответствующим компонентам и получаются нагрузки. Далее рассматриваются нагрузки больше некоторого порогового значения, например 0,4. Нагрузки берутся по модулю. На основании этих нагрузок и делаются выводы зависимости факторов от измерений объектов.

Полученные факторы в ходе выполнения программы не всегда возможно интерпретировать. Это задача эксперта. Чаще всего факторы так и остаются без интерпретации.

Факторный анализ является эффективным средством получения короткого описания взаимоотношений между параметрами при среднем числе параметров и, кроме того, в несколько модифицированном виде служит одной из основных составляющих лингвистических методов обработки экспериментальных данных с большим числом параметров. В настоящее время факторный анализ все чаще используется в роли подтверждающего, чем исследовательского метода. Нередко его сочетают с моделированием структурными уравнениями для оценивания теоретически сформулированной модели вклада различных переменных в выполнение задачи.

А. М. Никитенко

(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

ПРИМЕНЕНИЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

СЛОЖНЫХ ЛОГИСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Управление материальными потоками осуществляется посредством выбора эффективных и конкурентоспособных логистических схем доставки и цепей движения ресурсов. В процессе движения материальных потоков как на различных стадиях логистической системы, так и на различных этапах конкретной схемы доставки может проявляться асинхронность – характеристика процессов, не совпадающих во времени.

Логистические системы функционируют в условиях неопределенности окружающей среды. При управлении материальными потоками должны учитываться факторы, многие из которых носят случайный характер. В этих условиях создание аналитической модели, устанавливающей четкие количественные соотношения между различными составляющими логистических процессов, может оказаться либо невозможным, либо слишком дорогим. Возможным решением в данной ситуации является имитационное моделирование.

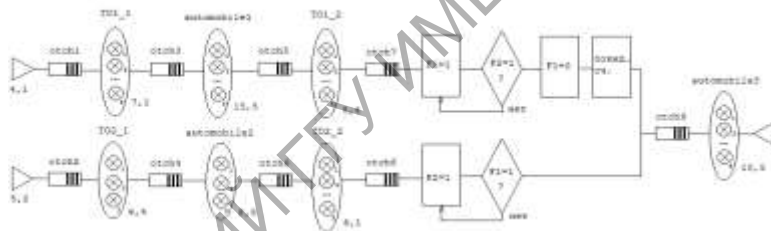


Рисунок 1 – Графическое изображение сложной логистической системы

На рисунке 1 приведено графическое изображение сложной логистической системы, на базе которого построена ее имитационная модель в GPSS World.

В ходе моделирования были выявлены «узкие места» – очереди; максимальное и минимальное количество полуфабрикатов, находящихся в очередях в течение периода моделирования; среднее значение длин очередей; среднее время проведения транзактом в очереди.

Имитационное моделирование является эффективным инструментом исследования логистических систем. Практическое использование имитационного моделирования системы управления запасами позволяет повысить эффективность логистических процессов. Однако, моде-

лирование в GPSS World отличается сложностью написания программы. Специальных средств построения сложных логистических систем в GPSS нет, поэтому приходится оперировать стандартными существующими блоками. За счет этого описание программы получается очень громоздким.

Д. С. Однолько
(БНТУ, Минск)

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АКСЕЛЕРАНТНОГО АЛГОРИТМА ИДЕНТИФИКАЦИИ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

Для исследования эксплуатационных режимов работы асинхронных двигателей (АД) используют рабочие и механические характеристики, которые определяются экспериментально или рассчитываются на основе схемы замещения. При этом для синтеза алгоритмов управления АД используют динамическую модель обобщенной электрической машины. А качество управления координатами в этом случае зависят от точности информации о параметрах модели АД. Несмотря на предэксплуатационные исследования машины, полагаясь на ее каталожные данные, остро стоит задача, построение наблюдателя параметров асинхронной машины в режиме реального времени.

В литературе представлено лишь ограниченное число аналитически обоснованных алгоритмов идентификации параметров АД, анализ которых дан в [1]. В [2] был синтезирован рекуррентный алгоритм идентификации электромагнитных параметров АД на основе метода наименьших квадратов (МНК). В настоящей работе результат [2] был распространен на случай акселеризации оценок оптимального решения. Акселеризация осуществлена путем учета априорной информации о параметрах схемы замещения асинхронной машины, за счет соответствующей модификации МНК.

Для имитационного моделирования структуры «наблюдатель параметров – асинхронный двигатель» была выбрана стандартная двухфазная динамическая модель симметричного АД, представленная в системе координат статора:

$$\sigma L_s \frac{dI_s}{dt} = -R_s I_s - \frac{L_m}{L_r} \frac{d\Psi_r}{dt} + U_s;$$
$$\frac{d\Psi_r}{dt} = \frac{L_m R_r}{L_r} I_s - \omega_e J \Psi_r - \frac{R_r}{L_r} \Psi_r, \quad \text{где} \quad J = \begin{bmatrix} 0 & -1; & 1 & 0 \end{bmatrix}; \quad I_s, \Psi_r - \text{двумерные векторы-столбцы токов статора и потокосцепления ротора; } \omega_e - \text{электрическая}$$

частота вращения ротора; L_r , L_m , R_r , R_s , σL_s – параметры схемы замещения АД.

Структура акселерантного алгоритма МНК, имеет вид: $k_{(t)} = k_{(t-1)} + R_{(t)} \cdot \Psi'_k(\varepsilon(y_{(t)}, u_{(t)}, k_{(t-1)}))$, где $k_{(0)} = k^a$ априорная информация о каталожных данных АД; $R_{(t)}$ – матрица усиления, с начальным значением равным обратной матрице фишеровских информаций [3], с учетом нашего знания области принадлежности оптимального решения k^* ; $\Psi'_k(\varepsilon(y_{(t)}, u_{(t)}, k_{(t-1)}))$ – функция потерь, с учетом текущей информации от датчиков входных и выходных сигналов (токов, напряжений).

Имитационное моделирование предлагаемого идентификатора было выполнено в среде MATLAB/SIMULINK для двигателя АИР132М4 со следующими номинальными параметрами: $P_{\text{ном}}=11$ кВт; $L_m=0.0857$ Гн; $L_r=0.0885$ Гн; $L_s=0.0885$ Гн; $R_s=0.517$ Ом; $R_r=0.394$ Ом; $n_p=2$.

Структура имитационной модели представлена на рис. 1.

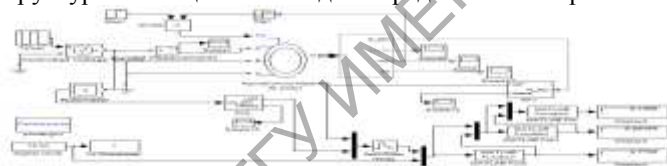


Рисунок 1 – Имитационная модель системы «наблюдатель параметров – асинхронный двигатель»

Применение предложенного наблюдателя показало, что при наличии определенной каталожной информации об объекте идентификации достигаются лучшие результаты моделирования, что позволяет повысить не только быстродействие системы в целом, но и точность управления электроприводом.

Литература

1 С. М. Пересادا, А.Н. Середя, Оценка параметров асинхронного двигателя при известном активном сопротивлении статора // Системы автоматизированного электропривода. Теория и практика. Вестник НТУ «ХПИ». Выпуск 43. –2004. – С. 28-31.

2 Однолько, Д. С. Лабораторное моделирование и анализ системы идентификации параметров электропривода переменного тока методом наименьших квадратов / Д.С. Однолько // Современные информацион-

ные технологии в системе научного и учебного эксперимента: опыт, проблемы, перспективы: материалы Респ. науч.-метод. конф. / ГрГУ им. Я. Купалы. – Гродно, 2011. – с.43-44.

3 Цыпкин, Я. З. Основы информационной теории идентификации / Я. З. Цыпкин. – М.: Наука, 1984. – 320 с.

А. О. Олексюк, В. А. Липницкий

(БА РБ, Минск)

НЕ ПРИМИТИВНЫЕ БЧХ КОДЫ И ИХ ПАРАМЕТРЫ

Коды Боуза-Чоудхури-Хоквингема (БЧХ-коды) нашли широчайшее применение в современных информационных системах. Они применены в материнских платах, используются в пейджинговой, сотовой, космической связи, в хранении данных на винчестерах, дисках. Растущий объем передачи данных ужесточает требования к информационным каналам связи и к декодирующим возможностям применяемых помехоустойчивых кодов. Идет постоянный поиск кодов исправляющих многократные ошибки в сочетании с эффективными декодирующими алгоритмами [1,2]. Отмеченной проблематике и посвящен данный доклад.

В семействе БЧХ кодов наибольшей размерностью и следовательно наибольшей скоростью передачи информации выделяются коды C_t с проверочной матрицей $H = (\beta^t, \beta^{3t}, \dots, \beta^{(2t-1)t})^T$ длиной n , где n делитель $2^m - 1$, $\beta = \alpha^\mu$ для $\mu = (2^m - 1) / n$ и примитивного элемента α поля Галуа $GF(2^m)$. При $\mu = 1$ код C_t называют примитивным и не примитивным при $\mu > 1$ [1].

Примитивные коды, как правило, имеют минимальное расстояние $d = 2t + 1$ и исправляют t – кратные случайные ошибки. Не примитивные БЧХ-коды изучены слабо и имеют, скорее, теоретический интерес.

В докладе приводятся некоторые результаты систематического исследования не примитивных БЧХ- кодов C_5 существование которых доказано в [2] для всех нечетных n . В диапазоне значений от 1 до 99 найден ряд кодов C_5 имеющих минимальное расстояние $d > 5$ и, следовательно способных исправлять многократные ошибки. Относительно простые схемы их декодирования позволяют отнести не примитивные БЧХ -коды к классу эффективных в практическом плане кодов.

Литература

- 1 Липницкий В.А., Конопелько В.К. Норменное декодирование помехоустойчивых кодов и алгебраические уравнения/ В.А. Липницкий, В.К. Конопелько –Минск, 2005.– 215с.
- 2 Мак-Вильямс Ф.Дж., Слоэн Н.Дж.А. Теория кодов, исправляющих ошибки. – М.: Связь, 1979.– 744с.

К. А. Осипенко, Н. Б. Осипенко

(ГТУ им. Ф. Скорины, Гомель)

О ПРОГНОСТИЧЕСКИХ ВОЗМОЖНОСТЯХ КВАДРАТА ПИФАГОРА

Наряду с разнообразными методами психологического тестирования у многих практикующих психологов большой популярностью пользуется диагностика характера человека и его склонностей по дате рождения с помощью квадрата Пифагора (КП). Существуют гипотезы, что дата рождения каким-то образом отражает генетический потенциал человека. В настоящей статье описывается метод статистической проверки этого предположения на примере множественной регрессии продолжительности жизни человека на показатели квадрата Пифагора.

В качестве материала для исследования послужила выборка из 1376-ти жителей города Гомеля, умерших с ноября 2006г. по октябрь 2007г. По каждому человеку брались данные в виде строки: имя, день, месяц, год рождения, день, месяц и год смерти. Для обработки данных использовался пакет «Statistica», в частности, его средства подготовки новых переменных путём того или иного преобразования исходных признаков, а также программы анализа вариантов, построения гистограмм, матриц корреляций признаков и уравнений множественной линейной регрессии.

Как известно, Пифагор, его ученики и последователи сократили все числа до цифр от 1 до 9 включительно, поскольку они являются исходными числами, из которых могут быть получены все другие. Алгоритм построения квадрата Пифагора опишем на примере. Пусть человек родился 11.07.1953. 1. Складываем все цифры даты рождения (получаем 27-первое рабочее число). 2. Складываем полученные числа ($2+7=9$ – второе рабочее число). 3. Из первого числа отнимаем удвоенную первую цифру даты рождения ($27-2=25$ -третье рабочее число). 4.

Сложим цифры третьего числа ($2+5=7$ – четвертое рабочее число). 5. Первый ряд цифр для квадрата Пифагора формируется из цифр даты рождения (11,7,1953), второй – образуется из полученных выше четырех рабочих чисел (27,9,25,7). 6. Строим таблицу в виде квадрата из трех столбцов и трех строк, в ячейках которых зарезервированы места для количеств одинаковых цифр 1, 2, ..., 9. 7. Подсчитываем во множестве цифр первого и второго ряда пункта 5 количество одинаковых цифр 0, 1, 2, ..., 9. Заполняем соответствующие ячейки квадрата КП1, КП2, ..., КП9. Отдельно фиксируем КП0.

Цифры в квадрате Пифагора характеризуют способности: 1 – волевой потенциал, желание управлять ситуацией; 2 – энергетический потенциал, заряженность на самореализацию; 3 – напеленность на порядок и аккуратность, склонность к научному объяснению событий; 4 – потенциал здоровья (существенно коррелирует с энергетическим потенциалом цифры 2); 5 – наличие интуиции, способность предвидеть последствия решений; 6 – заземленность, тяга к физическому труду, 7 – талант, тяга к творчеству и новизне; 8 – желание быть полезным, готовность слышать других и помогать им, обязательность и ответственность; 9 – способность к запоминанию информации и к сложным умственным операциям, 0 – потенциал доступа к истинным ценностям.

В результате статистического исследования обнаружилась определенная разница в прогнозе продолжительности жизни (ПродЖ) для мужчин и женщин, а также для людей с наличием и отсутствием нулей в рабочих числах. Поэтому соответствующие четыре выборки обрабатывались по отдельности. В итоге были получены следующие уравнения множественной линейной регрессии: 1) для женщин с нулями в рабочих числах (объем выборки 284) $\text{ПродЖ} = 66 + 6,3 \cdot \text{КП1} + 1,6 \cdot (\text{КП2} + \text{КП4}) - 2,9 \cdot \text{КП5} - 4,8 \cdot \text{КП6}$, при этом уровень значимости гипотезы отсутствия статистической связи по критерию Фишера $p < 0,000001$, коэффициент множественной линейной корреляции $R = 0.44$, стандартное отклонение оценки $s = 13,5$; 2) для женщин без нулей в рабочих числах (объем выборки 241) $\text{ПродЖ} = 65 + 10 \cdot \text{КП3} + 1,2 \cdot (\text{КП2} + \text{КП4}) - 4,2 \cdot \text{КП5} - 4,2 \cdot \text{КП6}$, при этом $p < 0,0000001$, $R = 0.51$, $s = 13,8$; 3) для мужчин с нулями в рабочей выборке (объем выборки 470) $\text{ПродЖ} = 86,4 - 2,6 \cdot \text{КП0} + 3,8 \cdot \text{КП1} + 0,9 \cdot (\text{КП2} + \text{КП4}) - 4,5 \cdot \text{КП5} - 3,3 \cdot \text{КП6} - 4 \cdot \text{КП7} - 3,5 \cdot \text{КП8}$, при этом $p < 0,000001$, $R = 0.4$, $s = 15$; 4) для мужчин без нулей в рабочей выборке (объем выборки 380) $\text{ПродЖ} = 69 + 3,5 \cdot \text{КП3} + 1,0 \cdot (\text{КП2} + \text{КП4}) - 3,7 \cdot \text{КП5} - 3,2 \cdot \text{КП6} - 1,8 \cdot \text{КП8}$, при этом $p < 0,000001$, $R = 0.34$, $s = 15$. Отрица-

тельные коэффициенты в уравнениях регрессии означают нереализованность потенциалов соответствующих цифр под влиянием социума.

В заключение необходимо отметить, что, несмотря на наличие статистической связи продолжительности жизни с признаками квадрата Пифагора, доля дисперсии ПродЖ, объясненная уравнением регрессии, меньше 25%. Для повышения прогностической возможностей квадрата Пифагора требуются дополнительные исследования.

М. В. Приставко, Н. Б. Осипенко

(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

МЕТОД КЛАСТЕРНОГО АНАЛИЗА К-СРЕДНИХ

Кластерный анализ – один из методов многомерного анализа, предназначенный для группировки (кластеризации) совокупности элементов, которые характеризуются многими факторами, и получения однородных групп (кластеров). В широко распространенной универсальной статистической системе Statistica фирмы StatSoft, Inc., созданной в начале 90-х годов для среды Windows, содержится широкий набор процедур кластерного анализа, включая иерархическое объединение, двухвходовое объединение, метод k -средних; алгоритмы оптимизированы для анализа очень больших проектов, например, методом k -средних можно анализировать 400000 наблюдений с 10 переменными. Система Statistica позволяет проводить исчерпывающий, всесторонний анализ данных, представлять результаты анализа в виде таблиц и графиков, автоматически создавать отчеты о проделанной работе. Она состоит из отдельных модулей (факторный анализ, канонический анализ, дискриминантный анализ, кластерный анализ и т.д.), каждый из которых является полноценным Windows-приложением.

Модуль кластерного анализа в пакете Statistica реализован при помощи трех методов: иерархическое объединение, двухвходовое объединение, метод k -средних. Наиболее распространенным является метод k -средних, также называемый быстрым кластерным анализом. Его распространенность объясняется простотой и быстротой использования, понятностью и прозрачностью алгоритма. Однако в системе Statistica метод k -средних реализован таким образом, что неопытному пользователю трудно понять, как работает алгоритм, нет наглядной интерпретации метода. Поэтому для упрощения освоения метода была написана программа на C++ в среде Borland C++ Builder, реализующая

пошаговое выполнение метода для случая, когда число кластеров не более 5, а признаков – не более 3.

Рассмотрим алгоритм k -средних в пошаговой реализации. На первом шаге происходит первоначальное распределение объектов по кластерам. Выбирается k точек – центров кластеров. Выбор начальных центроидов может осуществляться следующим образом: выбор k -наблюдений для максимизации начального расстояния; случайный выбор k -наблюдений; выбор первых k -наблюдений. В результате каждый объект назначен определенному кластеру. На втором шаге итеративно определяются центры кластеров, которыми затем и далее считаются по координатные средние кластеров. Объекты опять перераспределяются. Процесс вычисления центров и перераспределения объектов продолжается до тех пор, пока не выполнено одно из условий: кластерные центры стабилизировались, т.е. все наблюдения принадлежат кластеру, которому принадлежали до текущей итерации; максимальное число итераций фиксировано. Выбор числа кластеров является сложным вопросом. Если нет предположений относительно этого числа, рекомендуют создать 2 кластера, затем 3, 4, 5 и т.д., сравнивая полученные результаты.

На рисунке 1 отображен пример работы алгоритма k -средних для k , равного двум.

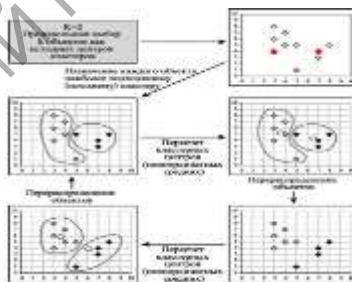


Рисунок 1 – Пример работы алгоритма k -средних ($k=2$)

Н. М. Рожкова, С. Ф. Маслович
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

**ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
АЛГОРИТМОВ ГОЛОСОВАНИЯ ДЛЯ ВЫБОРА**

КООРДИНАТОРА ПРОЦЕССОВ

Имитационное моделирование на ЭВМ является одним из наиболее мощных средств исследования, в частности, сложных динамических систем.

Многие распределенные алгоритмы требуют, чтобы один из процессов был координатором, инициатором или выполнял другую специальную роль. Обычно не важно, какой именно процесс выполняет эти специальные действия, главное, чтобы он вообще существовал.

Алгоритмы голосования предназначены для выбора координатора и различаются способами поиска. Если все процессы абсолютно одинаковы и не имеют отличительных характеристик, способа выбрать один из них не существует.

В случае реализации «кольцевого» алгоритма предполагается, что процессы физически или логически упорядочены, так что каждый из процессов знает, кто его преемник. Алгоритм голосования должен гарантировать, что если голосование началось, то оно, рассмотрев все процессы, решит, кто станет новым координатором.

В разработанной имитационной модели, все процессы имеют свой уникальный номер. Алгоритмы голосования пытаются найти процесс с максимальным номером и назначить его координатором. Каждый процесс знает номера всех остальных. Однако процессы не знают, какие из них в настоящее время работают, а какие нет. Процессы могут обмениваться запросами. Когда один из процессов замечает, что координатор больше не отвечает на запросы, он инициирует голосование. Каждый процесс в любой момент может получить сообщение о начале голосования. Победивший в результате голосования, должен разослать всем процессам сообщение, информирующее, что он новый координатор и приступает к работе.

Если процесс, который находился в нерабочем состоянии, начинает работать – он организует голосование.

Для моделирования алгоритмов голосования выбрана среда AnyLogic. Модель AnyLogic основана на основной парадигме имитационного моделирования – дискретно-событийном моделировании. Функционирование системы представляется как хронологическая последовательность событий. Событие происходит в определенный момент времени и знаменует собой изменение состояния системы.

Литература

1. Таненбаум, Э. Распределенные системы. Принципы и парадигмы. [Текст]: науч. изд./ Э. Танненбаум, М. ван Стеен, СПб: Питер, 2003. – 887с.

А. В. Рылов
(ВА РБ, Минск)

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ НАДЕЖНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЦИФРОВОЙ СЕТИ СВЯЗИ

Надежность системы определяется возможностью выполнения составляющими ее элементами заданных функций с заданными характеристиками в определенных условиях эксплуатации и в течение требуемого времени. При определении надежности сети как работоспособности всех ее элементов, надежность стремится к нулю, ввиду высокой вероятности нахождения в сети связи неисправного или отключенного узла или рабочей станции. При определении надежности системы, при возможности коммутации узлов или рабочих станций, надежность сети стремится к единице [1]. Таким образом, вышеприведенные определения неприемлемы в случае построения цифровых сетей связи, поэтому признаком отказа в данном случае выбирается отказ в предоставлении услуг пользователям [2]. Этот случай учитывает как выход из строя серверного и сетевого оборудования, так и условия, в которых сеть функционирует.

Для подтверждения данной теории при помощи программы *Graphic Network Simulator – 3 (GNS-3)* построена имитационная модель цифровой сети связи, состоящая из четырех маршрутизаторов, соединенных между собой линиями с различной пропускной способностью. К данной сети подключены элементы системы сигнализации, установленные на виртуальной машине *VMWare Workstation*, такие как сервер голосовой телефонии *Asterisk* (на базе операционной системы *CentOS*) и два клиента *SIP*-телефонии. Для различной степени загрузки цифровых линий связи производилось измерение задержки передачи пакетов между всеми узлами сети и возможность предоставления услуг *SIP*-телефонии. В результате эксперимента выяснилось, что с ростом загрузки цифровой сети связи задержка между узлами сети возрастает, что становится причиной отказа в предоставлении услуг *SIP*-

телефонии. Решением задачи предоставления услуг становится смена узла, на который установлен SIP-сервер, в результате чего отказ в предоставлении услуги наблюдается при большем значении загрузки цифровой сети связи. Таким образом, выбор оптимальной структуры системы сигнализации является одним из возможных способов повышения надежности функционирования цифровой сети связи.

Литература

3. Куроуз Дж., Росс К. Компьютерные сети. 2-е изд. – СПб.: Питер, 2004. – 765 с.: ил.
4. Бакланов И.Г. NGN: принципы построения и организации / под ред. Ю.Н. Чернышова. – М.: Эко-Трендз, 2008. – 400 с.: ил.

В. В. Романенко

(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ВЕРОЯТНОСТНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ

Применение современных информационных технологий и программных средств поддержки моделирования вероятностных производственных систем в настоящее время приобретает еще большую актуальность в связи с внедрением инноваций в сферу производства. Особую важность при этом приобретают вопросы дальнейшего развития научных и научно-прикладных исследований, которые позволяют разработать и внедрить в практику производственной деятельности новые методы анализа функционирования вероятностных производственных систем, а также использовать на производстве полученные в результате исследований новые технические решения. Широкий спектр сложных технических систем и технологических комплексов, в ходе реализации которых могут изменяться параметры функционирования и структура технологического цикла, сложность возникающих практических задач при оценке уровня надежности и безопасности потенциально опасных промышленных объектов требуют разработки новых подходов при оптимизации структуры производственных систем на стадии их проектного моделирования.

Как показал анализ современного состояния разработок в области исследования и проектирования технологических объектов с вероятностными характеристиками их функционирования, проблема модели-

рования вероятностных производственных систем состоит в недостаточной результативности методов их исследования при увеличении количества учитываемых параметров, в особенности для тех случаев, когда структура технологического цикла изменяется в процессе функционирования объекта исследования. Это связано, в первую очередь, с многообразием сложных технологических систем, в ходе реализации которых могут изменяться параметры их функционирования и структура технологического цикла; сложностью практических задач при оценке уровня надежности и безопасности потенциально опасных промышленных объектов; необходимостью учета человеческого фактора при выполнении работ на потенциально опасных объектах. В соответствии с вышесказанным является актуальной задача обеспечения надежности и безопасности функционирования производственных систем, а также повышение эффективности их использования. Одним из подходов на пути решения данной проблемы является проектное моделирование рациональной структуры вероятностных производственных систем как на стадии проектирования новых, так и при эксплуатации существующих технологических линий. Поэтому разработка новых методов, программных средств анализа и синтеза оптимальной структуры наиболее сложных вероятностных технологических процессов, использующихся при организации работ на ответственных объектах при наличии оборудования, которое может отказывать и служить источником возникновения аварий техногенного характера, являются весьма актуальными.

Эффективным средством решения актуальных проблем в подобных случаях является системный анализ объектов исследования, в качестве которых в данной работе рассматриваются производственные системы с вероятностными параметрами их функционирования. При этом под вероятностными параметрами функционирования могут пониматься характеристики надежности функционирования оборудования, задействованного в ходе реализации технологического цикла производства, характеристики выполнения технологических операций, качественные характеристики используемых в процессе производства материалов и комплектующих изделий. Для осуществления анализа функционирования производственных систем как класса сложных систем предлагается гибкий математический аппарат реструктуризации моделей, позволяющий представить объект исследования в виде конечного множества математических подмоделей. Подобное представление обеспечивает получение

результатирующей структуры технологического цикла, которая содержит оптимизированные (в рамках заданного критерия качества функционирования объекта исследования) схемы резервирования технологических операций в процессе имитации.

В качестве инструмента реализации предлагаемого подхода предлагается использовать динамическое имитационное моделирование, базирующееся на разработке динамических имитационных моделей вероятностных производственных систем. Управление производственной системой в контексте данной статьи понимается в смысле упреждения конфликтных ситуаций в процессе функционирования технологического цикла производственной системы.

Новизна предложенного подхода состоит в обеспечении возможности построения интегральной графовой структуры технологического цикла, что позволяет получить результирующую структуру, содержащую конкретные схемы резервирования технологических операций в зависимости от вероятностных параметров функционирования управляемой производственной системы. Построенные при этом динамические имитационные модели могут быть использованы в качестве составных компонентов в системах анализа функционирования при автоматизации технологических процессов и производств, а также при разработке и автоматизации систем проектирования новых технологических объектов. Способ построения динамических имитационных моделей опирается на применение агрегатной системы автоматизации имитационного моделирования и ориентирован на случаи, когда динамику функционирования имитационных моделей управляемых производственных систем можно описать на уровне элементов управления со сложной логикой с использованием процедур метода Монте-Карло.

А. С. Рышук
(БрГТУ, Брест)

О ПОВЫШЕНИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Представление системы стохастическими сетями связано с описанием процессов, имитируемых в модели и отображающих функционирование системы. Это предполагает наличие средств параллельного описания систем и средств поддержки, реализации подобных описаний. Сейчас существуют языки, библиотечные средства, расширяющие

возможности традиционных алгоритмических языков высокого уровня в сфере внешнего и внутреннего распараллеливания, использования аппаратной поддержки многозадачности, многопоточности приложений с ориентацией на реализацию в многопроцессорных, многоядерных вычислительных средах.

Здесь рассмотрены возможности и способы использования указанных средств для понижения трудоемкости имитации на примере моделей в терминах сетей массового обслуживания. Анализ проведен как для “классических” моделей, ориентированных на однопроцессорную технику и программно реализуемых с использованием механизмов квазипараллельностей так и для моделей, изначально ориентированных на механизмы естественного распараллеливания.

В первом случае показана целесообразность использования внешних средств распараллеливания, когда модель встраивается в специальную оболочку как автономный объект, определенный на уровне спецификаций. Это позволяет создавать и активизировать копии исходной модели, реализуемые отдельными автономными задачами, настраивать интерфейсы оболочки на спецификации входов-выходов модели, обеспечивать процедуры обработки данных, накапливаемых параллельно. Приведены требования к оболочке, варианты ее организации, реализации и использования

Во втором случае рассмотрена эффективность применения внутренних средств распараллеливания, когда имитационная модель строится в едином пространстве имен как приложение с использованием внутренних потоков. Рассмотрены типовые функциональные действия, активности, условия их запуска. Для случаев параллельного дискретно-событийного и пошагового (event-driven, time-driven) подходов проведен анализ ситуаций для организации параллельного исполнения, возможных конфликтов, нарушений причинно-следственных связей и механизмов их разрешения, синхронизации процессов. Предложены алгоритмы, иерархия классов, обеспечивающие необходимую функциональность.

Проведено макетирование на базе средств технологии OpenMP для компьютеров с общей памятью, библиотеки MPI для параллельных компьютеров с распределённой памятью, средств библиотеки MFC поточной обработки под управлением ОС Windows в среде Visual Studio C++.

Д. В. Семашко, В. В. Напрасников

(БНТУ, Минск)

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ВИТАМИНОВ ПРИ ПОДГОТОВКЕ ТЕННИСИСТОВ ВЫСШЕЙ КВАЛИФИКАЦИИ

В условиях усиления конкуренции среди спортсменов высшей квалификации одним из способов повышения психофизических показателей является применение разрешенных препаратов, одними из которых являются витамины.

В качестве исследуемой группы были выбраны спортсмены юниорской сборной Белоруссии по настольному теннису, которая в течение продолжительного времени употребляли витамины Multi Tabs, Vitrum, Терравит, Магний В6, Невробекс, Цигапан.

Период наблюдения составлял 12 месяцев. В качестве наблюдаемых показателей использовались следующие:

- выносливость;
- восстановление;
- реакция;
- результативность.

При этом по критериям «выносливость», «восстановление» и «реакция» использовалась 10-ти бальная шкала, а результативность оценивалась в процентах выигранных встреч с равными по силам противниками. Результаты наблюдения были сведены в таблицы, которые имеют следующий вид:

выносливость	4	4,5	5	4,4	4,9	5,6	6,5	7	6,7	7,6	8	8,5
восстановление	5	4,6	5,1	5,6	6	6,5	6,2	6,5	7	7,6	8	8,6
реакция	4,6	5	5,2	5,5	6	6,4	6,1	6,8	7,4	8	8,4	8,8
результативность	50	46	58	67	60	65	70	72	76	80	85	83

Для обработки этих данных в среде MATHCAD был использован метод функций Гаусса. В дальнейшем был выявлен линейный тренд, на основе которого были сделаны заключения о эффективности использования различных препаратов. Полученные коэффициенты показывают, что наиболее эффективным является препарат Цигапан, второй Магний В6, сравнимый с ним Невробекс, остальные препараты оказались малоэффективными.

Д. В. Семашко, О. В. Плышевская, В. В. Напрасников
(БНТУ, Минск)

АНАЛИЗ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОЙ МОДЕЛИ КОЛЕСА ОБОЗРЕНИЯ В СРЕДЕ «ANSYS»

При проектировании конструкций, функционирование которых связано с безопасностью людей, особое внимание уделяется адекватности соответствующих математических моделей. Одной из таких конструкций является колесо обозрения, которое было выбрано в качестве объекта исследования. Исходными данными для задачи являются общие сведения о конструкции – ее фотографии и материал, из которого она изготовлена

В данной работе проводилось моделирование колеса обозрения при помощи конечно-элементной системы ANSYS, которая в мире признана наиболее надежной и эффективной для решения задачи расчета напряженно-деформированного состояния при различных классах внешних воздействий, применительно к описываемому объекту.

На основе этой модели были решены следующие задачи:

- расчет прочности и устойчивости конструкции в период предполагаемого ремонта одной из опор без разбора конструкции;
- расчет прочности и жесткости конструкции при статических взаимодействиях под действием собственного веса и веса кабинок с пассажирами;
- расчет динамической реакции колеса обозрения в момент предполагаемого землетрясения с магнитудами различных величин.

В результате исследований был проведен анализ конструкции, который показал, что колесо обозрения соответствует техническим требованиям и отвечает всем необходимым показателям техники безопасности; была получена параметрическая модель колеса обозрения, позволяющая рассчитывать его на прочность и жесткость в период эксплуатации и ремонта; на основе этой модели может быть построена оптимизационная модель для снижения материалоемкости конструкции при сохранении ее прочности и устойчивости.

Литература

1. Напрасников, В. В. Конечно-элементное моделирование в ANSYS в режиме удаленного доступа к суперкомпьютеру «СКИФ»: учебно-методическое пособие / В. В. Напрасников, А. В. Бородуля, В. А. Кочуров – Мн.: БНТУ, 2008. – 65 с.

2. Информационный программно-технический комплекс для дистанционного решения сложных прикладных задач на основе использования суперкомпьютерных систем / Напрасников В. В. [и др.] // Вестник Национальной Академии наук Беларуси. Сер. физико-технических наук. – 2010. – № 2. – С.86-96.

М. В. Станевко

(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

**ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ
ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ В КОМПЬЮТЕРНЫХ
СЕТЯХ С УЧЕТОМ НАДЕЖНОСТНЫХ
ХАРАКТЕРИСТИК ОБОРУДОВАНИЯ**

Эффективность построения и использования корпоративных информационных систем стала чрезвычайно актуальной задачей, особенно в условиях ограниченного финансирования информационных технологий на предприятиях. Критериями оценки эффективности могут служить снижение стоимости реализации информационной системы, соответствие текущим требованиям и требованиям ближайшего времени, возможность и стоимость дальнейшего развития и перехода к новым технологиям. Наиболее распространенным подходом к проектированию информационных систем в настоящее время является построение имитационной модели поведения вычислительной системы.

В данной работе строится имитационная модель распределенной обработки информации в компьютерных сетях. Основу имитационной модели составляют вычислительные узлы и связи между ними. Каждый вычислительный узел характеризуется величиной максимальной нагрузки (вычислительной мощностью) и вероятностью отказа. Связь между узлами характеризуется величиной пропускной способности. В описываемой имитационной модели также вводятся вспомогательные узлы, назначение которых – распределение нагрузки и мониторинг работоспособности узлов сети выполняющих непосредственные вычисления.

Построенная имитационная модель позволит рассчитать оптимальную конфигурацию узлов и каналов связи между ними в физиче-

ской сети, выбрать наиболее подходящий алгоритм распределения вычислений. Так же на основе данных полученных в ходе моделирования можно оценить время работы физической сети для реальных данных и различных задач с учетом надежности оборудования.

Литература

1 Карпов, Ю.Г. Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование с AnyLogic 5 / Ю.Г. Карпов. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 400с.

2 Кельтон, В. Имитационное моделирование / В. Кельтон – СПб.: Питер, 2004. – 847с.

А. А. Сычев
(БГТУ, Минск)

КОМПЬЮТЕРНАЯ АНИМАЦИЯ КИНЕМАТИЧЕСКИХ СХЕМ В СРЕДЕ MATHCAD

В настоящее время существует множество специализированных программ, направленных на визуализацию работы механизмов или изменения графиков функций, среди них выделяется такое программное обеспечение, как SolidWorks, который является системой автоматического проектирования (САПР) и составляет конкуренцию таким продуктам, как AutoCAD и SDRC I-DEAS. Также известен и Autodesk Inventor система автоматического проектирования, предназначенная для создания цифровых прототипов промышленных изделий.

Mathcad система компьютерной алгебры из класса систем автоматизированного проектирования, ориентированная на подготовку интерактивных документов с вычислениями и визуальным сопровождением.

Несмотря на то, что эта программа в основном ориентирована на пользователей-непрограммистов, Mathcad также используется в сложных проектах, чтобы визуализировать результаты математического моделирования путем использования распределенных вычислений и традиционных языков программирования. Mathcad достаточно удобно использовать для обучения, вычислений и инженерных расчетов. Открытая архитектура приложения в сочетании с поддержкой технологий.NET и XML позволяет легко интегрировать Mathcad практически в любые ИТ-структуры и инженерные приложения. Есть возможность создания электронных книг (e-Book).

Для расчета геометрии механизмов в среде Mathcad использован такой мощный инструмент, как создание анимационных файлов. Для создания такого файла создана функция анимационной модели рассматриваемого механизма, которая зависит от некоей переменной, а потом при построении графика требуется заменить имя переменной на FRAME. После этого выбрать пункт меню Tools → Animation → Record.

В данном примере разбирается построение анимационной модели кривошипного шестизвенного механизма. Длины звеньев и координаты точек, имеющих опору, задаются заранее, а текущие положения движущихся элементов механизма вычисляются во время выполнения программы, в зависимости от начальных условий. Как уже упоминалось, при построении графика положения элементов механизма имя функциональной переменной заменяется на FRAME. После этого по приведенному выше алгоритму действий выполняется визуализация работы механизма.

С. В. Торгонская

(ГТУ им. Ф. Скорины, Гомель)

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЕФОРМАЦИЙ ГРУНТОВЫХ ОСНОВАНИЙ С ВКЛЮЧЕНИЯМИ ПОНИЖЕННОЙ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ

Для грунтов Беларуси, особенно Гомельской области, характерно наличие в их толще слоев и включений пониженной несущей способности. Их учет при проектировании зданий может привести к разрушающим последствиям. Поэтому в настоящее время задача выявления и исследования грунтовых оснований таких территорий является актуальной. В силу этого возникает необходимость учета указанных особенностей грунтовых оснований на стадии проектирования фундаментов здания или сооружения [1,2]. Повышение несущей способности ослабленных грунтовых оснований зданий и сооружений может осуществляться несколькими способами. Основными из них являются уплотнение, закрепление и армирование грунтов.

Разработаны методика и алгоритм, позволяющие оценить степень воздействия слоев и включений пониженной несущей способности на осадку фундаментов зданий и сооружений, обеспечивая тем самым соответствие деформаций оснований и фундаментов их нормативным значениям, установленных строительными нормами и правилами. При

этом физическая система, представленная фундаментом и нелинейно – деформируемым грунтовым основанием, рассматривается в соответствии с принципами системно – ориентированного подхода как большая и сложная система нелинейной механики грунтов, элементами которой могут быть грунтовые слои, линзы, вклинивания, включения, пустотные подобласти и конструктивные элементы фундаментов здания, рассматриваемые вместе с их свойствами и связями.

Исследование деформационного процесса сложной физической системы «Фундамент – грунтовое основание» проводится методом компьютерного объектно – ориентированного моделирования на основе системного подхода, метода конечных элементов, в сочетании с методом энергетической линеаризации с помощью программного комплекса «Энергия – 2D»[1].

Литература

- 1 Быховцев, В. Е. Компьютерное объектно – ориентированное моделирование нелинейных систем деформируемых твёрдых тел / В. Е. Быховцев. – Гомель: УО «ГГУ им. Ф. Скорины», 2007. – 219 с.
- 2 Цытович, Н.А. Механика грунтов / Н. А. Цытович. – М: Стройиздат, 1963. – 542 с.

С. В. Торгонская

(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

КОМПЬЮТЕРНАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ СТРУКТУРЫ ФУНДАМЕНТА НА ГРУНТОВОМ ОСНОВАНИИ С ПУСТОТНОЙ ПОДОБЛАСТЬЮ

В современной практике строительства важно уметь не только правильно оценить прочностные и деформационные свойства грунтов, но и разработать оптимальные конструкции фундаментов, ведь недоиспользование несущей способности грунтовых оснований приводит к удорожанию строительства. Вследствие этого актуальной является задача оптимизации по стоимости фундамента определенного типа при удовлетворении требования по его несущей способности.

В настоящей работе исследуется деформационный процесс сложной физической системы «Плитный фундамент – грунтовое основание». Грунтовое основание содержит пустотную подобласть, находя-

щуюся на некотором расстоянии от поверхности. В формализованной постановке данная задача является третьей краевой задачей нелинейной математической физики. Наиболее эффективным методом ее решения является метод компьютерного объектно – ориентированного моделирования на основе системного подхода, метода конечных элементов, метода энергетической линеаризации с помощью программного комплекса «Энергия – 2D». При таком подходе представляется возможным рассмотреть грунтовое основание, структуру и размеры элементов фундамента, внешние нагрузки как единую нелинейную сложную систему механики грунтов.

Базовой задачей для сравнительного анализа принять плитный фундамент, заглубленный в грунтовое основание с пустотной подобластью на 30 см. В основе определения наиболее эффективной конструкции фундамента на грунтовом основании с пустотной подобластью лежит ее материалоемкость. Методом вариантного проектирования было построено некоторое количество вариантов задачи. При этом определялось влияние наличия различных конструктивных элементов фундамента на его осадку в грунтовом основании с пустотной подобластью, варьировались их размеры. В результате проведенного эксперимента было выявлено, что для рассмотренной конкретной задачи использование конструкции фундамента со стеновыми блоками, показанной на рисунке, позволит повысить несущую способность грунтового основания с пустотной подобластью на 34% при линейном деформировании и 25% при нелинейном деформировании, несмотря на большую материалоемкость, поскольку это позволит максимально использовать несущую способность грунтового основания и избежать аварийных ситуаций при строительстве и эксплуатации зданий и сооружений.



Д. В. Хомиченко, А. А. Пучик, А. П. Дунец
(БрГТУ, Брест)

СОЗДАНИЕ АВТОНОМНОГО РОБОТА НА БАЗЕ РАДИОУПРАВЛЯЕМОЙ МОДЕЛИ

Введение

Проделанная работа на базе радиоуправляемой игрушечной модели, затрагивает инженерные и программные решения задач, указанных

ниже, которые впоследствии могут быть применены в роботизированных средствах передвижения.

Надо отметить, что роботы могут быть управляемые человеком и автономные, т.е. способные принимать те или иные решения самостоятельно. В данной работе рассматривается автономный робот. Для движения автономных роботов характерны следующие задачи, которые мы позволили себе попробовать решить:

- недостаточное ориентирование на маршруте (проблема логики движения);
- частые потери контроля маршрута следования (нечёткое движение по маршруту, выезд за его пределы или непредвиденные алгоритмом ситуации);

Ключевыми причинами являются:

- слабость алгоритмов управления;
- погрешность электроники и механики.

Описание робота

В качестве решения проблемы был сконструирован робот на базе игрушечной машинки. Характеристики робота: четырёхколёсная платформа, 6 инфракрасных датчиков, определяющих линию, 2 механических датчика, воспринимающих столкновения, микроконтроллер и драйвер двигателя, позволяющий управлять скоростью и направлением движения робота, сервопривод, отвечающий за поворот передних колёс. Движение робота осуществляется посредством поворота его передних колёс, угол поворота которых определяется положением черной линии относительно датчиков. Робот способен регулировать скорость в зависимости от ситуации. Так же был разработан алгоритм отслеживания линии, позволяет ехать роботу подобной конструкции вдоль одной линии, не теряя её.

Результаты экспериментов

После прошивки микроконтроллера были проведены первые испытания алгоритма на реальном роботе. С первого раза не достигли лучшего результата, т.к. всякий алгоритм существуют коэффициенты, которые должны быть откорректированы на опытах.

Тестирование робота на трассе было успешным. Разработанная логика оправдала себя. Робот уверенно ехал по черной линии и не терял её, столкновений практически не было. Робот на соревнованиях в Львове на 3D-трассе занял второе место.

Заключение

В дальнейшем планируется:

- использовать подобную логику для гусеничной платформы,
- разработать логику для робота, воспринимающего информацию с камеры.

Сейчас идет активная работа над разработкой логики, основанной на показаниях дальномеров.

Полученный опыт в конструировании и программировании робота является очень ценным. При помощи таких проектов студенты могут на практике применять и совершенствовать свои знания в области программирования, механики, и электроники. Это делает процесс обучения более интересным и захватывающим, а так же стимулирует студентов вести научную деятельность.

И. С. Якимущ, М. А. Мирзаванд
(БНТУ, Минск)

СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ ЗАДАНИЯ СЕЙСМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК НА ПРИМЕРЕ АНАЛИЗА СЕЙСМОСТОЙКОСТИ МОРСКОЙ НЕФТЕДОБЫВАЮЩЕЙ ПЛАТФОРМЫ ПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ

В данной работе моделировалось воздействие на платформу первых пяти секунд землетрясения, произошедшего в 1978 году в окрестностях иранского города Тебес.

Сейсмическое воздействие реализовано двумя способами:

Приложением к конструкции изменяющегося глобального ускорения в соответствии с акселерограммой при помощи шагов нагружения.

Заданием перемещений основания платформы в каждый момент времени при помощи таблицы.

Поскольку решив систему уравнений (1)

$$\begin{aligned}\frac{d}{dt} u(t) &= v(t) \\ \frac{d}{dt} v(t) &= a(t)\end{aligned}\tag{1}$$

где $u(t)$ – перемещение, $v(t)$ – скорость, $a(t)$ – ускорение в момент

времени t соответственно, с соответствующими начальными или граничными условиями можно определить скорость и перемещение земной поверхности, а значит и нижней части основания платформы (которая перемещается вместе с землей) в любой момент времени.

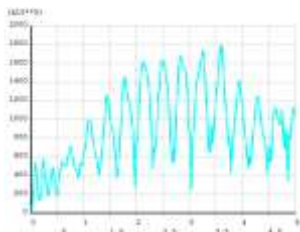


Рисунок – 1

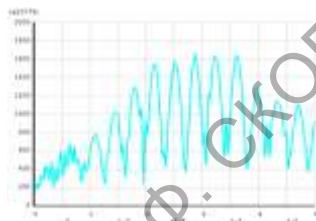


Рисунок – 2

Различие между максимальным эквивалентным напряжением, рассчитанным по первому (рис. 1) и второму (рис. 2) способу, составляет 8.2%.



АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

И. С. Анищенко

(ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно)

АВТОМАТИЗАЦИЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ РАСПРЕДЕЛЕННЫМИ ИСПОЛНИТЕЛЯМИ

Динамичная внешняя среда и глобализация общества привели к резкому увеличению количества “внешних” по своей природе задач, обладающих новыми свойствами. Характерной особенностью этих задач является необходимость декомпозиции задачи между исполнителями с последующим объединением полученных результатов. Предметная область задач формируется из информационных территориально распределенных источников. Носителями знаний, как правило, являются эксперты. Существующие методологии и инструментальные средства построения программных систем ориентированы на задачи с четко формализованными предметными областями и заранее определенной статической структурой. Поэтому актуальной проблемой является разработка программных средств, учитывающих свойства нового класса задач и распределенный характер их происхождения [1].

В качестве решения предлагается создать программную систему, которая будет формировать единое информационное пространство для распределенных исполнителей и обеспечивать их согласованную работу. Динамичность и целостность предметной области поддерживается на протяжении всего жизненного цикла за счет программного агента, предназначенного для построения и последующей модификации виртуальной модели сложно-структурированной задачи.

Виртуальная модель сложно-структурированной задачи может быть представлена древовидным ациклическим графом, вершиной ко-

торого является задача, узлы определяют иерархию подзадач, дуги – уровень их вложенности. В контексте рассматриваемой задачи, проблема представления графа усложняется тем, что вместе со структурой графа необходимо хранить описание отдельной задачи и набор атрибутов, связанных с каждой вершиной. Иными словами, вершины графа неоднородны. Таким образом, требуется разработать способ представления графовой модели задачи, позволяющий описать модель в виде формальной спецификации. Применение стандартов, основанных на технологии XML, позволяет описать модель задачи, обеспечивая возможность автоматизации процедур обработки графа, его модификации и синтаксического анализа.

Литература

1. Карканица А.В. Онтологический подход к построению моделей динамических предметных областей // Вестник Гродненского государственного университета имени Янки Купалы. Серия 2. – 2010. – №1(92) – С.92-97.

П. М. Батура, Е. В. Шешко, М. П. Ревотюк
(БГУИР, Минск)

БЕЗОПАСНОЕ ПРЕРЫВАНИЕ ПРОЦЕДУР МЕТОДА ВЕТВЕЙ И ГРАНИЦ

Предмет рассмотрения – способ компактного представления в произвольный момент состояния задачи, решаемой методом ветвей и границ с распараллеливанием, для последующего восстановления состояния и продолжения процесса решения на любом доступном узле сети.

В любой момент времени на дереве вариантов можно выделить путь от его корня к листу. Это путь обычно представлен неявно стеком локальных переменных рекурсивно вызываемых функций анализа отдельного узла. Возможность выделения пути от его корня дерева к листу в произвольный момент прерывания появится лишь после дополнения переменных состояния указателем на их предыдущий экземпляр. Предлагается такое дополнение оформить классом в рамках объектных технологий. Локальный фрагмент переменных состояния включаются в список конструктором непосредственно после выделения памяти. Исключение из списка производится деструктором перед освобождением памяти.

Рассмотрим более подробно переход между уровнями ветвления, определяя набор операций класса синхронной обработки прерываний.

Пусть $\mathbf{x}_i^l$ – переменные состояния на уровне l , соответствующие листу i , $i = \overline{1, n_l}$. Альтернативы ветвления представимы инкрементом вектора состояния на предыдущем уровне $\mathbf{x}_i^{l+1} = \mathbf{x}_{i(l)}^l + \Delta \mathbf{x}_i^{l+1}$, $i = \overline{1, n_{l+1}}$, $i(l) \in \overline{1, n_l}$. Здесь $i(l)$ – номер альтернативы на уровне l , которая является текущим предком альтернатив следующего уровня.

Очевидно, что альтернативы с номерами $\overline{1, i(l) - 1}$, $l > 0$ соответствуют просмотренной части дерева. На уровне $l = 0$ переменные состояния представляют исходные данные задачи $\mathbf{x}_0^0$. На уровне $l + 1$ интерес представляет лишь одна очередная альтернатива $\mathbf{x}_{i(l+1)}^{l+1} = \mathbf{x}_{i(l)}^l + \Delta \mathbf{x}_{i(l+1)}^{l+1}$, $i(l) \in \overline{1, n_l}$, $i(l+1) \in \overline{1, n_{l+1}}$. Отсюда следует, что $\mathbf{x}_{i(l+1)}^{l+1} = \mathbf{x}_0^0 + \sum_{j=1}^{l+1} \Delta \mathbf{x}_{i(j)}^j$. Возврат в предшествующее состояние реализуется операцией декремента $\mathbf{x}_{i(l)}^l = \mathbf{x}_{i(l+1)}^{l+1} - \Delta \mathbf{x}_{i(l+1)}^{l+1}$, $i(l) \in \overline{1, n_l}$, $i(l+1) \in \overline{1, n_{l+1}}$, $l > 0$.

Сохранение состояния процесса решения реализуется сканированием списка и выводом, например, в файловый поток. Это удобно синхронизировать с моментом обработки листа дерева вариантов.

Таким образом, состояние процесса решения оказывается представленным удобным для его миграции и дальнейшего распараллеливания системно-независимым и проблемно-ориентированным способом.

А. А. Белявский

(ГГТУ им. П.О. Сухого, Гомель)

РАЗРАБОТКА АДАПТИРУЕМОЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ВЕДЕНИЯ ГОСУДАРСТВЕННОЙ СТАТИСТИЧЕСКОЙ ОТЧЕТНОСТИ

Ведение государственной статистической отчетности (ГСО) субъектами хозяйствования – трудоемкий процесс, обусловленный рядом факторов: 1) предприятие отчитывается по многим формам ГСО; 2) отчеты заполняются часто; 3) объем отчетной информации велик; 4)

ошибки в ГСО ведут к различным санкциям. Эти требования привели к разработке различных автоматизированных рабочих мест и систем (АРМ, АС) ведения ГСО на предприятиях. В настоящее время не существует универсальных программных комплексов с простой настройкой конечным пользователем при изменениях форм ГСО, поэтому часто требуется модернизация АРМ и АС по ведению ГСО предприятий при изменениях форм отчетности.

Разработаны модели данных для предметной области ведения ГСО и соответствующая АС. Формы ГСО имеют сложную структуру. Наименования показателей хранятся в справочных таблицах, из которых пользователь выбирает необходимые строки в соответствии с нормативными документами. При изменениях требований к формам ГСО не требуется изменять структуру базы данных и программные модули, достаточно добавить строки в соответствующие справочники строк и столбцов, что реализуется с помощью простого графического интерфейса. Возможна простая настройка АС на учет новой формы ГСО, которая ранее не использовалась. Разработанный программный комплекс включает 4 основных компонента, показанных на рисунке.

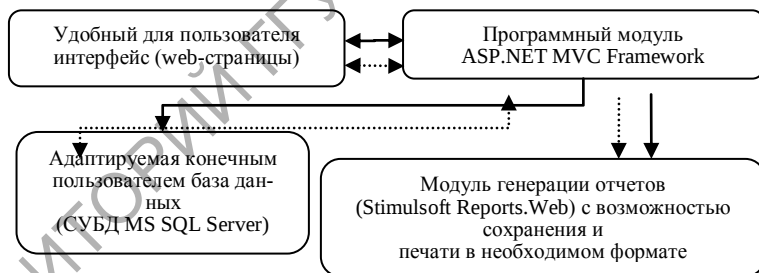


Рисунок – Схема взаимодействия компонентов АИС

На схеме взаимодействие модулей АС характеризуется потоками управления (сплошная линия) и потоками данных (прерывистая линия), проходящих через программный модуль. Конечный пользователь взаимодействует с АС с использованием web-браузера, программный модуль обрабатывает запросы пользователя и обращается к БД либо к модулю генерации отчетов. Разработанная АС верифицирована при ведении ГСО по топливно-энергетическому комплексу.

Е. А. Благодарная, В. В. Можаровский, Т. М. Демова

(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА РАСЧЕТА ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ТРУБ ИЗ КОМПОЗИТОВ

Совершенствование конструкций современной техники сопровождается сменой конструкционных материалов. В различных технических системах на место традиционных металлов и сплавов приходят композиционные материалы.

Аналитически и численно решается задача расчета напряженно-деформированного состояния трубы из композиционного материала под действием внутреннего давления. Расчеты строятся на основании ранее разработанных подходов, освещенных в литературе [1] – [4]. Произведена оценка влияния свойств компонентов композита, т.е. армирующих волокон и упругих свойств матрицы, а также объемное содержание волокон в композите на напряженное состояние в трубе. Производится оценка прочностных характеристик на основе макроподхода, используя правило «смесей».

Литература

1. Можаровский, В. В. Прикладная механика слоистых тел из композитов / В. В. Можаровский – Мн.: 1988. 271 с.
2. Друтовский Р. Контактная упругость высокоэластичных материалов для уплотнений.– Проблемы трения и смазки, 1968, №2.
3. Лехницкий Г.С. Теория упругости анизотропного тела/ Г.С. Лехницкий – Мн.: 1977. 460 с.
4. Васильев, В.В. Композиционные материалы/ В.В. Васильев Ю.М. Тарнапольский – Справочник М.: Машиностроение, 1990. 426 с.
5. Шилько С.В., Можаровский В.В., Конопацкий Н.А., Мурычев А.С. Исследование деформирования металлополимерных труб и их уплотнений при экстремальных силовых воздействиях // «Полимерные композиты и трибология», Международная научно-техническая конференция, 27–30 июня 2011 г. – Гомель: ИММС НАН РБ, 2011. С.229-230.

П. Е. Василюк, В. В. Кулик

(БрГТУ, Брест)

**АДАПТИВНЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ БОРЬБЫ
С ЗАТОРАМИ И ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ
НА РЕГУЛИРУЕМЫХ ПЕРЕКРЕСТКАХ.**

Мы живем в эпоху технических открытий, которые нацелены в первую очередь на помощь человеку. Но очень часто бывает так, что открытия не только дают нам новые возможности и помогают в решении проблем, но и создают новые проблемы, которые также должны решаться с помощью новых технологий. Одним из таких изобретений стало транспортное средство, и, в частности, автомобиль. Он помогает нам сэкономить время, быстро и комфортно добраться туда, куда не доберешься другим транспортом.

С появлением автомобилей появились проблемы в организации их комфортного и безопасного движения: автомобилей и дорог становится все больше, все больше появляется перекрестков, пешеходных переходов, все серьезнее становятся вопросы безопасности людей. На помощь приходят опять же новые технологии. Большое количество разнообразных датчиков, камер, программных продуктов, нацеленных на анализ обстановки на дорогах, вычислительные мощности, решающие поставленные задачи – все это вместе и по отдельности дает много возможностей. Но возникает вопрос целесообразности использования того или иного метода в определенных условиях. Одни средства слишком дороги, другие слишком малоэффективны, третьи слишком массивны. Сложно найти компромисс, но именно этой задачей задались мы.

Мы нашли способ добиться максимальных возможностей, при этом используя минимальное количество технических и материальных средств. Наш способ позволяет не только осуществить адаптивную регулировку на больших и маленьких перекрестках, но также позволяет увеличить уровень безопасности их преодоления. Для обработки данных нет надобности в сложных вычислительных мощностях, использовании серьезных программных продуктов, и массивном аппаратном оснащении. Все датчики будут находиться на одной линии на асфальте, занимая мало места и позволяя работать автономно, а главная особенность получения «знаний» об обстановке на дороге заключается в оригинальном подходе к их обработке. Задаваясь целью упрощения, большая часть решения задачи заключена на математиче-

ских правилах и свойствах колесных транспортных средств. Мы считаем, что именно такой подход необходим сейчас на наших дорогах.

Д. В. Гаврилюк
(БГТУ, Минск)

ХЕШИРОВАНИЕ СООБЩЕНИЙ НА ОСНОВЕ НЕЙРОСЕТЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Технология использования искусственных нейронных сетей для криптографических приложений является новым и перспективным направлением в области защиты информации [1,2].

Хеш-функция преобразует входной массив данных произвольной длины в выходную битовую строку фиксированной длины. Такое преобразование называется хешированием, а его результат называется хешем, хеш-кодом или дайджестом сообщения.

Существует множество алгоритмов хеширования. Выбор той или иной хеш-функции определяется спецификой решаемой задачи. В общем случае однозначного соответствия между исходными данными и хеш-кодом нет. В связи с этим существует возможность появления одинаковых хеш-кодов – так называемые коллизии. Вероятность возникновения коллизий играет немаловажную роль в оценке качества хеш-функций.

Среди множества существующих хеш-функций принято выделять криптографические или криптостойкие, применяемые в криптографии. Криптостойкая хеш-функция прежде всего должна обладать стойкостью к коллизиям двух типов:

- 1) для заданного сообщения должно быть практически невозможно подобрать другое сообщение, имеющее такой же хеш;
- 2) должно быть невозможно подобрать пару сообщений, имеющих одинаковый хеш.

Как правило, криптографическая хеш-функция является конкатенацией различных составных частей или блоков, причем вычисление каждого следующего блока хеш-функции зависит не только от данных, но и от значений предыдущих блоков. Такое преобразование обеспечивает свойство односторонности. Это допускает возможность генерации хеш-функций, основанных на использовании нейросетевых технологий.

В докладе рассматриваются следующие вопросы:

- анализ криптостойкости хеш-функций на основе нейронных сетей;
- модель нейронной сети, предназначенной для вычисления хеш-функции.

Литература

1. Плонковски, М. Использование нейронных сетей в операциях над хеш-функциями / М. Плонковски // Труды БГТУ. Сер. VI, Физ.-мат. науки и информатика. – 2007. – Вып. XV. – С.169–171.
2. Чуриков, К. Методы вычисления и анализа хеш-функций на основе нейросетевых технологий / К. Чуриков // Труды БГТУ. Сер. VI, Физ.-мат. науки и информатика. – 2011. – Вып. XIX. – С.138–141.

Е. В. Голубчик

(БНТУ, Минск)

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПАРАМЕТРАМИ ПРОМЫШЛЕННОГО АКВАРИУМА

Одной из сложнейших и насущных проблем современного мира является обеспечение увеличивающегося населения планеты продуктами питания. Одновременно она теснейшим образом переплетается с проблемой охраны окружающей среды. При общей тенденции к сокращению рыбных запасов в морях и океанах особое значение приобретает аквакультура, т.е. разведение рыбы, пищевых беспозвоночных и водорослей в контролируемых условиях.

Увеличение производства рыбы традиционными методами, основанными преимущественно на экстенсивном использовании природных ресурсов, имеет определенные естественные ограничения. Лимитирующими факторами выступают земля, вода и внешняя среда. В связи с этим актуальным является перспективное расширение индустриальных хозяйств, обеспеченных суперинтенсивными технологиями.

К таким технологиям относится автоматизированный промышленный аквариум с замкнутым водоиспользованием. Основные преимущества автоматизированного промышленного аквариума (по сравнению с прудами для рыбы):

- круглогодичное производство рыбы;
- высокая производительность рыбной продукции;
- сокращение времени выращивания рыбопродукции (в 3-6 раз);
- стабильные поставки продукции на рынок;
- себестоимость добычи не зависит от внешней температуры и погоды;
- возможность размещения аквариума в регионах с экстремальными погодными условиями для рыбы;

- уменьшение водопотребления (в 160 раз);
- экологичность.

Для поддержания состояния водной среды используется оборудование, датчики и контроллер. Контроллер принимает сигналы с датчиков, и согласно программе посылает управляющие сигналы на оборудование. Кроме программы, по которой работает контроллер в автоматическом режиме, имеется SCADA система, которая выполняет диспетчеризацию и мониторинг состояний оборудования. Также можно удаленно корректировки вносить (используя модем и компьютер) в программу контроллера при помощи SCADA.

Подобные установки обеспечивают полную независимость производственного процесса от природно-климатических условий и времени года, а также независимость от людей.

В. А. Гордеенко
(БНТУ, Минск)

ПРОГРАММА УЧЕТА ОБЩЕСТВЕННОГО ПИТАНИЯ ДЛЯ ВОЛКОВЫССКОГО ОАО «БЕЛЛАКТ»

На данный момент на Волковысском ОАО «Беллакт» создается масштабная база данных, которая будет включать в себя информацию о деятельности всей инфраструктуры предприятия, документообороте, бухгалтерском учете, поставках сырья, продажах товара и т. д. Программный комплекс состоит из десятков модулей, связанных между собой и функционирующих как единое целое. Комплекс описывает материальную сторону всего производства. Одна из программ комплекса направлена на автоматизацию учета продуктов питания в заводской столовой.

Программа реализует следующие функциональные возможности:

- ведение базы калькуляционных карт (использование составных ингредиентов),
- печать технологических карт (наименование изделия, перечень сырья, применяемого для изготовления блюда, требования к качеству сырья и т. д.),
- калькуляция блюд (автоматический расчет себестоимости)
- составление и печать меню,
- учет движения товаров (приход, расход, списание, комплектация),

- автоматизированное списание продуктов и полуфабрикатов на основании реализации блюд с использованием или без использования взаимозаменяемых продуктов,

- многофункциональная инвентаризация, ввод и хранение данных о всех продуктах, участвующих в производстве, единицах измерения, корреспондентах, валютах, плане счетов и т.д.

- создание всевозможных документов: приходных и расходных накладных, документов внутренних перемещений, документов списания испорченных продуктов питания, документов о расходе блюд и т. д.

В качестве инструмента для реализации проекта был выбран программный продукт 1С:Предприятие 8.2 как система, специально разработанная и предназначенная для автоматизации деятельности на предприятии. 1С:Предприятие имеет ряд преимуществ в данном направлении разработок программного обеспечения, т. к. это (одновременно) и технологическая платформа, и пользовательский режим работы. Также на данной платформе разрабатывается вся остальная система документооборота и бухгалтерского учета для Волковысского ОАО «Беллакт», так что мой проект будет полностью интегрирован в общую систему.

А. В. Господ, М. М. Кожевников

(МогГУП, Могилев)

ПРОГРАММНОЕ УПРАВЛЕНИЕ РОБОТАМИ-МАНИПУЛЯТОРАМИ ПРИ НАЛИЧИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОГРАНИЧЕНИЙ

Эффективное внедрение и использование роботизированных технологических комплексов (РТК) тесно связано с созданием систем автономного программирования роботов. При этом одной из наиболее трудоемких задач является планирование траектории манипулятора в рабочей среде с препятствиями. Эта задача заключается в нахождении последовательности локаций робота, движение по которым не приводит к столкновениям с препятствиями, причем начальная и целевая конфигурация заданы заранее.

В данной работе предложен новый алгоритм программного управления роботом-манипулятором, основанный на использовании топологически упорядоченной нейронной сети, которая моделирует весовую функцию, характеризующую расположение робота-манипулятора относительно ограничений на положение технологиче-

ского инструмента и ограничений его ориентацию. Такой метод позволяет эффективно учесть сложную форму препятствий в промышленных РТК и синтезировать программные движения робота без предварительной проверки его движений на соответствие ограничениям, что обеспечивает приемлемое для практики количество проверок на столкновение при фиксированном шаге дискретизации.

Задача планирования траектории в дискретном конфигурационном пространстве сформулирована следующим образом: среди всех последовательностей дискретных конфигураций $q_{s1}, q_{s2}, \dots, q_{sg} \in DC_f$ координаты которых лежат внутри области ограниченной предельно допустимыми значениями углов в сочленениях q_{1j} и q_{Nj} ($j=1:n$) найти последовательность, на которой достигается минимума критерий качества траектории:

$$J = \sum_{k=1}^{g-1} T_{sk(sk+1)}(d_{sk(sk+1)}),$$

где $T_{sk(sk+1)}$ – значение весовой функции для прямолинейного отрезка траектории $d_{sk(sk+1)}$.

Исследование эффективности предложенного алгоритма выполнялось в среде САПР ROBOMAX. В качестве объекта использовалась роботизированная ячейка, включающая робот-манипулятор KR125, а препятствие – технологическая оснастка и кондукторная плита. Результаты проведенных экспериментов подтверждают эффективность предложенного подхода.

С. М. Грибкова, Н. И. Березовский
(БНТУ, Минск)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА ОБЕЗВОЖИВАНИЯ

Горючие ископаемые в природных условиях имеют большую влажность, удаление которой является основной проблемой, возникающей при получении готовой продукции. Создание современных прогрессивных способов переработки в настоящее время связано с разработкой эффективного обезвоживания. Интенсивность удаления влаги во многом зависит от ее энергии связи и процессов тепломассопереноса. Динамика взаимосвязей исследуемых факторов рассмотрена с помощью уравнения диффузии в евклидовом пространстве R^n при $n = \overline{1,3}$

$$\frac{\partial W}{\partial t} = \frac{1}{x^n} \frac{\partial}{\partial x} (x^n D \frac{\partial W}{\partial x}), \quad (1)$$

где при $n=0$ уравнение исследуется в прямоугольной системе координат, при $n=1$ – в цилиндрической и при $n=2$ – в сферической системе координат; W – концентрация влаги на расстоянии x от поверхности в момент времени t , $x \in [0; e]$; D – коэффициент диффузии. Граничные условия представлены в обобщенном виде:

$$\left(A_1 W + A_2 \frac{\partial W}{\partial x} \right) \Big|_{x=0} = A_3; \quad \left(B_1 W + B_2 \frac{\partial W}{\partial x} \right) \Big|_{x=e} = B_3, \quad (2)$$

где, задавая параметры $A_1, A_2, A_3, B_1, B_2, B_3$ можно варьировать краевые условия задачи. При $A_2 = B_2 = 0$ – граничные условия первого рода, при $A_2 = B_2 = 1, A_1 = B_1 = 0$ – граничные условия второго рода, при $A_3 = 0, B_3 = 0$ – граничные условия третьего рода. Аналитическое решение задачи получается в виде [1]

$$w(x, t) = \sum_{k=1}^{\infty} \left[\frac{2l}{k\pi} \left(1 + \frac{6l^2}{k^2 \pi^2} \right) \cos k\pi e \frac{k^2 \pi^2}{l^2} \sin \frac{k\pi x}{l} \right]. \quad (3)$$

Эффективность процесса механического обезвоживания η можно с достаточной точностью определить по формуле [2]

$$\eta = \frac{C}{W} (1 - e^{-F}) \cdot 100\%, \quad (4)$$

где числовые параметры C, F определяются для конкретного способа сушки.

Литература

- 1 Воронова, Н.П. Математическое моделирование и управление теплотехнологиями промышленных производств: монография / Н.П. Воронова. – Минск: БНТУ, 2009. – 260 с.
- 2 Березовский, Н. И. Обезвоживание полезных ископаемых: идеи и практика энергосбережения / Н.И. Березовский, Б.А. Богатов. – Минск: Технопринт, 2000. – 170 с.

А. А. Гриченко

(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

РАСЧЕТ КОЭФФИЦИЕНТОВ ДИСКРИМИНАНТНОЙ ФУНКЦИИ ПРИ НАЛИЧИИ ДВУХ ОБУЧАЮЩИХ ВЫБОРОК

Рассмотрим данные по двум группам промышленных предприятий машиностроительного комплекса: фондоотдачей основных фондов,

затратами на рубль произведенной продукции, затратами на сырье и материалы. Требуется произвести классификацию объектов по двум обучающим выборкам.

Известно, что вся процедура сводится к нахождению дискриминантной функции $f(x) = a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3$, где коэффициенты a_1 , a_2 и a_3 вычисляются по формуле: $A = S_*^{-1}(\bar{X}_1 - \bar{X}_2)$ ($\bar{X}_1$ и $\bar{X}_2$ – векторы средних значений в первой и второй группах; A – вектор коэффициентов; S_*^{-1} – матрица, обратная совместной ковариационной матрице). Таким образом, можно рассчитать значения дискриминантной функции для каждого объекта и границу, разделяющую две рассматриваемые группы $C = \frac{1}{2}(\bar{f}_1 + \bar{f}_2)$.

Следовательно, те объекты, что расположены выше найденной прямой, относятся к первой группе предприятий, а те объекты, что расположены ниже – ко второй группе (рис. 1).

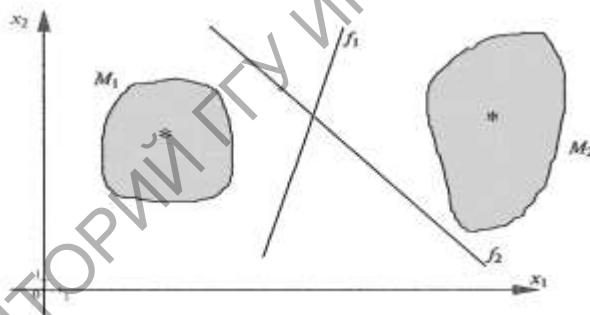


Рисунок 1 – Два класса объектов и разделяющие их прямые

Применение метода расчета коэффициентов дискриминантной функции позволяет установить, что классифицирование при наличии определенного количества обучающих выборок дает лучшие результаты моделирования объектов исследования, что находит широкое применение в таких областях, как медицина, социология, психология, экономика и экономические процессы.

Литература

- 1 Гайдышев, И. Обработка и анализ данных / И. Гайдышев. – СПб. : Питер, 2001. – 752 с.
- 2 Хафальян, А. А. Статистический анализ данных / А. А. Хафальян. – М. : ООО «Бином–Пресс», 2007. – 512 с.
- 3 Мандель, И. Д. Многомерный статистический анализ экономических процессов / И. Д. Мандель. – СПб. : Питер, 1989. – 318 с.

Т. Г. Кравченко, В. Е. Быховцев

(ГТУ им. Ф. Скорины, Гомель)

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЕФОРМАЦИЙ ГРУНТОВОГО ОСНОВАНИЯ ВИНТОВОЙ СВАИ

Грунтовые основания образуют сложную по структуре и свойствам неоднородную и нелинейно-деформируемую сплошную среду. Механико-математическую модель деформирования грунтов можно представить в виде: $\sigma_i = A \varepsilon_i^m$. Параметры этого закона деформирования определяются экспериментально. При завинчивании сваи происходит смятие грунта в цилиндрической области вокруг сваи и его уплотнение вследствие внедрения тела сваи. Уплотнение грунта будет происходить с постепенным убыванием до его начального естественного состояния. В целом винтовая свая с уплотнённой областью грунтового основания образуют сложную по структуре и свойствам неоднородную и нелинейную физическую систему.

В настоящей работе для анализа смещения винтовой сваи при вдавливании строится виртуальная физическая и математическая модели исследуемой системы посредством формирования однородного грунтового основания, эквивалентного по несущей способности реальному неоднородному уплотнённому грунтовому основанию. Значения основных физико-механических характеристик и параметров закона деформирования эквивалентного грунтового основания предлагается определять методом наименьших квадратов на основании экспериментальных данных зависимости осадки сваи от нагрузки при учёте бокового давления в грунте в состоянии покоя. Для рассматриваемой модельной задачи было получено $\sigma_i = 15 \varepsilon_i^{0,52}$. Компьютерное моделирование было выполнено с помощью ПК «Энергия-ОС-09». Результаты представлены в таблице 1 и на графике (рис. 1).

Таблица 1 – Деформации эквивалентного грунтового основания

σ	0,0676	0,135	0,204	0,272	0,34
$\varepsilon_{\text{нел}}$	0,0001	0,0003	0,00056	0,001	0,00163
$\varepsilon_{\text{лин}}$	0,00015	0,0003	0,00045	0,0006	0,00075

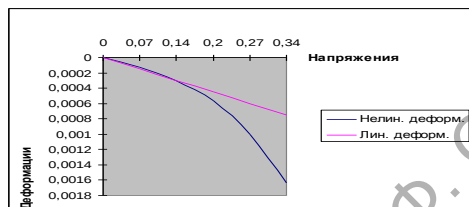


Рисунок 1 – График деформации эквивалентного грунтового основания

Как видно из приведённых результатов, компьютерное моделирование осадки сваи с учётом уплотнения и нелинейной деформации грунта хорошо соответствует экспериментальным данным.

Н. А. Жилияк, И. В. Лебедев, А. С. Федотов
(БГТУ, Минск)

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ ПРОДУКЦИИ

Одним из направлений повышения конкурентоспособности электронных устройств является совершенствование осуществляемых в реальном времени многоканальных вторичных вычислений измерительных комплексов. Данный факт способствует с минимальными аппаратными и вычислительными издержками резко повысить метрологические характеристики данных комплексов, расширить ассортимент технических объектов, которые могли бы быть использованы в качестве первичных измерительных преобразователей, а также качественно расширить объем измерительной информации, получаемой от того же количества первичных измерительных преобразователей. Наиболее мощный толчок развитию многоканальных вторичных вычислений могло бы дать выполнение их в специализированных вычислительных процессорах. Однако этому препятствует практика ручного проектирования функциональных схем вычислительных структур, которая ограничивает рост

сложности проектируемых структур из-за низкой скорости, снижения надежности и высокой стоимости такого проектирования.

Автоматическому проектированию и/или синтезу функциональных схем посвятили свои исследования ряд отечественных и зарубежных ученых, среди которых необходимо отметить С.В. Тарарыкина, А.А. Петровского, А.С. Кобайло, Р. Реймана, Д. Кронина, Х. Гома, А. Купера и др. Наиболее полно принципиальные решения для синтеза ФС реализованы в теории синтеза вычислительных структур реального времени, которая обеспечивает современную функциональность управления вычислительными структурами с использованием конвейеризации и распараллеливания вычислительного процесса. Однако данная теория не имеет примеров практического использования из-за отсутствия адаптации ее методов к реализации в вычислительных системах с ограниченными вычислительными ресурсами и к условиям, выдвигаемым к синтезу функциональных схем, как операционной части, так и управления многоканальными вторичными вычислениями.

В связи с выше сказанным, на базе теории синтеза вычислительных структур реального времени были разработаны методы и алгоритмы синтеза функциональных схем многоканальных вторичных вычислений. Также они же использованы при разработке новых измерительных комплексов с целью повышения конкурентоспособности радиоэлектронной продукции на внутреннем и внешнем рынках, что на сегодняшний день является актуальной задачей.

Разработанные методы были использованы при проектировании программно-аппаратной части регистрирующего устройства РМ-2201. Данное устройство предназначено для аналого-цифрового преобразования входных сигналов термопар, их цифровой обработки в схеме многоканальных вторичных вычислений, вывода результатов измерений на встроенный или внешний дисплей и запоминания измеренных данных на внешней карте флэш-памяти. При разработке регистратора многоканального РМ-2201 автоматически были реализованы следующие задачи: синтезирована функциональная схема операционной части многоканальных вторичных вычислений, обеспечивающей вычисления набора полиномов 8-й и 14-й степени, описывающих зависимость термо-ЭДС от температуры; синтезирована ФС управления МВВ на основе унифицированных модулей с цифровым управлением, обеспечивающих формирование управляющих сигналов для организации вычислений полиномов в операционной части.

Также предложенные автором алгоритмы и методы рекомендуются использовать в организациях, занимающихся решением задач, связанных с разработкой вычислительных комплексов, в частности в области приборостроения.

Литература

1. Жилиак, Н.А. Методы синтеза вычислительных систем / Н.А. Жилиак // Автоматический контроль и автоматизация производственных процессов: материалы Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 28–29 окт. 2009 г. – Минск: БГТУ, 2009. – С. 71–73.
2. Кобайло, А.С. Математическая модель блока управления измерительными каналами / А.С. Кобайло, Н. А. Жилиак // Труды БГТУ. Сер. VI, Физ.-мат. науки и информатика. – 2009. – Вып. XVII. – С. 103–106.
3. Жилиак, Н.А. Базовый алгоритм синтеза вычислительных систем реального времени / Н.А. Жилиак, А.С. Кобайло // Труды БГТУ. Сер. VI, Физ.-мат. науки и информатика. – 2007. – Вып. XV. – С. 147–150.
4. Жилиак, Н.А. Современные тенденции развития радиоэлектронной техники / Н.А. Жилиак // Организационно-техническое управление в межотраслевых комплексах: материалы докл. II Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 20–21 нояб. 2007 г. – Минск: БГТУ, 2007. – С. 381–389.

А. Т. Зайченко, Л. А. Цурганова

(ГТУ им. Ф. Скорины, Гомель)

ОСОБЕННОСТИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ «ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ ПЛИТА – ГРУНТОВОЕ ОСНОВАНИЕ»

Компьютерное моделирование системы «Фундаментальная плита – грунтовое основание», основанное на конечно-элементном моделировании и системном подходе, предполагает использование соответствующего программного обеспечения. Для организации обработки и хранения исходных данных, упакованной матрицы жесткости, векторов нагрузки и учета граничных условий может быть использовано два варианта. Первый вариант – использование только оперативной памяти. Второй вариант – использование внешней памяти для хранения матрицы жесткости и векторов нагрузки и учета граничных условий. Это связано с тем фактом, что для многих реальных систем «Фунда-

ментная плита – грунтовое основание» возникает необходимость в использовании матрицы жесткости, не помещающейся в оперативной памяти. Такая ситуация может возникнуть из-за моделирования грунтового основания со сложной структурой, требующего нерегулярной решетки расчетной области большого размера по количеству узлов.

Этапы конечно-элементного моделирования для обоих вариантов аналогичны: построение матрицы жесткости, построение вектора нагрузок, вектора учета граничных условий, внесение граничных условий в матрицу жесткости и решение системы линейных алгебраических уравнений. Однако их программная реализация различна. Использование внешней памяти значительно изменяет алгоритмы реализации этапов конечно-элементного моделирования.

Вполне очевидно, что способ организации использования памяти компьютера должен определяться программно. Для этой цели требуется определить необходимый размер памяти для выбранной схемы дискретизации области существования исследуемой системы «Фундаментная плита – грунтовое основание», оценить возможности ресурса оперативной памяти компьютера и выбрать вариант организации хранения данных.

Такой подход решения рассматриваемого класса задач позволяет строить нерегулярные схемы дискретизации области существования исследуемых систем больших размеров, что значительно уменьшает погрешности конечно-элементного моделирования, повышает точность полученного решения и обеспечивает большую гибкость компьютерному моделированию системы «Фундаментная плита – грунтовое основание» в плане выбора необходимой для решения задачи схемы дискретизации.

Н. В. Кисель, В. И. Хвещук

(БрГТУ, Брест)

РАЗРАБОТКА КОНЦЕПЦИИ СИСТЕМЫ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ

В процессе создания систем обработки данных (СОД) актуальной задачей является разработка концепций системы, которые удовлетворяют требованиям заинтересованных лиц (ЗЛ). Под концепцией СОД понимается набор системных решений по структуре СОД, ее компонентам и видам обеспечения.

Основой для построения концепций СОД является набор требования к системе со стороны ЗЛ. Все ЗЛ разделены на группы, каждая из которых имеет определенный приоритет при решении решений в отношении возможностей концепции СОД. Все требования, формируемые ЗЛ, разделены на группы, которые определены на основе требований к автоматизированным системам [1]. Для каждой группы определяется приоритет между группами, а внутри группы приоритеты между отдельными требованиями в группе. Выделены следующие группы требований: к системе (общесистемные, функциональные, требования к видам обеспечения, к документированию и т.д.), к процессу создания системы (требования к ресурсам на создание системы, к стандартам и т.д.). Рассматривается класс клиент-серверных архитектур СОД.

Исходной информацией для построения концепций системы являются перечень ЗЛ, набор требований к СОД, структура и характеристики наследуемой автоматизированной системы объекта, модель объекта автоматизации (см. настоящий сборник «Использование моделей деятельности предприятий в учебном процессе»).

Модель концепции системы предполагает определение следующих компонент: модель оборудования системы; модель программного обеспечения системы; модель информационного обеспечения системы. Каждая из моделей имеет привязку к рабочим местам сотрудников объекта, для которых определены функциональные и информационные компоненты объекта.

Данная модель реализуется в виде диалогового приложения в клиент-серверной архитектуре, обеспечивающего диалоговый интерфейс для студентов. Результатом работы приложения является набор концепций СОД, для которых можно проводить оценку и выбор концепции наиболее полно удовлетворяющей требованиям ЗЛ. Планируется использование предложенного приложения в рамках лабораторных работ и курсового проектирования по дисциплине «Проектирование автоматизированных систем обработки данных».

Литература

1. Информационная технология. Техническое задание на создание автоматизированной системы. ГОСТ 34.602-90.

А. С. Козлов, Т. А. Трохова
(ГГТУ им. П.О. Сухого, Гомель)

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ КОМПОНОВКИ НИЗА ОБСАДНЫХ КОЛОНН

В настоящее время к строительству скважины предъявляются значительно более жесткие экологические и экономические требования. Строительство скважины и ее эксплуатация должны оказывать минимальное влияние на экосистему. Разработка месторождения должна преследовать цель не максимально быструю его выработку, а наибольшую его нефтегазоотдачу с причинением минимального ущерба окружающей среде. Важность качественного проектирования обсадных колонн при строительстве и эксплуатации скважин трудно переоценить. Многие буровые инженеры считают проектирование обсадных колонн краеугольным камнем проектирования скважин. Элементы оснастки обсадных колонн представляют комплекс устройств, применяемый для успешного спуска обсадных колонн и качественного цементирования скважин, надежного разобщения пластов и последующей нормальной эксплуатации скважин. Использование компьютера в процессе моделирования компоновки низа обсадной колонны (КНОК), проведении расчетов и создания отчетов и чертежей, значительно сокращает временные и экономические затраты и повышает качество проектировочных работ, что является весьма актуальной проблемой.

Разработанное программное обеспечение предоставляет инженеру-проектировщику следующий набор функций:

- 1) хранение и добавление графических примитивов КНОК в БД;
- 2) моделирование КНОК с использованием выбранных графических примитивов;
- 3) сохранение разработанной КНОК в БД;
- 4) загрузка ранее разработанных КНОК для последующей доработки или изменений;
- 5) проведение прочностных расчетов;
- 6) формирование проектировочных отчетов и графиков.

Высокая квалификация инженера-проектировщика в сочетании с данным программным комплексом позволит получить нужный результат в сжатые сроки и сэкономит денежные средства на проектировку.

Разработанный программный комплекс позволяет проводить не только проектирование КНОК, но и вести документацию по текущим

проектировочным работам, включая отчеты и графики. Приложение может быть использовано в сфере нефтедобычи для предоставления инженеру-проектировщику возможности ускорить процесс проектирования компоновки низа обсадных колонн и грамотно представлять результаты работы.

Д. А. Кисло, В. И. Хвещук
(БрГТУ, Брест)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОДЕЛЕЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

Создание и применение автоматизированных систем обработки данных (СОД) предполагает знание объектов автоматизации (ОА, далее объект), изучению которых в учебном процессе уделяется недостаточно внимания. Этот процесс очень длительный и трудоемкий и требует изучения многочисленных документов. Кроме этого, в настоящее время практически отсутствуют объекты, в которых бы не использовались программно-аппаратные средства автоматизации их деятельности (наследуемые системы автоматизации – НСА).

Для совершенствования процесса изучения объектов студентами в рамках дисциплины «Проектирование автоматизированных систем обработки данных» предложен модельный подход, который заключается в разработке и применении конструктора моделей объектов, обеспечивающего создание набора моделей объектов и их последующее расширение и уточнение. С одной стороны это позволяет студентам использовать готовые модели объектов для их диагностики с целью автоматизации деятельности объекта, с другой стороны их можно использовать для уточнения и детализации различных аспектов в процессе решения практических задач автоматизации. Первоначальный набор моделей осуществляет преподаватель, которые затем могут использоваться студентами для выполнения определенных задач.

В качестве основного объекта автоматизации рассматривается деятельность предприятий, их отдельных подразделений и/или сотрудников, которая связана с обработкой документов (прием, хранение, обработка, тиражирование и т.д.). В работе предложено описание объекта, состоящее из четырех взаимосвязанных моделей: организационной модели (предприятие, подразделение, группа, сотрудник); функцио-

нальной модели (комплекс задач, задача, операция); информационной модели (документ, сущность, показатель); модели наследуемой автоматизированной системы (структура, устройство, программа, база данных). Кроме этого, определяется набор заинтересованных лиц (ЗЛ), которые участвуют в процессе формулирования требований к СОД, и набор самих требований к СОД.

Построение модели объекта в рамках конструктора предполагает последовательное описание различных аспектов объекта. Предложенная модель реализуется в виде диалогового приложения в клиент-серверной архитектуре, обеспечивающего диалоговый интерфейс для студентов. Планируется использование предложенного приложения в рамках лабораторных работ и курсового проектирования по дисциплине «Проектирование автоматизированных систем обработки данных».

М. М. Коленчукова, Т. А. Трохова

(ГГТУ им. П. О. Сухого, Гомель)

АВТОМАТИЗАЦИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПЛАНОВ ЛИКВИДАЦИИ ОСЛОЖНЕНИЙ ПРИ БУРЕНИИ НЕФТЯНЫХ СКВАЖИН

Одним из наиболее сложных процессов при строительстве нефтяных скважин является процесс анализа и ликвидации осложнений, возникающих при бурении. От быстроты ликвидации осложнений зависит в значительной степени время, затраченное на бурение. Ущерб от осложнений складывается из потерь времени для их ликвидации, зачастую сопоставимых со временем самого бурения, затрат на энергию и материалы. Поэтому компьютерный анализ и автоматизация процесса расчета потребности в материалах для ликвидации осложнений на скважинах является актуальной задачей, которая при полной реализации приведет к значительной экономии средств.

Весь набор функций, выполняемых данным программным комплексом, можно разделить на:

- выбор оптимального метода ликвидации произошедшего осложнения на скважине;
- расчет потребности в материалах для ликвидации осложнения на скважине;
- активирование данных о ликвидации осложнений на скважинах;
- поиск данных о произошедших ранее осложнениях на всех за-

регистрированных скважинах;

– ведение базы данных осложнений.

В соответствии с функциональной моделью программного комплекса были выявлены основные режимы его функционирования и разработано лингвистическое и информационное обеспечение.

Тщательная проработка методического материала по ликвидации осложнений при бурении скважин позволила провести детальный информационный анализ и корректно сформировать нормативно-справочную информацию программного комплекса.

Данный программный комплекс предназначен для работы как в оперативном режиме при возникновении осложнения на скважине, так и в режиме поиска и анализа информации по осложнениям на скважинах. Комплекс позволяет усовершенствовать процесс ликвидации произошедших осложнений на скважине, минимизировать затраты времени на создание и активирование документации, хранящей данные о произошедших осложнениях, возобновить технический процесс бурения скважины в кратчайшие сроки. Программный комплекс может применяться на предприятиях управления буровых работ ПО «Белоруснефть».

Н. Е. Королёва, В. В. Можаровский, Т. М. Демова

(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ПРИ КОНТАКТНОМ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ УПРУГИХ ТЕЛ С ПОКРЫТИЯМИ

Математические свойства композиционных материалов, параметры слоев на границах являются объектом широких физико-математических исследований. В этих исследованиях особое значение приобретает математическое моделирование, позволяющее проводить виртуальные исследования различного строения, свойств и механических характеристик компонентов и слоев композитов.

На основании имеющихся литературных источников [1-5] сделан обзор математических моделей при контактном взаимодействии упругих тел с покрытиями. Также рассмотрены задачи контакта упругих тел о взаимодействии штампа, имеющего основание в форме параболоида или плоского основания, со слоем при наличии сил кулоновского трения в области контакта, задачи на особенности контактного взаимодействия штампа и упругого слоя при наличии сил трения в области контакта.

Рассмотрен расчет коэффициента в плоской контактной задаче

теории упругости о взаимодействии штампа, имеющего основание в форме параболоида со слоем при наличии сил кулоновского трения в области контакта. Представлены методики расчета.

Литература

1. Можаровский В.В., Березовская Е.М. Решение краевой задачи для неоднородной полосы под действием нормальных и касательных сил // Математические проблемы механики неоднородных структур: Сборник научных статей. – Львов, 2000. – Т.1. – С. 291-293.

2. Можаровский В.В., Рогачева Н.А. Исследование напряженного состояния волокнистого композиционного материала с однородным покрытием при контакте с цилиндрическим индентором // Материалы, технологии, инструменты. – 2000. – Т.5, № 2. – С. 5-10.

3. Можаровский В.В., Березовская Е.М., Бабиц С.Ю. Контактное взаимодействие жесткого индентора с неоднородной ортотропной полосой // Веснік Мазырскага дзяржаўнага педагагічнага інстытута ім. Н. К. Крупскай. – 2001. – №5. – С. 3-8.

4. Можаровский В.В., Плескачевский Ю. М., Бабиц С.Ю., Березовская Е.М. Напряженно-деформированное состояние композиционных покрытий в трибологических системах // Трение и износ. – 2001. – Т.22, №4. – С. 379-385.

5. Можаровский В.В., Березовская Е.М. Определение напряженно-деформированного состояния слоистых неоднородных тел // Теоретическая и прикладная механика: – Научно– технический сборник. – Харьков, 2001. – Вып. 34. – С.3-9.

А. В. Кравцова, М. И. Жадан

(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

СОЗДАНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ «АПТЕКА» СРЕДСТВАМИ LOTUS NOTES

Lotus Notes, также известное как Lotus Notes/Domino – это мощное многогранное программное обеспечение для совместной работы специалистов. Он ориентирован на разработку и выполнение задач, которые требуют комплексного подхода, и, прежде всего на автоматизацию деловых процессов. Эти процессы могут вовлекать большое количество людей, которые часто территориально разобщены: это могут быть сотрудники разных отделов, поставщики и покупатели, которым

нужен одновременный доступ к совместно используемым данным, и между которыми циркулирует большое количество разнородной и неструктурированной информации.

Приложение Lotus Notes является клиент-серверным СУБД для создания баз данных нереляционной структуры. Это мощная система, которая позволяет управлять слабоструктурированными распределенными данными. Значимыми плюсами Lotus являются кроссплатформенность, возможность репликации баз данных, криптозащита, возможность управления доступа к данным (ACL) в зависимости от роли и уровня доступа.

В Lotus Notes включено множество приложений, таких как клиент электронной почты, календарь, планировщик задач, веб-браузер, клиент для обмена мгновенными сообщениями.

Для разработки БД существует возможность использовать такие языки программирования, как Lotus Script, Lotus @Formula, Java, JavaScript.

Единичной записью в базе Lotus является документ.

Приложение «Аптека» представляет собой набор баз данных, разработанных в Lotus Notes для контроля деятельности работы аптеки, ведения отчетности, учета товара, учета кадров и составления различных графиков внутреннего распорядка, таких как график посменного выхода на работу.

Средствами Lotus Notes/Domino было разработано приложение «Аптека», состоящее из баз данных «Кадры», «График выхода на работу», «Лекарственные средства». Отчетность реализована в виде категоризированных представлений. Для быстрого доступа к нужным данным реализован поиск по ключу в списке документов. Документы создаются по формам. При создании приложения использованы языки программирования Lotus Script и Lotus @Formula.

Приложение позволяет упростить работу аптек, представляя простую систему для контроля сведений о сотруднике и данных о товарах.

А. С. Кузнецов, Л. В. Серебряная
(БГУИР, Минск)

**МЕТОД АНАЛИЗА ВЗАИМОСВЯЗАННЫХ
ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРИ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ
ПРИЧИННО-СЛЕДСТВЕННЫХ
СВЯЗЕЙ МЕЖДУ НИМИ**

Деятельность такого крупного предприятия, как Белорусская же-

лезная дорога (БЖД), характеризуется множеством связанных между собой показателей. Каждый из них имеет такую характеристику, как выполнение плана. Причиной его невыполнения может являться неудовлетворительная работа ответственной службы железной дороги либо другие показатели. Для эффективного управления деятельностью предприятия необходимы программные средства сбора агрегированных данных по этим показателям и их анализа на тактическом и стратегическом уровнях. Такой анализ включает в себя методы автоматизации для поиска причин невыполнения плана. Сложность заключается в том, что не всегда возможно выделить направления влияния одного показателя на другой, т.е. причину и следствие. Целью данной работы является создание методов и средств для выявления причин невыполнения плана при неопределенных причинно-следственных связях в рамках программного средства поддержки принятия управленческих решений (ПС ППУР) на БЖД.

В основе метода лежит технология когнитивного моделирования бизнес-процессов на предприятии, которая будет применяться к существующей модели ключевых показателей БЖД.

Для приведения смешанного графа исходной модели к ориентированному графу когнитивной карты процессов используется группировка показателей по ответственным службам, в результате чего будет изменяться структура связей показателей.

К полученной структуре планируется применить алгоритмы обхода графа с вычислением степени влияния показателей друг на друга, а также методы когнитивного моделирования.

Статистические данные позволят прогнозировать невыполнение планов, используя технологию нейронных сетей. В целом реализация описанного метода позволит повысить эффективность ПС ППУР на БЖД.

Литература

1. Басовский, Л.Е. Комплексный экономический анализ хозяйственной деятельности / Л.Е. Басовский, Е.Н. Басовская.-М.: Инфра-М, 2005-366 с.

2. Максимов, В.И. Аналитические основы применения когнитивного подхода при решении слабоструктурированных задач / В.И. Мак-

Д. Н. Литвиненко, Л. А. Глухова

(БГУИР, Минск)

МОДЕЛИ И АЛГОРИТМЫ ПРОГРАММНОГО ПАКЕТА ПОДДЕРЖКИ МОБИЛЬНОЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ПЛАТФОРМЫ AGIZER ДЛЯ ВСТРАИВАЕМОЙ ОПЕРАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ WINDOWS CE

Постоянно возрастающий спрос на рынке специализированных измерительных устройств остро ставит проблему разработки специального программного обеспечения. Данное программное обеспечение должно обладать целым рядом характеристик, которые позволяют производителю специализированных устройств разрабатывать эффективные решения. К таким характеристикам относятся быстроедействие, энергопотребление, возможность создавать сложные прикладные программные продукты, работающие в условиях ограниченных ресурсов памяти и производительности центрального процессора [1]. Вышеназванная проблема ставит перед разработчиками системного программного обеспечения для таких устройств задачу проектирования специальных моделей и алгоритмов, позволяющих разрабатывать эффективные решения в данной области [2].

В докладе предлагаются модели и алгоритмы, ориентированные на программный пакет поддержки мобильной измерительной платформы Agizer (BSP) для встраиваемой операционной системы Windows CE. Предложенные модели и алгоритмы позволили на базе платформы Agizer реализовать компактные оптические рефлектометры – мобильные устройства, предназначенные для измерений различных характеристик оптического волокна. В данных моделях и алгоритмах предложен ряд инновационных подходов и инженерных решений, которые увеличили производительность разработанного образа операционной системы Windows CE для платформы Agizer и точность получения рефлектограмм программным обеспечением оптических рефлектометров. В частности, для обеспечения работы платы рефлектометра разработан специальный эффективный алгоритм высокоуровневого драйвера, предоставляющего прикладному программному обеспечению интер-

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

Литература

1. Boling, D. Programming Microsoft Windows CE.NET / D. Boling. – Microsoft Press, 2003. – 1224 с.
2. Павлов, С., Белевский, П. Введение в Windows Embedded CE 6.0. Версия R2 / С. Павлов, П. Белевский. – Ногинск: ООО «Богородский полиграфический комбинат», 2009. – 245 с.

А. М. Луд

(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТАМИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕСУРСОВ

Управление проектами представляет собой область деятельности, в ходе которой определяются и достигаются четкие цели при балансировании между объемом работ, ресурсами, временем, качеством и рисками. Фактором успеха проектного управления является наличие четкого заранее определенного плана, минимизирующего риск, а также эффективное управление изменениями.

В результате разработано веб-приложение в среде Eclipse Indigo, с применением технологий J2EE и AJAX, которое позволяет эффективно решать сложные проблемы управления проектами. Было проведено комплексное сравнение с другим программным комплексом MS Project и сделаны выводы о достоинствах и недостатках созданной системы.

Разработанная система позволяет автоматически назначать задания на исполнителей в зависимости от их способностей, вести журнал активности, разграничить уровень доступности к системе. Система заботится о стабильной работе при многопоточном использовании, следит за вводом правильных данных, предупреждая пользователя о возникающих ошибках. Используемые технологии позволяют работать с системой на любом устройстве и на любой платформе. Также к достоинствам разработанного веб-приложения можно отнести возможность наращивать функционал с увеличением сложности проектов.

Литература

1. Лапыгин, Ю.Н. Управление проектами: от планирования до оценки эффективности. — Омега-Л«Москва», 2008. — С. 252.

2. Рассел Д. А. Управление высокотехнологичными программами и проектами — М.: «Академия АйТи», 2004. — С. 472.

А. С. Медведок

(БНТУ, Минск)

УСТРОЙСТВО ЗАГРУЗКИ И ВЫГРУЗКИ ПОКРЫШЕК

Устройство загрузки и выгрузки покрышек позволяет механизировать процесс укладки/выемки автомобильных шин в покрасочную камеру. Применяется на шинных предприятиях при загрузке/выгрузке покрышек для покраски и нанесения адгезионного состава на внутреннюю поверхность всех размеров сверх крупногабаритных автомобильных шин.

Производители считают, что загрузка покрышек вручную занимает меньше времени, чем автоматическая, и поэтому отказываются от ее автоматизации. С точки зрения сохранения здоровья рабочих и улучшения условий их труда при повышенных температуре и влажности воздуха, автоматизация загрузки является важнейшей проблемой, при решении которой затрата нескольких секунд лишнего машинного времени вполне оправдывается.

Покрышка на транспортной тележке подвозится под осевой портал. На покрышке уже имеется скоба, с помощью которой лежащую покрышку можно поднять в горизонтальном положении. Эта скоба через соответствующую раму жестко соединена с покрышкой. Оператор с помощью двух рукояток на пульте управления должен опустить грузовой крюк и расположить его в скобе таким образом, чтобы можно было поднять покрышку. Для этого крюк можно поворачивать и управлять его движением во всех направлениях. Как только покрышка оказывается подвешенной на крюке, ось вращения блокируется и больше не может перемещаться. При подъеме покрышки больше не может изменяться и ее положение по оси X и Y, так как установка запоминает исходное положение покрышки, и после напыления покрышка возвращается точно в это положение.

После завершения процесса напыления покрышка возвращается в то загрузочное устройство, с которого она поступила в обработку. Теперь покрышку вручную можно снова выложить на транспортную тележку.

В результате разработан комплекс загрузки и выгрузки покрышек в покрасочную камеру и автоклав, который поможет снизить физиче-

скую нагрузку на оператора, уменьшит количество несчастных случаев, а также увеличит число выпускаемых сверх крупногабаритных покрышек в 1,2 раза.

Срок окупаемости комплекса на ОАО “Белшина” составляет 3 года, что является хорошим показателем. Главным достоинством является освобождение рабочих от трудоемкой физической работы при минимальном потреблении электроэнергии.

В. В. Миренков, В. Ф. Хиженок

(ГГТУ им. П. О. Сухого, Гомель)

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НДС РЕЖУЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗМЕЛЬЧАЮЩЕГО АППАРАТА КОРМОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА

Особенностью задачи являлось определение напряжений и перемещений ножа измельчающего барабана с использованием следующих исходных данных: материал ножа (ВЧТГ) – модуль упругости $E_1 = 170$ ГПа и коэффициент Пуассона $\mu = 0.27$; болта (сталь 40Х) – $E_2 = 214$ ГПа и $\mu = 0.3$; остальные элементы (конструкционная сталь) – $E_1 = 200$ ГПа и $\mu = 0.3$. В качестве параметра нагружения задавалась сила резания и момент затяжки болтов, принятый равным $M_f = 182$ Нм.

Согласно рисунку 1 на нож будут действовать три силы: F_1 ; F_2 ; F_3 .

Силы, действующие на нож, будут определяться выражениями:

$$F_1 = F_p \cos \beta; \quad F_2 = F_p \sin \beta; \quad F_3 = F_p \sin \tau.$$

Приняв углы установки ножа $\beta = 38,317^\circ$, $\tau = 10^\circ$ исходя из наиболее нагруженного случая ($F_p = 3295$ Н) определим усилия: F_1 ; F_2 ; F_3 :
 $F_1 = 3295 \cdot \cos 38,317^\circ = 2585,2$ Н; $F_2 = 3295 \cdot \sin 38,317^\circ = 2042,9$ Н;
 $F_3 = 3295 \cdot \sin 10^\circ = 572$ Н.

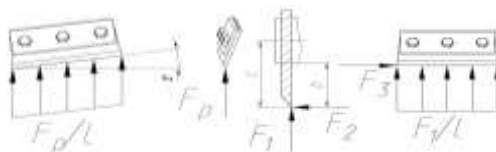


Рисунок 1 – Схема приложения сил, действующих на нож

Получены компоненты напряженно-деформированного состояния, включая эквивалентное напряжение по Мизесу $\sigma_{экв}$ и перемещения U_x , позволяющие оценить нагруженность ножа.

Литература

1. Резник, Н.Е. Кормоуборочные комбайны / Н.Е. Резник. — М.: «Машиностроение», 1980. — 375 с.
2. Басов, К.А. ANSYS в примерах и задачах / К.А. Басов. — М.: «КомьютерПресс», 2002. — 224 с.

Д. М. Мицкевич, С. А. Смянович, И. А. Иващенко
(БА РБ, Минск)

УНИВЕРСАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ОБНАРУЖЕНИЯ МАЛОВЫСОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ В ЗОНЕ ПОРАЖЕНИЯ

Основной задачей современной ПВО является защита важных стратегических объектов: пунктов управления войсками, атомных электростанций и др. Эта задача решается созданием глубокоэшелонированной ПВО [1], включающей системы дальнего, срединного и ближнего боя [2]. Наименее разработана в настоящее время система ближнего боя (СББ) [3], элементы которой предложены в [4-6], где задачи СББ решаются для заряженных низколетящих летательных аппаратов (НЛА).

Целью настоящей работы является разработка электрического метода регистрации НЛА, имеющего универсальный характер, позволяющего обнаруживать объекты, имеющие нескомпенсированный электрический заряд и объекты, не имеющие нескомпенсированного электрического заряда, как поляризованные так и не поляризованные внешним воздействием.

Поставленная цель достигается путем измерения двумя или тремя датчиками электрического поля искажения электрического поля Земли вблизи НЛА, которое зависит от расстояния до НЛА, что и обеспечивает его обнаружение в зоне поражения поражающего устройства – противоракетной или противозенитной мины.

Литература

1. Мицкевич, Д. М. Математическая модель построения глубоко-эшелонированного рубежа противовоздушной обороны / Д. М. Мицкевич, В. В. Воинов // Материалы VII Междунар. науч.–практ. конф. молодых исследователей / УО «БарГУ». – Барановичи, 2011. – Ч.1. – С. 200–201.
2. Мицкевич, Д. М. Построение рубежа противовоздушной обороны активным методом / Д. М. Мицкевич, А. Ю. Липлянин, И. А. Иващенко // Радиотехника и электроника: сб. материалов 47-й науч.–техн. конф., аспирант., магистр. и студ. / УО «БГУИР». – Мн., 2011. – С. 36–37.
3. Воинов, В.В. Система ближнего боя для ПВО в условиях применения противником крылатых ракет / В.В. Воинов, В.В. Мокринский // Сб. науч. ст. Воен. акад. Респ. Беларусь. – 2007. – № 13. – С.28–33.
4. Устройство поражения маловысотного летательного аппарата: пат. 5727 Респ. Беларусь / В. В. Воинов, Д. М. Мицкевич, Е. Н. Сасим, В. В. Мокринский. – № и 20090348; заявл. 04.04.09; опубл. 30.12.09.
5. Устройство поражения маловысотного летательного аппарата: пат. 7732 Респ. Беларусь / В. В. Воинов, И. А. Иващенко, В. В. Мокринский, Д. М. Мицкевич. – № и 20100639; заявл. 15.07.10; опубл. 28.02.11
6. Электростатический флюксметр: пат. 7035 Респ. Беларусь / В. В. Воинов, И. А. Иващенко, Д. М. Мицкевич. – № и 20100639; заявл. 15.07.10; опубл. 28.02.11.

Т. В. Пантелеева, Л. А. Цурганова, Г. В. Фомина

(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ «ПЛИТА – ГРУНТОВОЕ ОСНОВАНИЕ»

Пространственная задача линейной теории упругости является одной из распространенных математических моделей многих задач механики грунтов, рассматривающих различные системы с целью получения их изменений в пространстве, например моделирование деформирования грунтового основания пространственной системы

«Плита – грунтовое основание». В настоящей работе рассматривается плита на неоднородном линейно-деформируемом грунтовом основании как единая пространственная система. Нагрузка на плиту берется вертикальная, равномерно распределенная. Математическая модель системы «Плита – грунтовое основание» включает геометрическую, структурную, механико-математическую модели, краевые условия и условия равновесия системы.

Геометрическая модель представляет собой прямоугольный параллелепипед, размеры которого определяются нулевыми перемещениями на его гранях. Механико-математическая модель системы: для основания $\sigma_i = E_i \varepsilon_i$, для плиты $\sigma_i = E' \varepsilon_i$, $E' \gg E_i$, $E' \gg E_i$, где E' – модуль упругости плиты, E_i – значения модулей упругости основания, описывающих структурную модель, σ_i, ε_i – интенсивности напряжений и деформаций. Краевые условия области определения системы «плита-основание»: перемещения на всех гранях, кроме верхней равны нулю, на верхней грани области определения на поверхности плиты задается внешняя нагрузка. Условия равновесия системы основываются на принципе минимума полной энергии рассматриваемой системы.

Построение пространственной дискретной модели производится с учетом стационарности характеристик, определяющих свойства основания, и места приложения нагрузки. Разбивка на элементы производится так, что в пределах одного элемента участок среды рассматривается как однородный. Любой другой элемент, оставаясь однородным, может характеризоваться свойствами, отличными от соседних элементов. Таким образом, система в целом представляет неоднородную среду. Конечно-элементное моделирование рассматриваемой системы состоит из следующих шагов: построение матрицы жесткости, векторов нагрузки, учета граничных условий, внесение граничных условий в матрицу жесткости и решение системы линейных алгебраических уравнений (СЛАУ).

Для приведенных шагов конечно-элементного моделирования разработаны алгоритмы и их программная реализация в среде C++ Builder 6.0.

С. М. Пашук, В. В. Бондарева

(БТЭУПК, Гомель)

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ АРМА
«КОНТРОЛЬ ЗАКУПОК»**

Согласно временному регламенту закупок товаров (работ, услуг) за счет собственных средств в центральном аппарате РУП «Производственное объединение «Белоруснефть», специалисты структурных подразделений центрального аппарата осуществляют контроль за ходом закупок. Закупки осуществляются по выданным заданиям на закупку или конкурсной документации, с помощью ведомости контроля осуществления закупок. Внесение информации в ведомость контроля осуществления закупок выполняют специалисты соответствующих структурных подразделений центрального аппарата.

Для автоматизации осуществления контроля документооборота в области материально-технического обеспечения предприятия применяется АРМ «Контроль закупок». Согласно регламенту закупок, ведомость контроля осуществления закупок реализована в виде программного обеспечения, основной функцией которого является оперативное предоставление информации пользователям для осуществления контроля за ходом закупок. Для достижения основной цели в программе решаются задачи: ввод информации пользователями, надежное и долгосрочное хранение информации, предоставление хранимой информации по запросам и разграничение доступа пользователей к информации.

Однако в АРМе «Контроль закупок» имеется существенная недоработка: отсутствует справочный модуль. Поэтому новому пользователю АРМа «Контроль закупок» достаточно сложно самостоятельно освоить программу без дополнительных разъяснений коллег. Это недостаток приводит к дополнительным затратам времени по обучению персонала, а также к психологическому дискомфорту специалиста, которому необходимо обращаться за помощью.

Таким образом, необходимо разрешить данную проблему посредством создания справочного модуля, который позволит легко и удобно изучить программу новому специалисту без посторонней помощи.

Справочный модуль для АРМ «Контроль закупок» разработан с помощью программы MS Help Workshop, которая поставляется с Delphi, для управления базой данных используется среда My SQL.

К справочному модулю можно обратиться в любой момент из программы или воспользоваться отдельно в целях обучения, что поз-

волит новому пользователю самостоятельно легко и быстро освоить АРМ «Контроль закупок» организации.

Д. В. Прокопенко

(ГТУ им. Ф. Скорины, Гомель)

**КОМПЬЮТЕРНЫЙ АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ
ШИРИНЫ И ВЫСОТЫ ПОЛОСТИ ПЛИТНОГО
КОРОБЧАТОГО ФУНДАМЕНТА НА ЕГО ОСАДКУ
НА НЕЛИНЕЙНО ДЕФОРМИРУЕМОМ
ГРУНТОВОМ ОСНОВАНИИ**

Рассматривается плитный коробчатый фундамент на нелинейно-деформируемом грунтовом основании. На верхнюю плоскость фундаментной плиты действует нормальная равномерно распределенная внешняя нагрузка. Необходимо исследовать влияние высоты и ширины полости коробчатого фундамента на его осадку, и определить оптимальные размеры полости плиты. В формализованной постановке данная задача классифицируется как третья краевая задача нелинейной математической физики (задача Дирихле-Неймана).



Рисунок 1 – Коробчатый фундамент и дискретизация расчётной области

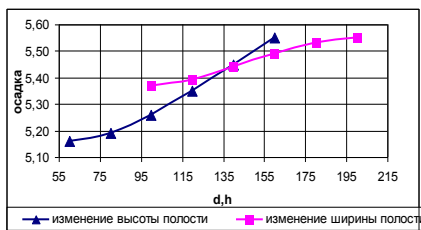


Рисунок 2 – Зависимость осадки от ширины и высоты полости плиты

В настоящей работе для исследования указанной нелинейной физической системы использовался метод компьютерного объектно-ориентированного моделирования на основе метода конечных элементов и метода энергетической линеаризации.

При компьютерном моделировании приняты следующие физико-механические характеристики элементов рассматриваемой системы

«Плитный коробчатый фундамент – грунтовое основание». Модуль упругости для фундамента $E=40000\text{МПа}(400000\text{ кг/см}^2)$, для грунта $E=36\text{МПа}(360\text{ кг/см}^2)$; коэффициент Пуассона для фундамента $\mu=0,004$, для грунта $\mu=0,2$, нагрузка $P=36\text{кН}(3600\text{ кгс})$

Для исследовании поставленной задачи было построено 12 модельных задач. Все модельные задачи рассматриваются в одной и той же дискретизованной области.

Таблица 1 – Смещение фундаментов грунтовом основании

d	Осадка S	h	Осадка S
200	5.55	160	5.55
180	5.53	140	5.45
160	5.49	120	5.35
140	5.44	100	5.26
120	5.39	80	5.19
100	5.37	60	5.16

На основе полученных данных можно сказать, что изменение высоты полости коробчатого плитного фундамента влияет больше на осадку фундамента, чем изменение его ширины.

Из графика видно, что оптимальными размерами выреза является точка пересечения

двух кривых т.е. при поставленных исходных условиях размеры оптимального выреза–135 x 135 см., при размерах плиты 240 x 200 см.. В таблице d,h-ширина и высота выреза фундамента.

Д. В. Прокопенко

(ГТУ им. Ф. Скорины, Гомель)

КОМПЬЮТЕРНЫЙ АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО УПЛОТНЕНИЯ ГРУНТА В ПОЛОСТИ ПЛИТНОГО КОРОБЧАТОГО ФУНДАМЕНТА НА ЕГО ОСАДКУ НА НЕЛИНЕЙНО ДЕФОРМИРУЕМОМ ГРУНТОВОМ ОСНОВАНИИ

Рассматривается плитный коробчатый фундамент на нелинейно-деформируемом грунтовом основании. На верхнюю плоскость фундаментной плиты действует нормальная равномерно распределенная внешняя нагрузка. Необходимо исследовать влияние дополнительного уплотнения грунта в полости плитного коробчатого фундамента на его осадку на нелинейно деформируемом грунтовом основании.

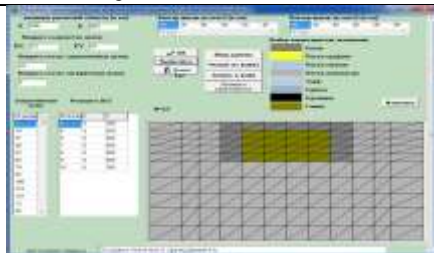


Рисунок 1–Коробчатый фундамент и дискретизация расчётной области

В формализованной постановке данная задача классифицируется как третья краевая задача нелинейной математической физики (задача Дирихле-Неймана).

В настоящей работе для исследования указанной нелинейной физической системы использовался метод компьютерного объектно-ориентированного моделирования на основе метода конечных элементов и метода энергетической линеаризации.

При компьютерном моделировании приняты следующие физико-механические характеристики элементов рассматриваемой системы «Плитный коробчатый фундамент – грунтовое основание».

Таблица-1 Смещение фундамента в грунтовом основании

Е	Осадка
360	5.55
400	5.54
500	5.54
600	5.53
700	5.53
800	5.52
900	5.52
1000	5.51
1100	5.50
1200	5.50
1300	5.50
1400	5.50

упругости для фундамента $E=40000\text{МПа}$ (400000 кг/см^2), для грунта $E=36\text{МПа}$ (360 кг/см^2); коэффициент Пуассона для фундамента $\mu=0,004$, для грунта $\mu=0,2$, нагрузка $P=36\text{кН}$ (3600 кгс)

Для исследовании поставленной задачи было построено 13 модельных задач. Все модельные задачи рассматриваются в одной и той же дискретизованной области.

На основе полученных данных можно сказать, что при дополнительном уплотнении грунта в полости плитного коробчатого фундамента осадка фундамента уменьшается,

следовательно увеличивается несущая способность фундаментной плиты, но это увеличение незначительно и составляет менее одного процента, что говорит о том что при использовании плитных коробчатых фундаментов в строительстве дополнительное уплотнение грунта в полости не целесообразно. В таблице-1 Е – это модуль упругости грунта в полости плитного коробчатого фундамента.

С. В. Прокопчик, В. С. Мурашко
(ГГТУ им. П. О. Сухого, Гомель)

АВТОМАТИЗАЦИЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ ОБРАБОТКИ НА СВЕРЛИЛЬНЫХ СТАНКАХ

Необходимость разработки алгоритма и программы для автоматизации определения рациональных режимов обработки на сверлильных станках появилась, потому что традиционный поиск справочно-нормативных данных замедляет технологическую подготовку производства, повышает вероятность случайных ошибок при расчете величин использующих таблицы, заставляет выполнять много рутинной и однообразной работы.

Задача автоматизации определения оптимальных режимов обработки на сверлильных станках относится к трудно формализуемой задаче, требующей большого объема исследований. Наиболее удобным для автоматизации вариантом существующего методического обеспечения этой задачи является методика, изложенная в [1].

Проанализировав информационные структуры, необходимые для автоматизации режимов резания при сверлении были разработаны информационно-логические модели этих структур и выбраны средства их реализации.

Расчет режимов резания непосредственно должен быть связан с конкретным станком, поэтому предусмотрена возможность создания и пополнения базы данных о характеристиках моделей станков выбранной группы.

Проанализировав различные подходы к проектированию систем, для автоматизация определения оптимальных режимов обработки на сверлильных станках был выбран метод объектно–ориентированного проектирования, а инструментальным средством выбрана система программирования Delphi.

Основным результатом разработанной программы является инструкционная карта, в которой указано наименование операции, данные о материале и форме заготовки, сведения о станке и режущем инструменте, оптимальные режимы резания, а также основное технологическое (машинное) время, необходимое для выполнения операции.

Использовать программу определения оптимальных режимов обработки на сверлильных станках могут студенты в курсовых и дипломных работах, а также пользователи– технологи.

Литература

1. Режимы резания металлов. Справочник. Под ред. Ю.В. Барановского. – М.: Машиностроение, 1972. – 408 с.

Е. И. Прокошин, В. И. Хвешук
(БрГТУ, Брест)

ВОПРОСЫ АВТОМАТИЗАЦИИ АДМИНИСТРИРОВАНИЯ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ УСЛУГ В ОДО «ЭЛНЕТ»

В работе представлены результаты разработки, реализации и внедрения комплекса программ (КП) автоматизирующих администрирование телекоммуникационных услуг (VPN-сеть, тарифицируемый и безлимитный доступ в Интернет, IP-TV и ряд других сетевых мультимедийных сервисов) предоставляющих клиентам фирмой ОДО «Элнет».

Цель разработки КП – сокращение трудозатрат при подключении новых абонентов к сервисам фирмы и решения проблем, возникающих на абонентской стороне при настройке программного обеспечения.

КП администрирования телекоммуникационных услуг включает следующие функции:

1. Автоматическое и ручное подключение тарифицируемого доступа к сети Интернет для операционных систем (ОС) Windows XP и Windows 7.
2. Автоматическое и ручное подключение безлимитного доступа к сети Интернет для ОС Windows XP и Windows 7.
3. Предоставление доступа к ряду сетевых команд (ipconfig, getmac, ping, route print, traser).
4. Настройка маршрутизации для ОС Windows XP и Windows 7.
5. Отключение UAC и сетевого протокола TCP/IPv6 в ОС Windows 7.
6. Создание ярлыков рабочего стола для основных ресурсов системы передачи данных фирмы ОДО «Элнет» и другие функции.

Данный КП реализован на языке C++ в интегрированной среде программирования C++ Builder в рамках ОС Microsoft Windows. Для КП разработан комплект программной и эксплуатационной документации. Данная разработка внедрена в производственную деятельность фирмы ОДО «Элнет» и эксплуатируется системными администраторами.

Использование созданного комплекса программ позволило сократить время, как на подключение новых абонентов к услугам фирмы, так и на обслуживание клиентского программного обеспечения при его настройке по телефону системным администраторам.

М. В. Пылинский

(БА РБ, Минск)

**ПОВЫШЕНИЕ ДОСТУПНОСТИ
СИСТЕМЫ СВЯЗИ ДЛЯ ПОДВИЖНЫХ
ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ В ТАКТИЧЕСКОМ
ЗВЕНЕ УПРАВЛЕНИЯ**

Для эффективного противодействия сетецентрическим действиям, с одной стороны, и эффективного управления своими войсками, с другой, необходим территориальный принцип построения системы связи, при этом достаточно остро встает проблема обоснования соответствующего состава сил и средств для ее обеспечения и эффективного использования в интересах всей группировки войск на общей территории (в полосе ответственности). Понятно, что потенциальные и реальные возможности обеспечения эффективного управления находятся в прямой зависимости от функционирования системы связи, которая сегодня по своему вкладу в общий боевой потенциал оценивается наравне с видами боевого обеспечения [1].

Анализируя соответствие существующей системы связи тактического звена управления современным требованиям, предъявляемым к ней со стороны системы управления в прогнозируемых условиях ведения эвентуальным противником сетецентрических боевых действий, следует признать, что требование доступности информационных ресурсов системы связи для всех должностных лиц системы управления, которое должно быть им обеспечено, причем независимо от уровня и принадлежности, в полосе ответственности, вступает в противоречие с реально достижимыми характеристиками и возможностями существующей системы связи, что, как следствие, обуславливает необходимость реализации принципа инвариантности ее структуры к составу группировки, боевому порядку и построению обороны [2]. Для устранения

подобного противоречия на основе моделирования свойства доступности системы связи и процесса ее функционирования в прогнозируемых условиях требуется провести обоснование предъявляемых к ней требований, реализация которых обеспечит решение поставленных задач управления.

Литература

1 Пылинский, М. В. Методика автоматизированного расчета показателя доступности системы связи тактического звена управления / М. В. Пылинский // Вестн. Воен. акад. Респ. Беларусь. – 2011. – № 1 (30). – С. 39–47.

2 Голубцов, С. Г. Повышение доступности системы связи в тактическом звене управления за счет совершенствования ее структуры / С. Г. Голубцов, М. В. Пылинский // Наука и воен. безопасность. – 2011. – № 1(29). – С. 51–56.

А. В. Ракитский
(БрГТУ, Брест)

МОДИФИКАЦИЯ ПРЯМОГО ОПОРНОГО МЕТОДА

Рассмотрена задача квадратичного программирования с простыми ограничениями

$f(x) \rightarrow \min, d^* < x < d^*_t \wedge$
где $f(x)$ – выпуклая дифференцируемая функция, $x, d^*_t \in R^n$. Для решения задачи (1) используется прямой опорный метод [1].

Наиболее трудоемкой операцией в ходе решения задачи (1) является расчет вектора оценок (градиента целевой функции)

$$D = Dx + c$$

который необходим для проверки критерия оптимальности допустимой точки и выбора ведущей переменной. Ведущая переменная в прямом методе находится как переменная, не удовлетворяющая условиям оптимальности и обладающая максимальной по модулю оценкой. Предложена модификация прямого метода, в которой в качестве ведущей переменной используется первая из переменных, не удовлетворяющая условиям оптимальности. При этом перебор переменных осуществляется циклически.

Базовая версия алгоритма и его модификация реализованы программно на языке программирования C++. Проведен численный эксперимент, результаты которого приведены в таблице:

Таблица 1

m	n	Не модиф.		Модифициро- ванный		Не базис- ные эл., %	Эффект., %
		Время	Итера- ций	Время	Итера- ций		
5	50	16026	91	3079	142	90	520,49
20	50	18417	92	8818	133	60	208,86
50	50	13492	46	7699	49	13	175,24
100	100	144844	87	68055	98	14	212,83

Здесь n – количество переменных, m – ранг матрицы, время – количество тактов процессора.

Анализ результатов показал, что модифицированная версия алгоритма в 1,5–5 раз эффективнее базовой версии.

Литература

1. Ракецкий, В.М. Прямой опорный метод квадратичного программирования. // Проблемы оптимального управления: сб. научн. тр. - Минск: Наука и техника, 1981. – С. 318-335.

В. В. Родченко

(ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно)

О ПРИМЕНЕНИИ ОДНОГО АЛГОРИТМА РАСПОЗНАВАНИЯ ПРИ ПОСТРОЕНИИ СИСТЕМ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

Системы поддержки принятия решений (СППР) представляют собой программно-технические комплексы, которые функционируют в рамках предприятия или организации с целью, во-первых, обеспечения функции доступа и анализа информации, которая находится в хранилище данных, и, во-вторых, обеспечения принятия правильных и обоснованных решений.

В структуре СППР традиционно выделяют следующие пять подсистем: 1) подсистема ввода (СУБД – OLTP); 2) подсистема хранения информации (СУБД и/или ХД); 3) подсистема информационно-поискового анализа (СУБД, SQL); 4) подсистема оперативного анализа (OLAP); 5) подсистема интеллектуального анализа (Data Mining) [1].

Для реализации подсистемы интеллектуального анализа используется технология Data Mining, которая предназначена для поиска в больших объемах данных *неочевидных* (т.е. найденные закономерности не обнаруживаются стандартными методами обработки информации или экспертным путем), *объективных* (т.е. обнаруженные закономерности будут адекватно соответствовать действительности, в отличие от субъективного экспертного мнения) и *полезных* (т.е. выводы имеют конкретное практическое применение) закономерностей [2].

В основе технологии Data Mining лежит концепция шаблонов (паттернов), которые в формализованном виде представляют собой описания закономерностей, свойственных подвыборкам данных.

Для построения соответствующих паттернов предлагается использовать алгоритм, который на основе алфавита классов и априорного словаря признаков предусматривает формирование классифицированной обучающей выборки. Далее осуществляется сепарирование признаков по степени информативности с точки зрения разделения паттернов в соответствующем пространстве принятия решений.

Результаты исследования позволяют в дальнейшем осуществить программную реализацию подсистемы интеллектуального анализа СППР.

Литература

1 Полубояров, В.В. Использование MS SQL Server Analysis Services 2008 для построения хранилищ данных / В.В. Полубояров. – ИНТУИТ Национальный открытый университет [Электронный ресурс]. – 2010. – Режим доступа: <http://www.intuit.ru/department/database/mssqlsas2008>. – Дата доступа: 07.02.2012.

2 Чубукова, И.А. Data Mining / И.А. Чубукова. 2-е изд. – М.: Бинном, ИНТУИТ.РУ, 2008. – 382 с.

А. А. Самолетова, В. В. Можаровский, Т. М. Дёмова
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

АЛГОРИТМ РАСЧЁТА КОНТАКТНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ТЕЛ ИЗ КОМПОЗИТОВ С УЧЕТОМ ТЕМПЕРАТУРЫ

На основании ранее разработанных математических моделей о контактном взаимодействии упругих тел из композиционных материа-

лов [1] – [3] строится алгоритм расчета контактного взаимодействия цилиндрических тел из композиционных материалов, используя математическую теорию упругости анизотропного тела. Напряженное состояние в теле из композита определяется при действии силовых факторов и температурных полей. Производится оценка влияния температуры на напряженное и деформированное состояние упругого тела, армированного волокнами. Оценено влияние объемного содержания волокон в рассматриваемой матрице композиционного материала. Предлагаемый подход распространен на расчет напряженно-деформированного состояния покрытий из композитов.

Литература

1. Pleskachevsky Yu.M., Mozharovsky V.V., Rouba Yu.F. Mathematical models of quasi-static interaction between fibrous composite bodies. //Computational methods in contact mechanics III: Материалы III международной конференции. – Мадрид, 1997. – С.363-372.
2. Можаровский В.В., Старжинский В.Е. Прикладная механика слоистых тел из композитов. – Минск: Наука и техника, 1988.
3. Лехницкий, С.Г. Теория упругости анизотропного тела. – М.: Наука, 1977. – 416с.
4. Моисеенко Д.С., Демова Т.М., Марьин С.А., Можаровский В.В. Математическое моделирование температурных напряжений в ортотропном полупространстве // Новые математические методы и компьютерные технологии в проектировании, производстве и научных исследованиях: тезисы докладов XII Республиканской научной конференции студентов и аспирантов. – Гомель: ГГУ им. Ф. Скорины, 2009. – С. 116.

Е. Н. Сасим, А. Ю. Липлянин, И. А. Иващенко
(БА РБ, Минск)

ОБНАРУЖЕНИЕ НИЗКОЛЕТЯЩИХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ЗА ГОРИЗОНТОМ ЗЕМЛИ В СЛОЖНОЙ ПОМЕХОВОЙ ОБСТАНОВКЕ

Боевые действия объединенных войск НАТО в последние годы, как правило, начинаются с подавления средств ПВО противника. Кроме того

в начале боевых действий предполагается радиотехническая война и сложная помеховая обстановка, затрудняющая ведение войны средствами воздушно-космического нападения обеих конфликтующих сторон.

В этой связи особую роль приобретают нетрадиционные методы обнаружения, локации и поражения объектов, в частности, низколетящих летательных аппаратов (НЛА). Кроме того загоризонтное обнаружение НЛА нетрадиционными методами обеспечивает более раннее подключение средств ПВО обороняющейся стороны, увеличивая их безопасность.

В [1-3] исследована теоретическая модель обнаружения НЛА за горизонтом Земли и проведено ее экспериментальное исследование. Вместе с тем исследование шумовой обстановки в области используемых частот электромагнитных волн свидетельствует о достаточно больших трудностях активной локации в рассматриваемом частотном диапазоне.

В работе рассматривается пассивный метод обнаружения НЛА и реализующая его аппаратура, обеспечивающие загоризонтное обнаружение НЛА при любой помеховой обстановке и использующие шумовой фон как источник зондирующего сигнала. Нетрадиционный характер локации и особенности преизлучения системой «НЛА – поверхность Земли» позволяют сделать вывод о сложности постановки противником активных помех в используемом частотном диапазоне. Мало того, возможность использования этих активных помех в качестве зондирующего сигнала обеспечивает высокую помехозащищенность рассматриваемого способа обнаружения.

Литература

1. Электродинамическая модель маловысотного летательного аппарата / В.В. Воинов [и др.] // Сб. науч. ст. Воен. акад. Респ. Беларусь. – 2008. – № 15. – С. 62–66.
2. Воинов, В. В. Экспериментальное исследование электродинамической модели маловысотного летательного аппарата / В. В. Воинов, И. А. Иващенко, Е. Н. Сасим [и др.] // Вестн. Воен. акад. Респ. Беларусь. – 2011. – № 3 (32). – С. 101–111.
3. Сасим Е. Н. Корректировка математической модели маловысотного летательного аппарата по результатам экспериментальных исследований / Е. Н. Сасим, И. А. Иващенко // Содружество наук. Барановичи – 2011: материалы VII Междунар. науч.–практ. конф. молодых исследователей / УО «БарГУ». – Барановичи, 2011. – Ч.1. – С. 204–205.

М. В. Слюсарева, В. И. Хвещук

(БрГТУ, Брест)

ПЛАНИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА СОЗДАНИЯ СИСТЕМ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ

Методологической основой для реализации планирования создания автоматизированных систем обработки данных (СОД) являются международные стандарты по системной и программной инженерии [1], управления проектами, государственные стандарты на автоматизированные системы. Планирование создания СОД основано на использовании концепций системной инженерии [2]: подхода жизненного цикла (ЖЦ) систем – представление ЖЦ СОД в виде стадий, а отдельной стадии в виде набора технических процессов; системного подхода в представлении СОД как совокупности системных элементов (программ, баз данных, оборудования и т.д.); процессного подхода в представлении отдельной деятельности набором работ и другие.

Исходной информацией для планирования проекта СОД являются следующие данные: концепция СОД (структура и состав элементов системы); каскадная модель ЖЦ СОД; набор технических процессов для описания стадий ЖЦ СОД; модели технических процессов (набор работ); совокупность специалистов (претендентов на реализацию проекта) и их квалификация; нормы времени на реализацию отдельных видов работ процессов; ресурсы на реализацию проекта; специальные процессы [3] для реализации элементов типа программа.

Процесс планирования представляет собой итеративную процедуру, которая заключается в построении плана работ для выбранного коллектива специалистов на основе концепций системной инженерии и исходных данных в рамках заданных ресурсов на проект СОД.

Предложенная методика реализуется в виде отдельного приложения в клиент-серверной архитектуре, обеспечивающего диалоговый интерфейс для студентов. Планируется использование предложенного приложения в рамках лабораторных работ и курсового проектирования по дисциплине «Проектирование автоматизированных систем обработки данных».

Литература

1 Системная инженерия. Процессы жизненного цикла систем. ИСО/МЭК 15288-2008.

2 Системное проектирование. Руководство по применению ISO/IEC 15288 (Процессы жизненного цикла систем). ИСО/МЭК ТО 19760:2003.

3 Системная и программная инженерия. Процессы жизненного цикла программных средств. ИСО/МЭК 12207-2008.

С. В. Соколов

(БГТУ, Минск)

СВЕРТОЧНЫЕ КОДЫ КОРРЕКЦИИ ОШИБОК

Большое число современных систем связи работает при передаче самого широкого спектра сообщений в цифровом виде. Из-за наличия помех в каналах связи сбой при приеме любого элемента вызывает искажение данных, что может привести к катастрофическим последствиям. Высокоэффективным средством борьбы с помехами в цифровых системах связи является применение помехоустойчивого кодирования, основанного на введении избыточности в передаваемое сообщение.

В непрерывных кодах, называемых также цепными, рекуррентными, конволюционными или сверточными, передаваемая информационная последовательность не разделяется на кадры, а проверочные символы размещаются в определенном порядке между информационными. Процесс кодирования и декодирования также осуществляются в непрерывном режиме.

Если представить последовательность информационных символов в виде полинома $A(X) = a_0 + a_1X + a_2X^2 + \dots$, где X^i — символ оператора задержки на i тактов работы сдвигающего регистра; $a_i = 0; 1$ — информационные двоичные символы, то многочлены, описывающие n последовательностей кодовых символов будут иметь вид $B_j(X) = b_0^{(j)} + b_1^{(j)}X + b_2^{(j)}X^2 + \dots$, где $b_i^{(j)} = 0; 1$ — двоичные кодовые символы на j -м входе коммутатора кодера.

В силу линейности сверточного кода $B_j(X) = G_j(X)A(X)$, где $G_j(X) = g_0 + g_1X + g_2X^2 + \dots + g_{m-1}X^{m-1}$ — j -й порождающий многочлен сверточного кода; $g_i = 0; 1$ — его двоичные коэффициенты, равные 1, если i -я ячейка ($i = 0, \dots, m-1$) сдвигающего регистра через схему суммирования связана с j -м входом коммутатора кодера, и равные нулю в противном случае.

Сверточные коды используются для надежной передачи данных в мобильной и спутниковой связи совместно с кодом Рида — Соломо-

Материалы XV Республиканской научной конференции студентов и аспирантов «Новые математические методы и компьютерные технологии в проектировании, производстве и научных исследованиях», Гомель, 26–28 марта 2012 г.

на и другими кодами. Так же сверточное кодирование используется в протоколе 802.11a на физическом MAC-уровне для достижения равномерного распределения после прохождения сигнала через скремблер.

Применение сверточных кодов имеет следующие преимущества:

1. позволяет реализовать большую эквивалентную блоковую длину кода, что повышает эффективность кодирования;
2. упрощает аппаратную реализацию за счет непрерывности обработки информации при кодировании и декодировании.

Е. В. Сташевич, Ю. А. Булавка

(ПолГУ, Новополоцк)

АКТУАЛЬНОСТЬ РАЗРАБОТКИ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ПО ОХРАНЕ ТРУДА

Улучшение условий и охраны труда, профилактика производственного травматизма и профессиональной заболеваемости, снижение их последствий является важной государственной задачей. С целью совершенствования системы управления охраной труда и промышленной безопасностью (ОТ и ПБ) и автоматизации документооборота в настоящее время в нашей стране разработано и находит применение следующее программное обеспечение:

- автоматизированная информационная система (АИС) по мониторингу условий труда на производстве Модуль электронной формы, предназначенная для формирования и хранения предприятием отчетных документов по результатам аттестации рабочих мест по условиям труда [1];
- информационно-моделирующая система «Риск – Здоровье», предназначенная для статического анализа информации о степени профессионального риска и его влияния на здоровье людей [2].

АИС «Банк данных по охране труда», содержащая нормативные правовые документы по охране труда, документы, принятые Международной организацией труда, документы Российской Федерации [3] и др.

Однако указанное программное обеспечение не позволяет осуществлять автоматизацию подготовки и формирования документации необходимой для расследования, учета и оперативного анализа происшествий на предприятиях. В связи с этим принято решение разработать АИС учета и анализа происшествий на предприятиях, эксплуатирующих опасные производственные объекты. Разработанная АИС позволяет вести учет: несчастных случаев на производстве согласно актам

формы Н-1, непроизводственных несчастных случаев – актам формы НП, профессиональных заболеваний согласно – актам формы ПЗ-1, аварий и инцидентов – по актам технического расследования причин аварий и инцидента на опасном производственном объекте. Информационная система позволяет автоматизировать составление различных отчетных форм: ежеквартальный отчет, годовой и др. Для комплексного анализа производственного травматизма, профессиональной заболеваемости, аварийности предоставляется возможность получения стандартных относительных статистических показателей частоты и тяжести их последствий. Внедрение рассматриваемой АИС позволит значительно сократить временные затраты на поиск необходимых документов и составление различных видов отчетов, ускорить обработку документов, упростить процесс планирования мероприятий по снижению профессиональных рисков, что приведет к повышению производительности труда специалиста по охране труда и повышению качества функционирования системы управления ОТ и ПБ.

Литература

1. Электронный ресурс: [http:// www.instlab.by/nauch/informacionnietehnologii46/](http://www.instlab.by/nauch/informacionnietehnologii46/)
2. Асаенко, И. С. Профессиональные риски: методология анализа и управление / И. С. Асаенко, Е. Е. Кученева, А. Ф. Минаковский, – Минск: Бестпринт, 2009. – 181 с.
3. Воложинская А.В. Перспективы развития распределенной автоматизированной информационной системы по охране труда в органах по труду и социальной защите / А.В. Воложинская // Материалы международного форума «Инновационные технологии и системы», – Минск: ГУ «БелиСА», 2006. – 156 с.

А. В. Хижняк, В. В. Моисеев, А. И. Прищепов

(БА РБ, Минск)

УСТРОЙСТВО УПРАВЛЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СПЕКТРАЛЬНО- ПОЛЯРИЗАЦИОННОЙ СИСТЕМОЙ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ В ВИДИМОМ ДИАПАЗОНЕ ДЛИН ВОЛН

В настоящее время актуальной проблемой является качественный и оперативный анализ состояния земной поверхности, заключающийся

в сборе, обработке и предоставлении результирующих данных в виде удобном как для восприятия человеком так и машиной. Вопросы зондирования земной поверхности широкомасштабно и небезуспешно изучаются в институте прикладных физических проблем им. Степанова, в УО «ВА РБ». Результаты совместных с ИПФП им. Степанова экспериментальных исследований поляризационно-спектральных оптических систем показали перспективность использования их в системах дистанционного зондирования земли, а так же и в военной сфере.

Автоматизированная спектрально-поляризационная система представляет собой фотоприемник (400-800нм), поляризационный электронно-управляемый фильтр и объектив. Для управления поляризационным фильтром предлагается устройство управления – генератор последовательности импульсов (ГПИ) с перестраиваемой частотой и амплитудой, отличительной особенностью которого является автономность, стабильность характеристик в интервале температур $-30...+50$ градусов по Цельсию и влажности воздуха до 90%, напряжении питания 12 ± 2 В. Изменяя форму импульсов, амплитуду и частоту производится сбор входной информации с исследуемого участка местности, создается массив данных для обработки при различных условиях наблюдения, но с фиксированными частотой, амплитудой и формой импульса. Образуется ряд альтернативных вариантов для принятия решения. Решение принимается автоматизировано. Роль оператора заключается в установлении необходимых углов обзора, перечня частот, амплитуд, времени на съемку, формы импульса. Результирующее изображение оценивается так же оператором по контрольному предмету на поверхности земли, это позволит в дальнейшем автоматически производить поиск таковых объектов в труднодоступных местах. Использование электронно-управляемого поляризационного фильтра и устройства управления на базе ГПИ привело к снижению времени на получение результирующих данных в 10-ки раз с точностью, достаточной для предварительного принятия решения о состоянии земной поверхности (вероятность обнаружения объектов с низким яркостным контрастом не хуже 0.9 при уровне статистической значимости не хуже 0.1) при условии достаточной производительности ЭВМ.

Д. Е. Храбров, И. А. Мурашко

(ГГТУ им. П. О. Сухого, Гомель)

**АВТОМАТИЗАЦИЯ ПОСТРОЕНИЯ
ГЕНЕРАТОРОВ ПСЕВДОСЛУЧАЙНЫХ
ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ НА КЛЕТОЧНЫХ
АВТОМАТАХ ПО ЗАДАННОМУ ПОЛИНОМУ**

Самым распространённым методом генерации псевдослучайных чисел является регистр сдвига с линейной обратной связью (англ. *Linear feedback shift register, LFSR*). Он состоит из двух частей: собственно регистра сдвига и функции обратной связи [1].

Ячейки памяти *LFSR* можно заменить на похожие, но имеющие по 2 входа и 2 выхода. Это даст возможность создавать генераторы без линейной обратной связи, на которой при аппаратной реализации идут максимальные потери.

В одномерном клеточном автомате решетка представляет собой цепочку клеток, в которой для каждой из них, имеется по два соседа. Соотношение для всех клеток автомата: $y'[i] = f(y[i-1], y[i], y[i+1])$, где f – функция переходов клетки; $y'[i]$ – состояние i -й клетки в следующий момент времени; $y[i-1]$, $y[i]$, $y[i+1]$ – состояние $(i-1)$, i , $(i+1)$ -й клетки в данный момент времени.

Разработан генератор клеточных автоматов для *Xilinx ISE* на языке *VHDL*. Тестовая программа была скомпилирована в язык *Schematic*. Так же была эмулирована работа аппаратного устройства, а результаты проанализированы методами, описанными в [2].

Одним из результатов является таблица порождающих полиномов седьмой степени, дающих максимальную длину последовательности.

Пока реализованный алгоритм не способен вычислять список полиномов для степеней больше 30, но учитывая успешный опыт оптимизации [3] в будущем эту цифру удастся значительно улучшить.

Аналогов данной разработке нет. Однако использованное подмножество клеточных автоматов довольно узкое, при расширении которого могут быть аналогичные программные продукты.

Литература

1 N. Ganguly, B. K. Sikdar, P. P. adChaudhuri. Design of An On-Chip Test Pattern Generator Without Prohibited Pattern Set. IEEE 15th International Conference on VLSI Design, 2002.

2 Мурашко, И. А. Методы минимизации энергопотребления при самотестировании цифровых устройств / И. А. Мурашко, В. Н. Ярмолик. – Минск: Бестпринт, 2004. – 188 с.

3 Пат. 7437 РБ. МПК Н 03 К 3/80. Формирователь синусоиды на основе широтно-импульсной модуляции. / Е.А. Храбров, Ю.Е. Котова, Д.Е. Храбров (РБ).– № 20101084; Заявлено 30.12.2010; Опубл. 18.04.2011

В. Н. Шашок

(БА РБ, Минск)

ПРОТИВОЛОКАЦИОННЫЙ ФИЛЬТР ПРИЕМНИКА КВ ДИАПАЗОНА С УЛУЧШЕННЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

Для повышения защиты входных каскадов приемников КВ и УКВ диапазонов от мощных зондирующих сигналов радиолокационных станций на их входе могут устанавливаться низкочастотные фильтры. Основными требованиями, предъявляемыми к данным фильтрам, являются высокое внеполосное затухание и малые вносимые амплитудно-частотные и фазочастотные искажения сигналов. Для обеспечения указанных требований противолокационные фильтры, как правило, реализуются с равноволновой либо модифицированной на ее основе функциями передачи, как, например, в приемниках радиостанций Р-864 и Р-161А2М соответственно. Для уменьшения вносимых частотных искажений сигналов коэффициент неравномерности ϵ для данных фильтров выбирается небольшим.

В [1] предлагается в задачах синтеза цепей фильтрации при указанных требованиях использовать нарастающе-волновую функцию, имеющую вид

$$K(-s^2, n, m, \epsilon) = \frac{k^2}{1 + \epsilon^2 (-1)^{n-m} s^{2(n-m)} T_{Cheb}^2(m, s)},$$

где $k \leq 1$ – константа, характеризующая максимальный уровень передачи;

$s = \sigma + j\omega$ – комплексная частота;

$T_{Cheb}(m, s)$ – полином Чебышева первого рода порядка m .

На рисунке 1 приведен вид амплитудно-частотной характеристики

противолокационного фильтра КВ диапазона седьмого порядка с нарастающе-волновой функцией передачи при $\varepsilon = 0,1$.

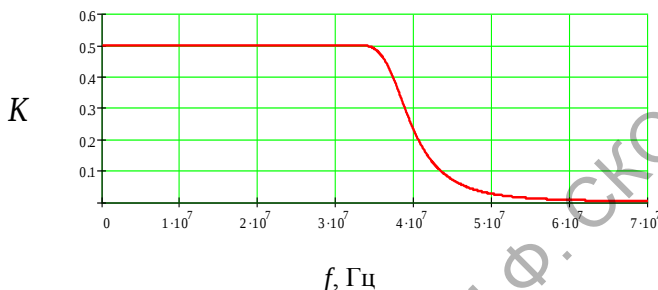


Рисунок 1 – Амплитудно-частотная характеристика противолокационного фильтра КВ диапазона с функцией передачи $K(-s^2, 7, 6, 0,1)$

Литература

1. Филиппович, Г. А. Ограниченно-плоские аппроксимирующие функции с корректирующими полиномами Чебышева / Г. А. Филиппович, В. Н. Шашок // Вестн. Воен. акад. Респ. Беларусь. – 2010. – № 1. – С. 65–72.

В. В. Шумель

(БНТУ, Минск)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИВМ-СОВМЕСТИМОГО КОМПЬЮТЕРА С ПРОГРАММОЙ НА ВЫСОКОУРОВНЕВОМ ЯЗЫКЕ ПРОГРАММИРОВАНИЯ КАК ЦЕНТРАЛЬНОГО ЗВЕНА УПРАВЛЕНИЯ ГАЛЬВАНИЧЕСКОЙ ЛИНИЕЙ

Гальванические линии предназначены для нанесения на металлические детали покрытия из другого металла.

ООО «Стеклопласт» разрабатывает и производит автоматизированные гальванические линии, состоящие из следующих узлов:

- ванны для обработки деталей;
- носители для деталей;
- автооператоры (роботы) для перемещения носителей из ванны в ванну;

- выпрямители для протекания тока в ваннах цинкования;
- графическая панель оператора для задания типа работы линии;
- программируемый логический контроллер для управления линией;
- вспомогательные датчики, кнопки и прочая электронная аппаратура.

В настоящее время идет изменение конструкции линии на модульную. Программируемый логический контроллер с панелью управления будет заменен на IBM-совместимый панельный компьютер. Благодаря этому расширяются возможности программы управления линией:

- более гибкие автоматические циклограммы движения автооператоров с регулировкой выдержки времени обработки каждой отдельной операции;
- возможность продолжения работы линии после пропадания питания благодаря ежесекундному сохранению состояния всей линии;
- архивирование данных, куда могут быть добавлены записи о всех действиях операторов и любых событий, произошедших с автоматикой линии.

Все это стало возможно благодаря использованию высокоуровневого языка программирования Delphi в среде Delphi XE. Жесткий диск компьютера позволяет, практически, неограниченное число раз перезаписывать один файл, что незаменимо при ведении архива событий. К примеру, типичные микросхемы flash-памяти, обычно используемые как энергонезависимые элементы в программируемых логических контроллерах, допускают всего 100000 циклов перезаписи данных, после чего их надежное хранение данных не гарантируется.

Литература

1. Руководство пользователя программируемых логических контроллеров ОВЕН ПЛК110 : утв. Компанией Овен 06.07.09 : текст по состоянию на 24 янв. 2010 г. – Москва : Овен, 2010. – 70 с.
2. Фленов, М. Е. Библия Delphi / М.Е. Фленов. – Санкт-Петербург: БХВ, 2009. – 327 с.



АНАЛИТИЧЕСКИЕ И ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ В МАТЕМАТИКЕ

*Дифференциальные уравнения,
математический анализ
и численные методы*

В. А. Агибайлов, Л. В. Михайловская

(ВА РБ)

ЧАСТНОЕ РЕШЕНИЕ УРАВНЕНИЯ ЗАТУХАЮЩИХ КОЛЕБАНИЙ В ЭКВИВАЛЕНТНОМ КОЛЕБАТЕЛЬНОМ КОНТУРЕ МАЛОВЫСОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

Взаимодействие маловысотного летательного аппарата (МЛА) с Землей описывается его эквивалентным колебательным контуром (ЭКК). Поскольку собственные частоты ЭКК в различных типах МЛА лежат в пределах 1-10 МГц, то они огибают при распространении земную поверхность и возникает возможность активной локации МЛА за горизонтом Земли [1]. В связи с тем, что в этом диапазоне частот существует собственный электромагнитный фон атмосферы, необходимо изучить возможность пассивной локации.

Целью доклада является нахождение частного решения уравнения электромагнитных колебаний (ЭМК) в ЭКК. Общее уравнение колебаний, возникающих под действием одиночного удара молнии, имеет вид:

$$q'' + 2bq' + \omega_0^2 q = A_0 e^{-\beta t}, \quad (1)$$

где b – коэффициент затухания ЭМК в ЭКК, q – заряд ЭКК, ω_0 – частота собственных ЭМК в ЭКК, A_0 , β – параметры разряда молний. Начальные условия колебаний: при $t=0$ $q=0$ и $q'=0$.

Частное решение неоднородного уравнения (1) имеет вид:

$$\bar{q}(t) = A e^{-\beta t}.$$

где

$$A = \frac{A_0}{\beta^2 - 2b\beta + \omega_0^2}. \quad (2)$$

Выражение (2) свидетельствует о том, что величина A зависит от соотношения между коэффициентом затухания b и частотой собственных колебаний ω_0 в ЭКК, параметром разряда β . Длительность разряда молний зависит от состояния атмосферы и мощности разряда. Поэтому при исследовании (2) на экстремум будем считать переменной величину β . Показано, что $b = \beta$ – точка максимума функции $A(\beta)$, причем мощность затухающих колебаний значительно превышает мощность переходного процесса.

Из вышесказанного следует, что в связи с постоянством электромагнитного фона МЛА при движении может постоянно излучать импульсы затухающих колебаний с переменной частотой, зависящей от условий полета. Последнее делает возможным пассивную локацию МЛА.

Литература

1 Электродинамическая модель маловысотного летательного аппарата / В. В. Воинов [и др.] // Сб. науч. ст. Воен. акад. Респ. Беларусь. – 2008. – № 15. – С. 62–66.

А. А. Атвиновский

(ГТУ им. Ф.Скорины, Гомель)

О РЕШЕНИИ ОДНОГО КЛАССА ОПЕРАТОРНЫХ УРАВНЕНИЙ

Определение 1. [1] Пусть $a < b$. Будем говорить, что функция g относится к классу $R[a, b]$, если она принадлежит классу Неванлинны R и голоморфна и положительна на $(-\infty, a)$ и голоморфна и отрицательна на $(b, +\infty)$.

Определение 2. [2] Пусть $a < b$. Положим

$$Q[a, b] = \{\varphi \mid \varphi(z) = 1/g(z), g \in R[a, b]\}.$$

Класс $Q[a, b]$ содержится в классе функций $\tilde{Q}[a, b]$, допускающих интегральное представление

$$\varphi(z) := \alpha + \beta z - \int_a^b \frac{d\tau(t)}{t-z},$$

где τ — конечная мера на $[a, b]$, а α и β — числа (см. [2])

Определение 3. Для функции $\varphi \in \tilde{Q}[a, b]$ положим

$$\varphi(A) := \alpha I + \beta A - \int_a^b R(t, A) d\tau(t).$$

Данное функциональное исчисление будем называть $\tilde{Q}[a, b]$ -исчислением.

Теорема 1. Для любой функции $g \in R[a, b]$ оператор $g(A)$ обратим, причем

$$g(A)^{-1} = \varphi(A),$$

где $\varphi(z) = 1/g(z)$, и правая часть понимается в смысле $\tilde{Q}[a, b]$ -исчисления.

Теорема 2. Пусть $0 \leq a \leq c < d \leq b$. Для замкнутого оператора A в банаховом пространстве X спектр которого не пересекается с отрезком $[a, b]$, уравнение

$$\int_c^d R(t, A) x dt = y$$

для любого $y \in D(A)$ имеет единственное решение

$$x = \frac{d+c}{2(d-c)} y + \frac{1}{c-d} Ay - \int_c^d \frac{R(t, A) y}{\ln^2 \frac{d-t}{t-c} + \pi^2} dt.$$

Благодарю профессора Миротина А. Р., под руководством которого была выполнена эта работа.

Литература

- 1 Крейн М. Г., Нудельман А. А. Проблема моментов Маркова и экстремальные задачи. М. 1973.
- 2 Атвиновский А. А. Об интегральном представлении одного класса аналитических функций // Изв. ГГУ им. Ф. Скорины. 2011. № 4 (67). С.3-7.

С. В. Актанорович, Л. И. Минченко

(БГУИР, Минск)

К ДИФФЕРЕНЦИРУЕМОСТИ ФУНКЦИИ МИНИМУМА

В работах [1-3] изучалась задача дифференцирования по направлениям функции минимума $\varphi(x) = \inf \{ f(x, y) \mid y \in F(x) \}$, где

$$F(x) = \{ y \in \mathbb{R}^m \mid h_i(x, y) \leq 0 \quad i \in I, \quad h_i(x, y) = 0 \quad i \in I_0 \}, \quad x \in \mathbb{R}^n,$$

$h_i(x, y) \quad i = 1, \dots, p$ и $f(x, y)$ — гладкие функции из $\mathbb{R}^n \times \mathbb{R}^m$ в $\mathbb{R}$,
 $I = \{1, \dots, s\}$, $I_0 = \{s+1, \dots, p\}$.

Положим

$$\omega(x) = \{ y \in F(x) \mid f(x, y) = \varphi(x) \},$$

$$I(x, y) = \{ i \in I \mid h_i(x, y) = 0 \},$$

$$\Gamma((x, y); \bar{x}) = \{ \bar{y} \in \mathbb{R}^m \mid \langle \nabla h_i(x, y), (\bar{x}, \bar{y}) \rangle \leq 0 \quad i \in I(x, y), \quad \langle \nabla h_i(x, y), (\bar{x}, \bar{y}) \rangle = 0 \quad i \in I_0 \}.$$

Следуя [1], будем говорить, что в точке $y_0 \in \omega(x_0)$ выполнено условие регулярности RCRCQ, если для любого подмножества индексов J такого, что $I_0 \subset J \subset I(x_0, y_0) \cup I_0$, система векторов $\nabla_y h_i(x, y)$, $i \in J$ имеет постоянный ранг в некоторой окрестности точки (x_0, y_0) .

В нашей заметке предлагается дополнительное условие, которое в совокупности с RCRCQ позволяет гарантировать существование в точке x_0 производной $\varphi'(x_0; \bar{x})$ функции φ по направлению $\bar{x}$.

Будем говорить, что в точке $y_0 \in F(x_0)$, выполнено условие ECR-регулярности по направлению $\bar{x}$, если для любого подмножества индексов J такого, что $I_0 \subset J \subset I(x_0, y_0) \cup I_0$, система $(m+1)$ -мерных векторов $(\nabla_y h_i(x, y), \langle \nabla_x h_i(x, y), \bar{x} \rangle) \quad i \in J$ имеет постоянный ранг в окрестности точки (x_0, y_0) .

Теорема. Пусть 1) множество $\omega(x)$ не пусто и равномерно ограничено в окрестности точки x_0 ; 2) во всех точках $y_0 \in \omega(x_0)$ выполнены условия RCRCQ и ECR-регулярности по направлению $\bar{x} \in \text{dom} \Gamma((x_0, y_0); \cdot)$. Тогда функция φ дифференцируема в точке x_0 по направлению $\bar{x}$,

причем

$$\varphi'(x_0; \bar{x}) = \min_{y_0 \in \omega(x_0)} \min_{\bar{y} \in \Gamma((x_0, y_0); \bar{x})} \langle \nabla f(x_0, y_0), (\bar{x}, \bar{y}) \rangle.$$

Литература

1. Bonnans J.F., Shapiro A. Perturbations analysis of optimization problems. // Springer-Verlag, New York, 2000.
2. Luderer B., Minchenko L., Satsura T. Multivalued analysis and nonlinear programming problems with perturbations. // Kluwer Acad Publishers, Dord-recht, 2002.
3. Minchenko L. and Stakhovski S. Parametric nonlinear programming problems under the relaxed constant rank condition. // *SIAM Journal on Optimization*, V.21, N1, 2011. P. 314–332.

А. А. Аникеев, А. В. Борзенков
(БГУИР, Минск)

К ИССЛЕДОВАНИЮ ПОВЕДЕНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫМИ УРАВНЕНИЯМИ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ПРОЦЕССОВ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ АНТАГОНИСТИЧЕСКОГО ПО В INTERNET

Рассматривается модель Холлинга–Тэннера взаимодействия двух антагонистических классов программного обеспечения в среде Internet [1]:

$$dx / dt = axn - bxy; \quad (1)$$

$$dy / dt = bxy + cun; \quad (2)$$

$$dn / dt = -axn - cun; \quad (3)$$

$$x(0) = x_0, y(0) = y_0, n(0) = n_0. \quad (4)$$

В компьютерной сети (система (1)) имеется наличие $x(t)$ вирусов “+” и $y(t)$ вирусов “-”, которые сражаются за ресурс $n(t)$ – незагруженные машины. График (рис. 1) отображает [2] поведение системы с входными параметрами $a = 10, b = 25, c = 5, M = 3000000, x_0 = 100, y_0 = 1, n_0 = 1000000$

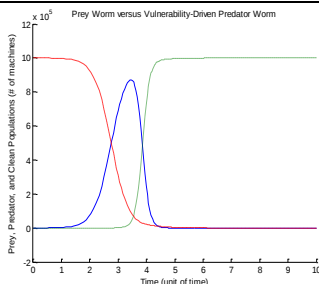


Рисунок 1 – График поведения системы (1)

Актуальной является задача об отражении хакерских атак. Это задача синтеза оптимального управления по быстрдействию [3].

Литература

1. А.В. Борзенков, А.А. Аникеев. К исследованию математической модели локальной информационной WWW безопасности в терминах системы дифференциальных уравнений. Технологии информатизации и управления. Вып. 2, Минск, БГУ, 2011, с. 142-148
2. Борзенков, А. В. Обыкновенные дифференциальные уравнения. MATLAB.: консп. лекц. / А.В. Борзенков – Минск: БГУИР, 2010 – 131 с
3. Габасов Р., Кириллова Ф.М. Конструктивные методы оптимизации. Часть 2. Задачи управления. /Р.Габасов, Ф.М. Кириллова. - Минск: Университетское, 1984. – 207 с.

А. В. Астафьева

(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

АССИМПТОТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДИАГОНАЛЬНЫХ АППРОКСИМАЦИЙ ПАДЕ ДЛЯ СИСТЕМЫ ЭКСПОНЕНТ

Пусть r – натуральное число, $f = (f_1, f_2, \dots, f_r)$ – набор формальных степенных рядов

$$f_j(z) = \sum_{k=0}^{\infty} f_k^j z^k, \quad j=1,2,\dots,r,$$

с комплексными коэффициентами. Зафиксируем произвольные целые неотрицательные числа $n, m_1, m_2, \dots, m_r$ и обозначим

$$m = \sum_{i=1}^r m_i, \quad n_i = m + n - m_i. \quad \text{Будем считать, что система функций}$$

$\{f_j(z)\}_{j=1}^r$ является совершенной. Тогда существуют такие многочлены

$$Q_m, P_{n_i}^i, \quad \text{что} \quad \deg Q_m \leq m, \quad \deg P_{n_i}^i \leq n_i \quad \text{и} \quad \text{для} \quad i = 1, 2, \dots, r$$

$$R_{m,n}^i(z) = Q_m(z) f_i(z) - P_{n_i}^i(z) = c_i z^{n+m+1} + \dots$$

Дроби вида $\pi_i(z) = \frac{P_{n_i}^i}{Q_m}, i = 1, 2, \dots, r$ называются совместными аппроксимациями Паде.

Будем рассматривать систему функций следующего вида $\{e^{\lambda z}, e^{2\lambda z}\}$, где λ – произвольное комплексное число. Тогда верна следующая теорема.

Теорема 1. Пусть $\{e^{\lambda z}, e^{2\lambda z}\}$ – набор из двух экспонент с произвольным комплексным числом λ . Тогда для любого комплексного числа Z при

$$n = m_1 = m_2 \quad \text{и} \quad \text{при} \quad n \rightarrow \infty$$

$$e^{\lambda z} - \pi_{2n,2n}^1(\xi, e^{\lambda \xi}) = \frac{\lambda^{3n+1} z^{3n+1}}{2(3n)!} B\left(\frac{n+1}{2}, n+1\right) e^{\left(1+\frac{1}{\sqrt{3}}\right)\lambda z} (1+o(1)),$$

$$e^{2\lambda z} - \pi_{2n,2n}^2(\xi, e^{2\lambda \xi}) = \frac{\lambda^{3n+1} z^{3n+1}}{2(3n)!} B\left(\frac{n+1}{2}, n+1\right) e^{2\lambda z} \left(e^{\frac{\lambda z}{\sqrt{3}}} + (-1)^n e^{-\frac{\lambda z}{\sqrt{3}}}\right) (1+o(1)), \quad \text{где}$$

$B(\bullet, \bullet)$ – бета-функция Эйлера.

Литература

1. Аптекарев, А.И. О сходимости рациональных аппроксимаций к набору экспонент/ А.И. Аптекарев// Вестн. МГУ. Сер.1. Математика. Механика. – 1981. – №1. – С. 68 – 74.
2. Старовойтов, А.П. Об асимптотике совместных аппроксимаций Паде двух экспонент/ А.П. Старовойтов, Н.В. Рябченко, А.В. Астафьева// Вестник Віснєбського державного університету. – 2011. – № 4(64). – С. 5 – 9.

К. С. Бабич, В. В. Андреев

(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

ОСОБЕННОСТИ ПОВЕДЕНИЯ РЕШЕНИЙ УРАВНЕНИЯ ТОМПСОНА С КОРНЕЛЬСКИМ ПОТЕНЦИАЛОМ ДЛЯ СВЯЗАННЫХ ДВУХЧАСТИЧНЫХ СИСТЕМ

В работе представлены результаты численного решения уравнения Томпсона [1] в импульсном представлении с корнельским потен-

циалом $v(r) = -\alpha/r + \sigma r$:

$$\left[\sqrt{k^2 + m_1^2} + \sqrt{k^2 + m_2^2} - (m_1 + m_2) \right] \varphi_l(k) + \int_0^\infty V_l(k, k') \varphi_l(k') k'^2 dk' = E \varphi_l(k), \quad (1)$$

где $\mu = m_1 m_2 / (m_1 + m_2)$ – приведенная масса, k – относительный импульс, $\varphi_l(k)$ – радиальная часть волновой функции, а $V_l(k, k')$ – оператор l -той составляющей парциального разложения потенциала взаимодействия $v(r)$.

Для численного решения уравнения (1) использовалась оригинальная методика [2,3] для интегралов с особенностями вида

$$\int_{-1}^1 \frac{f(t) - f(z)}{(t - z)^2} dt \quad |z| \leq 1, \quad (2)$$

которые обусловлены видом линейной части потенциала в импульсном представлении.

На примере уравнения (1), которое является полурелятивистским обобщением уравнения Шредингера, исследовано поведение решений в зависимости от параметров корнельского потенциала (α , σ) в импульсном представлении. Изучены некоторые релятивистские эффекты: уменьшение энергии связи, с увеличением параметра кулоновской части потенциала, наличие критического значения константы взаимодействия α , при котором энергетический спектр квантовых систем не имеет физических решений, условия наступления «коллапса» волновых функций.

Литература

1. Tang A., Norbury, J. W. // Phys. Rev. – 2001. – Vol.E63. – P. 066703.
2. Бабич К.С., Андреев В.В., Решение интегральных уравнений для квантовых двухчастичных систем с корнельским потенциалом в импульсном пространстве // Весці НАН Серыя фіз.-мат. навук. – 2011. – № 3. – С.54–59.
3. Андреев В.В., Бабич К.С., Новая квадратурная формула для интегралов с особенностями в задачах на связанные состояния с линейным потенциалом // Ковариантные методы в теоретической физике. Физика элементарных частиц и теория относительности: сб. науч. тр. / под ред. Курочкина Ю.А. [и др.] – Минск: Институт физики НАН Беларуси, 2011. – Вып.7, – С. 216-222.

М. С. Белокурский, А. К. Деменчук

(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

**ПЕРИОДИЧЕСКАЯ ОТРАЖАЮЩАЯ
ФУНКЦИЯ НЕЛИНЕЙНОЙ КВАЗИПЕРИОДИЧЕСКОЙ
ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ**

Рассмотрим нелинейную квазипериодическую возмущенную дифференциальную систему с двухчастотным базисом

$$\dot{x} = A(t, x) + B(t, x), \quad t \in \mathbb{R}, \quad x^T = (x_1, \dots, x_m) \in D \subset \mathbb{R}^n, \quad (1)$$

где функция $A(t, x)$ имеет период ω_1 по t , а функция $B(t, x)$ – период ω_2 по t и числа ω_1 и ω_2 несоизмеримы. Наряду с системой (1) рассмотрим систему

$$\dot{x} = A(\tau, x) + B(t, x), \quad (2)$$

где τ считается вспомогательной независимой от t переменной (параметром), которая принимает значения из того же множества $\mathbb{R}$, что и переменная t .

Теорема. Пусть правая часть дифференциальной системы (1) непрерывно дифференцируема по t , функция $A(t, x)$ – имеет период ω_1 по t , а функция $B(t, x)$ – период ω_2 по t и числа ω_1 и ω_2 – несоизмеримы. Если система (1) имеет ω_2 -периодическую по t отражающую функцию [1] $F(t, x)$, то эта система эквивалентна в смысле совпадения отражающих функций дифференциальной системе (2) при каждом фиксированном $\tau \in \mathbb{R}$.

Следствие. Пусть выполнены условия теоремы. Если система (1) имеет ω_2 -периодическую по t отражающую функцию $F(t, x)$, то она эквивалентна в смысле совпадения отражающих функций системе

$$\dot{x} = A(0, x) + B(t, x).$$

При доказательстве теоремы используются рассуждения из [2].

Литература

1. Мироненко, В.И. Отражающая функция и исследование многомерных дифференциальных систем / В.И. Мироненко. – Гомель: Мин. Образов. РБ, УО «ГГУ им. Ф. Скорины», 2004. – 196 с.

2. Деменчук, А.К. Критерий существования периодических решений нелинейных квазипериодических дифференциальных систем с двухчастотным базисом / А.К.Деменчук // Докл. НАН Беларуси. – 2004.–Т. 48, № 2.– С. 24 – 26.

И. В. Бондарь, Б. В. Фалейчик
(БГУ, Минск)

РЕАЛИЗАЦИЯ НЕЯВНЫХ МЕТОДОВ РУНГЕ–КУТТЫ ДЛЯ БОЛЬШИХ ЖЁСТКИХ СИСТЕМ

При численном моделировании нестационарных физических процессов нередко ситуации, когда дискретизация по пространственным переменным приводит к возникновению большой жесткой системы обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ). Использование явных методов для интегрирования такой системы во многих случаях не рационально, поскольку вынуждает сильно уменьшать шаг по временной переменной. Применение неявных методов в этом отношении предпочтительнее, но требует дополнительного вычислительного процесса для решения возникающих систем (не)линейных уравнений. Обычно для этих целей используется метод Ньютона или его модификации, но в случае больших размерностей их применение излишне трудоёмко. Целью работы является построение экономичных способов реализации неявных методов для систем ОДУ большой размерности.

Рассмотрим общий вид системы нелинейных уравнений, возникающей при реализации одного шага неявного s -стадийного метода Рунге-Кутты применительно к системе ОДУ размерности n :

$$k = F(k),$$

где k – вектор размерности ns . В [1] для решения этой системы предложено семейство итерационных процессов вида

$$k^{(l+1)} = \Phi(k^{(l)}), \quad \Phi(k) = k + \omega \sum_{p=1}^s \beta_p K_p, \quad K_p = R(k + \omega \sum_{q=1}^{p-1} \alpha_{pq} K_q). \quad (*)$$

Здесь $R(k) = F(k) - k$, а $\alpha_{pq}, \beta_p, \omega$ – вещественные параметры, подлежащие определению. В указанной статье описан способ выбора этих параметров, гарантирующий сходимость итерационного процесса для всех линейных систем ОДУ со спектром из некоторого сектора $\Lambda(\theta) = \{z \in \mathbb{C} : |\arg -z| < \theta\}$, причём при любом шаге дискретизации. Кроме того, предлагаемые процессы не требуют обращения матриц и

просты в реализации. Величина θ зависит от спектра матрицы Бутчера используемого базового метода Рунге–Кутты и, вообще говоря, не достигает оптимального значения $\pi/2$. Это обстоятельство сужает класс задач, для которых применимы процессы вида (*).

В докладе описывается модификация итерационного процесса (*), лишенная указанного выше недостатка, то есть применимая ко всем линейным задачам со спектром из левой комплексной полуплоскости. Приводятся результаты вычислительного эксперимента.

Литература

1. B. V. Faleichik // Journal of Numerical Analysis, Industrial and Applied Mathematics, vol. 5, no. 1-2, 2010, pp. 49-59

Н. В. Буцкевич

(ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно)

О СОСТОЯНИЯХ РАВНОВЕСИЯ ОДНОЙ АВТОНОМНОЙ КВАДРАТИЧНОЙ СИСТЕМЫ ТРЕТЬЕГО ПОРЯДКА

При построении фазового портрета динамической системы главную роль играют точки покоя и предельные циклы. Для системы второго порядка фазовый портрет, как правило, имеет конечное число точек покоя, которые существенно влияют на поведение траекторий. В противном случае, если число точек бесконечно, и они представляют собой некоторую кривую на фазовой плоскости, то система, как правило, носит вырожденный характер. Например, квадратичная система вырождается в линейную и не представляет особого интереса. Наличие линии равновесия для систем третьего порядка в фазовом пространстве R^3 не является столь вырожденным случаем и представляет интерес для изучения. Еще в работах К. Вейерштрасса было указано на наличие таких линий равновесия в пространстве R^3 . Например, ось вращения трехмерного тела представляет собой прямую равновесия.

Рассмотрим систему вида

$$\begin{cases} \dot{x} = (a_{11}x + a_{12}y + a_{13}z + a_{14}) \cdot (a_{21}x + a_{22}y + a_{23}z + a_{24}) \\ \dot{y} = (a_{31}x + a_{32}y + a_{33}z + a_{34}) \cdot (a_{41}x + a_{42}y + a_{43}z + a_{44}) \\ \dot{z} = (a_{51}x + a_{52}y + a_{53}z + a_{54}) \cdot (a_{61}x + a_{62}y + a_{63}z + a_{64}) \end{cases}$$

Под линей равновесия системы (1) будем понимать кривую в фазовом пространстве R^3 , которая целиком состоит из точек покоя данной системы.

Изучим вопрос о прямых равновесия системы (1)

Теорема 1. При выполнении условий

$$\alpha a_{i1} + \beta a_{j1} = a_{k1}, \quad \alpha a_{i2} + \beta a_{j2} = a_{k2}, \quad \alpha a_{i3} + \beta a_{j3} = a_{k3}, \quad \alpha a_{i4} + \beta a_{j4} = a_{k4}$$

система (1) будет иметь четыре линии равновесия.

Теорема 2. Если $\alpha x + \beta y + dz = c$ — есть первый интеграл системы (1), то в фазовом пространстве R^3 системы (1) существует четыре прямые равновесия.

Следствие: система (1) имеет восемь изолированных точек покоя, если выполняется условие:

$$\frac{a_{i1}}{a_{j1}} \neq \frac{a_{i2}}{a_{j2}} \neq \frac{a_{i3}}{a_{j3}} \neq \frac{a_{i4}}{a_{j4}}$$

Рассмотрены конкретные примеры систем вида (1), когда фазовый портрет содержит четыре прямых равновесия. А так же исследован фазовый портрет системы вида (1) в случае восьми изолированных точек покоя.

Литература

1. Баутин Н.Н. Леонтович Е.А. Приёмы и методы качественной теории дифференциальных уравнений на плоскости. — М.: Наука, 1991

Ю. Н. Волотовская

(БГУ, Минск)

ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ КАПИЛЛЯРНОЙ ГИДРОСТАТИКИ О КАПЛЕ, СВИСАЮЩЕЙ С КАПИЛЛЯРА

Задачи с нерегулярными условиями на границе занимают важное место в гидромеханике невесомости. Например, численное моделирование процесса выращивания монокристаллов, как и решение многих других прикладных задач гидромеханики невесомости, требует определения равновесных форм свободной поверхности с нерегулярными условиями на границе, при которых свободная поверхность опирается на линию излома твердой стенки [1]. Задачи с нерегулярными условиями ранее численно не решались из-за отсутствия подходящих методов. Лишь некоторые подходы предложены в [2].

Работа посвящена численному моделированию равновесных форм капиллярной поверхности жидкости с нерегулярными условиями контакта, при которых свободная поверхность опирается на линию излома твердой стенки.

Осесимметричные равновесные формы свободной поверхности описываются параметрическими дифференциальными уравнениями Юнга-Лапласа второго порядка с неизвестной областью определения, которые дополняются краевыми условиями контакта с твердой стенкой и условиями симметрии на оси капилляра [1].

Задача решалась итерационно-разностным методом во всем диапазоне возможных углов смачивания и чисел Бонда. Построены зависимости, отражающие влияние угла смачивания на критический объем жидкости, при котором наступает кризис равновесия в виде отрыва порции жидкости от пластины. Они согласуются с теоретическими оценками [1].

По полученным численным результатам, проанализирована эволюция поверхности капли, выдавливаемой через круглое отверстие определенного радиуса в горизонтальной пластине, вплоть до момента потери устойчивости. Отрыв капли происходит либо от гладкой поверхности пластины, либо от кромки капилляра, со своими соотношениями для критического объема капли.

Литература

1 Гидромеханика невесомости / В. Г. Бабский [и др.] ; под ред. А. Д. Мышкиса. – М. : Наука, 1976. – 504 с.

2 Polevikov, V. K. Methods for numerical modeling of two-dimensional capillary surfaces / V. K. Polevikov // Computational Methods in Applied Mathematics. – 2004. – Vol. 4, № 1. – P. 66-93.

Ю. А. Гришечкин

(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ ДВУХЧАСТИЧНЫХ УРАВНЕНИЙ ДЛЯ ЗАВИСЯЩЕГО ОТ ЭНЕРГИИ РЕЛЯТИВИСТСКОГО ПОТЕНЦИАЛА С БЕЗМАССОВЫМ БОЗОНОМ ОБМЕНА

В работе найдены численные решения уравнений квантовой теории поля, описывающих связанные S -состояния системы двух скаляр-

ных частиц [1] в случае потенциала, зависящего от энергии системы [2]. Масса обменного бозона равна нулю. Двухчастичные релятивистские уравнения для волновых функций $\psi_{(j)}(2E, p)$ в импульсном представлении имеют вид:

$$\psi_{(j)}(2E, p) = -\lambda m / \pi G_{(j)}(2E, p) \int_0^\infty dk E_k^{-1} V(2E, p, k) \psi_{(j)}(2E, k), \quad E_k = \sqrt{m^2 + k^2},$$

где $V(2E, p, k) = \ln(E_p + E_k + |p - k| - 2E) - \ln(E_p + E_k + p + k - 2E)$.

Индекс j соответствует одному из четырёх вариантов уравнений [1]. Величина m – масса каждой частицы, $2E$ – энергия системы ($0 < 2E < 2m$), λ – константа связи, $G_{(j)}(2E, p)$ – функции Грина [1].

Решения интегральных уравнений найдены сведением их к системам линейных алгебраических уравнений путём замены интеграла суммой по квадратурной формуле прямоугольников. Применение к полученным системам уравнений стандартных методов даёт собственные значения величины λ для фиксированной энергии $2E$. К величинам λ , найденным для сеток с числом узлов N , $2N$, $4N$ затем применён метод уточнения Эйткена. На рисунке 1 приведены собственные значения энергии системы для $j = 1$ (номер кривой равен номеру состояния).

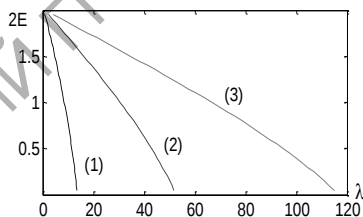


Рисунок 1 – Собственные значения энергии при $m=1$

Литература

1. Kapshai, V.N. Relativistic two-particle one-dimensional scattering problem for superposition of δ -potentials / V.N. Kapshai, T.A. Alferova // J. Phys. A: Math. Gen. – 1999. – V.32. – P.5329-5342.
2. Капшай, В.Н. О зависимости квазипотенциала от полной энергии двухчастичной системы / В.Н. Капшай, В.И. Саврин, Н.Б. Скачков. – ТМФ, 1986. – Т.69 №3. – С.400-410.

М. С. Данильченко

(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

СВЯЗАННЫЕ СОСТОЯНИЯ РЕЛЯТИВИСТСКИХ СИСТЕМ ДВУХ ЧАСТИЦ С НЕНУЛЕВЫМ ОРБИТАЛЬНЫМ МОМЕНТОМ

В импульсном представлении парциальное уравнение Кадышевского, описывающее систему двух частиц с орбитальным моментом l , имеет вид ($p_0 = \sqrt{p^2 + m^2}$, $k_0 = \sqrt{k^2 + m^2}$) [1]:

$$p_0(p_0 - E)\Psi_l(p) = (2\pi)^{-3} \int_0^\infty V_l(p, k)\Psi_l(k)m^2 dk/k_0,$$

где V_l – парциальный потенциал, соответствующий орбитальному моменту l , Ψ_l – волновая функция. Потенциал V_l может быть найден разложением трехмерного потенциала в ряд по полиномам Лежандра P_l . Так, для

$$V(\vec{p}, \vec{k}) = g^2 [|\vec{p} - \vec{k}|(|\vec{p} - \vec{k}| + p_0 + k_0 - 2E)]^{-1} [1]$$

потенциал с $l=1$ имеет вид:

$$V_1 = \frac{3}{(2pk)^2} \left[(p^2 + k^2 - A^2) \ln \frac{|p+k|+A}{|p-k|-A} - 2pk + A(|p+k| - |p-k|) \right],$$

где $A = p_0 + k_0 - 2E$. Нами методом квадратур совместно с уточняющей процедурой Эйткена были получены собственные значения энергии и волновые функции для орбитальных моментов $l=1; 2$. Результаты численных расчетов представлены на рисунке 1 (номер кривой на рисунке 1а) равен номеру собственного значения; функции 1б) соответствуют основному состоянию).

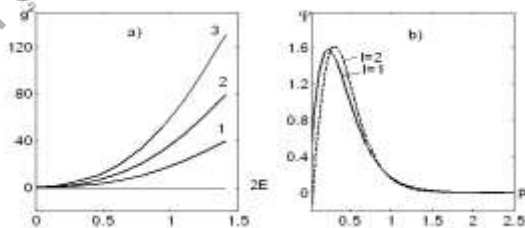


Рисунок 1 – Результаты численного решения:

а) собственные значения энергии , $l = 1$; б) волновые функции для
 $l = 1; 2$ и $2E = 1$

Литература

1. Дей, Е.А. Точные решения класса квазипотенциальных уравнений для суперпозиции квазипотенциалов однобозонного обмена / Е.А. Дей, В.Н. Капшай, Н.Б. Скачков. – ТМФ, 1990. – Т.82 №2. – С.188-198.

Е. В. Дирвук

(ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно)

РАЦИОНАЛЬНЫЕ КВАДРАТУРНЫЕ ФОРМУЛЫ, СОДЕРЖАЩИЕ НАПЕРЕД ЗАДАННЫЙ УЗЕЛ

Различные обобщения квадратурных формул типа Гаусса являются предметом исследования многих авторов. В настоящее время особый интерес представляет построение подобных формул на основании интерполяционных рациональных функций [1].

В данной работе рассмотрены рациональные интерполяционные функции Лагранжа на отрезке $[-1;1]$ с узлами в нулях синус-дроби Чебышева-Маркова и одной заранее фиксированной точки -1 или 1 . На основании полученных функций Лагранжа построены квадратурные формулы. Отметим, что случай двух фиксированных точек рассмотрен в работе [2].

Пусть $\{a_k\}_{k=1}^{+\infty}$ – произвольная последовательность чисел, удовлетворяющая условиям: если $a_k \in R$, то $|a_k| < 1$; если $a_k \in C$, то $\exists a_l = \overline{a_k}$; $a_1 = 0$. Для произвольной функции $f \in C[-1;1]$ рассмотрим интерполяционный многочлен Лагранжа с узлами в нулях x_k , $k=1, \dots, n-1$ синус-дроби Чебышева-Маркова $N_n(x)$, $x \in [-1;1]$, и $x_n = 1$

$$f(x) \approx L_n^{(1)}(x) = \frac{f(1)N_n(x)}{\lambda_n(1)} + \sum_{k=1}^{n-1} (-1)^{k+1} f(x_k) \frac{(1+x_k)(1-x)N_n(x)}{\lambda_n(x_k)(x-x_k)},$$

$$\lambda_n(x) = \sum_{k=1}^n \frac{\sqrt{1-a_k^2}}{1+a_k x}.$$

Теорема. Для произвольной функции $f \in C[-1;1]$ справедлива следующая квадратурная формула

$$\int_{-1}^1 f(x) \sqrt{\frac{1+x}{1-x}} dx \approx \frac{(-1)^n f(1)}{\lambda_n(1)} \pi + \sum_{k=1}^{n-1} \frac{f(x_k)(1+x_k)}{\lambda_n(x_k)} \pi.$$

Аналогичный результат получен для заранее фиксированной точки -1 .

Литература

1. Ровба, Е.А. Квадратурные формулы интерполяционно-рационального типа / Е.А. Ровба // Доклады АН Беларуси. — 1996. — Т.40. — №3. — С. 42-46.
2. Ровба, Е.А. Рациональное интерполирование в нулях синус-дробей Чебышева Маркова / Е.А. Ровба, К.А. Смотрицкий // Доклады НАН Беларуси, 2008. — Т.52. №5 — С. 11-15.

Р. В. Дыба

(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

ОГРАНИЧЕННОСТЬ ГАНКЕЛЕВЫХ ОПЕРАТОРОВ, АССОЦИИРОВАННЫХ С КОМПАКТНЫМИ АБЕЛЕВЫМИ ГРУППАМИ

Классическая теория ганкелевых операторов привлекла значительный интерес в течение нескольких последних десятилетий и нашла важные применения в ряде разделов математики (см. [1]). В докладе рассматриваются ганкелевы операторы, ассоциированные с компактными абелевыми группами; даны критерии ограниченности таких операторов.

Пусть G — компактная абелева группа. Обозначим через X группу характеров группы G и будем предполагать, что X является линейно упорядоченной группой с положительным конусом X_+ . «Крышкой» будем обозначать преобразование Фурье в группе G .

Рассмотрим пространство $l^2(X_+)$ — пространство индикаторов $l^2(X_+) = \{f : X_+ \rightarrow \mathbb{C} \mid \sum_{\chi \in X_+} |f(\chi)|^2 < \infty\}$. Система $\{e_\chi\}_{\chi \in X_+}$ является ортонормированным базисом в $l^2(X_+)$.

Определение. Оператор $\Gamma : l^2(X_+) \rightarrow l^2(X_+)$ называется *оператором Ганкеля в $l^2(X_+)$* , если существует такая функция a на X_+ , что

$$\langle \Gamma e_\chi, e_\xi \rangle = a(\chi\xi) \quad \forall \chi, \xi \in X_+$$

(угловые скобки обозначают скалярное произведение в $l^2(X_+)$).

Теорема 1. *Оператор Ганкеля Γ ограничен тогда и только тогда, когда $\exists \psi \in L^\infty(G) \forall \chi \in X_+ \psi(\bar{\chi}) = a(\chi)$. При этом*

$$\|\Gamma\| = \inf \{ \|\psi\|_\infty \mid \psi(\bar{\chi}) = a(\chi) \}.$$

Введем пространство $BMO(G) = \{f + \tilde{g} \mid f, g \in L^\infty(G)\}$, где $\tilde{g}$ — функция, гармонически сопряженная с функцией g , и положим $BMOA(G) = BMO(G) \cap H^1(G)$, где $H^1(G)$ — пространство Харди (см. [2]).

Теорема 2. *Оператор Ганкеля Γ ограничен тогда и только тогда, когда функция $\varphi := \sum_{\chi \in X_+} a(\chi)\chi$ принадлежит $BMOA(G)$.*

Благодарю профессора А. Р. Миротина за руководство данной работой.

Литература

1. Пеллер, В.В. Операторы Ганкеля и их приложения / В.В. Пеллер // Москва-Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика». – 2005. – 1028 с.
2. Миротин, А.Р., Гармонический анализ на абелевых полугруппах / А.Р. Миротин // – Гомель: ГГУ, 2008. – 207 с.

Н. А. Жияк, К. С. Патапенко

(БГТУ, Минск)

КРАСОТА ФРАКТАЛОВ

Геометрия не способна описать форму горы, береговой линии или дерева. «Почему геометрию часто называют холодной и сухой? Одна из причин заключается в ее неспособности описать форму облака, горы, дерева или берега моря. Облака – это не сферы, горы – это не конусы, линии берега – это не окружности, и кора не является гладкой, и молния не распространяется по прямой... Природа демонстрирует нам не просто более высокую степень, а совсем другой уровень сложности» – вот как об этом пишет основатель фрактальной геометрии Б.Мандельброт. Мандельброт впервые использовал термин «фрактал» для обозначения математического феномена, демонстрирующего столь непредсказуемое и удивительное поведение. Эти феномены рождались при использовании рекурсивного алгоритма для получения какой-либо

кривой или множества. Множество Мандельброта – один из таких феноменов, названный по имени своего исследователя. Сегодня изображения Мандельброта и множества Жюлиа можно встретить где угодно – на рекламных плакатах, обложках многочисленных книг, журналов и т.д. В мировом киберпространстве даже появились целые картинные галереи, поражающие своей завораживающей и странной красотой. Раньше из-за бедных вычислительных возможностей человеческого мозга своеобразная красота этих множеств была скрыта от наших глаз. Теперь же можно без особого труда создать собственный фрактальный «микроскоп» и попробовать свои силы в этой новой возникшей области компьютерного искусства.

Фракталы дают богатую пищу для философских размышлений о фундаментальных принципах устройства нашего мира. Исходя из «фрактальной» логики можно заключить, что природе вовсе не обязательно проявлять бесконечную изобретательность. Разнообразие форм, которое мы видим вокруг в принципе может быть построено при помощи небольшого количества нелинейных соотношений, способных порождать сложные фракталоподобные структуры.

Фракталы – это геометрические объекты с удивительными свойствами: любая часть фрактала содержит его уменьшенное изображение. То есть, сколько фрактал не увеличивай, из любой его части на нас будет смотреть его маленькая копия. Кроме самоподобия фракталы замечательны еще и тем, что многие из них удивительно похожи на то, что мы встречаем в природе: снежинку, морского конька, ветви деревьев, облака, разряд молнии и горные массивы. Поэтому многие современные ученые говорят, что природа имеет свойство фрактальности.

В основном фракталы делятся на – геометрические, алгебраические и стохастические. Однако существуют и другие классификации:

- рукотворные и природные. К рукотворным относятся те фракталы, которые были придуманы учеными, они при любом масштабе обладают фрактальными свойствами. На природные фракталы накладывается ограничение на область существования – то есть максимальный и минимальный размер, при которых у объекта наблюдаются фрактальные свойства;

- детерминированные (алгебраические и геометрические) и недетерминированные (стохастические).

Фрактальная геометрия не могла появиться раньше, чем компьютеры. Причина этому проста – руками фрактал не построишь. Разве

что, самые простейшие и самых малых порядков. Поэтому для того, чтобы понять суть строения фракталов, необходим мощный вычислительно-графический инструмент – компьютер. Весьма трудно провести грань между математикой и информатикой — так тесно они переплелись в своем стремлении открыть уникальные модели, приближающие к пониманию некоторых природных процессов и явлений.

Исходя из сказанного, мною выбрана тема исследования: «Красота фракталов». Актуальность проблемы обусловлена возросшей ролью фракталов в машинной графике. Они незаменимы при генерации искусственных облаков, гор, поверхности моря. Красота мира фракталов привлекает многих – от художников, и модельеров до биологов, физиков и математиков [1].

В данной работе была поставлена цель: создать программу визуализации таких фрактальных множеств с задаваемым числом итераций и порядком фрактала.

Программа создана на языке программирования Delphi 7. Объектом исследования являются фрактальные множества [2].

Гипотеза: современное программное обеспечение позволяет строить фрактальные множества более простыми методами.

Литература

1. <http://ru.wikipedia.org/wiki/Wiki>
2. Кобайло А.С. Моделирование информационных систем на базе Rational Rose: учеб.-метод. пособие для студентов специальности «Информационные системы и технологии» (издательско-полиграфический комплекс) / А.С. Кобайло, Н.А. Жияк. – Минск: БГТУ, 2008. – 268 с.

А. А. Иванютенко, С. П. Жогаль

(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

ВЛИЯНИЕ ЗАПАЗДЫВАНИЯ НА КОЛЕБАНИЯ СВЯЗАННЫХ ОСЦИЛЛЯТОРОВ ВАН ДЕР ПОЛЯ

Система связанных автоколебательных осцилляторов ван дер Поля является базовой моделью теории колебаний, иллюстрирующей явление синхронизации и сопутствующие эффекты [1]. При исследовании дополнительно вводится запаздывание по времени δ_1 и δ_2 в первый и второй осцилляторы соответственно, с учетом запаздываний математическая модель системы имеет вид:

$$\begin{cases} \ddot{x} - (\lambda_1 - x^2(t - \delta_1))\dot{x}(t - \delta_1) + (1 - \frac{\Delta}{2})x + \varepsilon(x - y) + \mu(\dot{x} - \dot{y}) = 0 \\ \ddot{y} - (\lambda_2 - y^2(t - \delta_2))\dot{y}(t - \delta_2) + (1 + \frac{\Delta}{2})y + \varepsilon(y - x) + \mu(\dot{y} - \dot{x}) = 0 \end{cases} \quad (1)$$

После последовательности преобразований при допущении, что в нулевом приближении коэффициенты связи μ , ε и параметр неидентичности $\rho = \frac{\lambda_1 - \lambda_2}{2}$ малы по сравнению с единицей, получим систему уравнений для амплитуд r_1 и r_2 колебаний парциальных звеньев системы

$$\begin{cases} \dot{r}_1 = r_1 \cos \delta_1 - r_1^3 \cos \delta_1 \\ \dot{r}_2 = r_2 \cos \delta_2 - r_2^3 \cos \delta_2 \end{cases} \quad (2)$$

Этим уравнениям отвечает установившееся движение по одинаковым орбитам радиуса $r_1 = r_2 = 1$. Перейдём теперь к возмущённым движениям. В первом приближении можно положить $r_1 = 1 + \tilde{r}_1$ и $r_2 = 1 + \tilde{r}_2$, где тильдой отмечены малые возмущения соответствующих переменных. Подставим сначала эти соотношения в уравнения амплитуд системы с ненулевыми коэффициентами. Пренебрегая членами высшего порядка, получим

$$\begin{cases} \dot{\tilde{r}}_1 = -2\tilde{r}_1 \cos \delta_1 + \rho \cos \delta_1 + \varepsilon \sin \varphi + \mu(\cos \varphi - 1) \\ \dot{\tilde{r}}_2 = -2\tilde{r}_2 \cos \delta_2 - \rho \cos \delta_2 - \varepsilon \sin \varphi + \mu(\cos \varphi - 1) \end{cases} \quad (3)$$

где $\varphi = \varphi_1 - \varphi_2$ – разность фаз парциальных звеньев системы. Обратим внимание, что возмущения амплитуд сильно демпфированы, поэтому их значения очень быстро выходят на стационарный уровень. Этот факт позволяет вычислить возмущения, определяющие стационарные орбиты осцилляторов.

$$\begin{cases} \tilde{r}_1 = \frac{\mu(\cos \varphi - 1) + \varepsilon \sin \varphi + \rho \cos \delta_1}{2 \cos \delta_1} \\ \tilde{r}_2 = \frac{\mu(\cos \varphi - 1) - \varepsilon \sin \varphi - \rho \cos \delta_2}{2 \cos \delta_2} \end{cases} \quad (4)$$

Подставим теперь выражения $r_1 = 1 + \tilde{r}_1$ и $r_2 = 1 + \tilde{r}_2$ в фазовое уравнение системы

$$\dot{\phi} = \tilde{r}_2 \sin \delta_2 - \tilde{r}_1 \sin \delta_1 + \rho \sin \delta_2 + \rho \sin \delta_1 + 2\varepsilon(\tilde{r}_2 - \tilde{r}_1) \cos \phi + 2\mu \sin \phi + \Delta \quad (5)$$

с учётом соотношений (4) получим

$$\begin{aligned} \dot{\phi} = & \frac{\mu(\cos \phi - 1) - \varepsilon \sin \phi - \rho \cos \delta_2 + \cos \delta_2}{\cos \delta_2} \sin \delta_2 - \\ & - \frac{\mu(\cos \phi - 1) + \varepsilon \sin \phi + \rho \cos \delta_1 + \cos \delta_1}{\cos \delta_1} \sin \delta_1 + \\ & + \frac{\mu(\cos \phi - 1)(\cos \delta_1 - \cos \delta_2) - \varepsilon \sin \phi(\cos \delta_2 + \cos \delta_1) - 2\rho \cos \delta_1 \cos \delta_2}{\mu(\cos \phi - 1)(\cos \delta_2 + \cos \delta_1) + \varepsilon \sin \phi(\cos \delta_2 - \cos \delta_1) + 2\rho \cos \delta_1 \cos \delta_2} \cos \phi - \\ & - ((1 - \rho) \sin \delta_2 - (1 + \rho) \sin \delta_1) - 2\mu \sin \phi + \Delta \quad (6) \end{aligned}$$

Это и есть искомое фазовое уравнение. Его анализ позволяет выяснить характер динамики относительной фазы слабо связанных осцилляторов в зависимости от всех существенных факторов: диссипативной связи, инерционной связи, параметров неидентичности и запаздываний.

Литература

- 1 Кузнецов, А.П. Нелинейные колебания / А.П.Кузнецов, С.П.Кузнецов, Н.М.Рыскин. – Москва: Физматлит, 2002. – 292 с.
- 2 Кузнецов, А.П. Связанные осцилляторы ван дер Поля и ван дер Поля-Дуффинга: фазовая динамика и компьютерное моделирование // А.П.Кузнецов, Н.В.Станкевич, Л.В.Тюрюкина. – Изв. вузов «ПНД». – 2008. – №4. – т. 16. – с. 101 – 136.

А. А. Иванютенко, С. И. Жогаль
(ГГУ им. Ф. Скорины, БелГУТ, Гомель)

ВЛИЯНИЕ ЗАПАЗДЫВАНИЯ НА КОЛЕБАНИЯ СВЯЗАННЫХ ОСЦИЛЛЯТОРОВ ВАН ДЕР ПОЛЯ-ДУФФИНГА

Система связанных автоколебательных осцилляторов ван дер Поля-Дуффинга является одной из базовых моделей теории колебаний,

иллюстрирующей явление синхронизации и сопутствующие эффекты [1]. При исследовании дополнительно вводится запаздывание по времени δ_1 и δ_2 в первый и второй осцилляторы соответственно. Математическая модель системы имеет вид:

$$\begin{cases} \ddot{x} - (\lambda_1 - x^2(t - \delta_1))\dot{x}(t - \delta_1) + \beta x^3(t - \delta_1) + (1 - \frac{\Lambda}{2})x + \varepsilon(x - y) + \mu(\dot{x} - \dot{y}) = 0 \\ \ddot{y} - (\lambda_2 - y^2(t - \delta_2))\dot{y}(t - \delta_2) + \beta y^3(t - \delta_2) + (1 + \frac{\Lambda}{2})y + \varepsilon(y - x) + \mu(\dot{y} - \dot{x}) = 0 \end{cases} \quad (1)$$

После последовательности преобразований при допущении, что в нулевом приближении коэффициенты связи μ , ε и параметры неизохронности β и неидентичности $\rho = \frac{\lambda_1 - \lambda_2}{2}$ малы по сравнению с единицей, получим систему уравнений для амплитуд r_1 и r_2 колебаний парциальных звеньев системы

$$\begin{cases} \dot{r}_1 = r_1 \cos \delta_1 - r_1^3 \cos \delta_1 \\ \dot{r}_2 = r_2 \cos \delta_2 - r_2^3 \cos \delta_2 \end{cases} \quad (2)$$

Этим уравнениям отвечает установившееся движение по одинаковым орбитам радиуса $r_1 = r_2 = 1$. Перейдём теперь к возмущённым движениям. В первом приближении можно положить $r_1 = 1 + \tilde{r}_1$ и $r_2 = 1 + \tilde{r}_2$, где тильдой отмечены малые возмущения соответствующих переменных. Подставим сначала эти соотношения в уравнения амплитуд системы с ненулевыми коэффициентами. Пренебрегая членами высшего порядка, получим

$$\begin{cases} \dot{\tilde{r}}_1 = -2\tilde{r}_1 \cos \delta_1 + \rho \cos \delta_1 + 3\beta \sin \delta_1 + \varepsilon \sin \varphi + \mu(\cos \varphi - 1) \\ \dot{\tilde{r}}_2 = -2\tilde{r}_2 \cos \delta_2 - \rho \cos \delta_2 + 3\beta \sin \delta_2 - \varepsilon \sin \varphi + \mu(\cos \varphi - 1) \end{cases} \quad (3)$$

где $\varphi = \varphi_1 - \varphi_2$ – разность фаз парциальных звеньев системы. Обратим внимание, что возмущения амплитуд сильно демпфированы, поэтому их значения очень быстро выходят на стационарный уровень. Этот факт позволяет вычислить возмущения, определяющие стационарные орбиты осцилляторов:

$$\begin{cases} \tilde{r}_1 = \frac{\mu(\cos \varphi - 1) + 3\beta \sin \delta_1 + \varepsilon \sin \varphi + \rho \cos \delta_1}{2 \cos \delta_1} \\ \tilde{r}_2 = \frac{\mu(\cos \varphi - 1) + 3\beta \sin \delta_2 - \varepsilon \sin \varphi - \rho \cos \delta_2}{2 \cos \delta_2} \end{cases} \quad (4)$$

Подставим теперь выражения $r_1 = 1 + \tilde{r}_1$ и $r_2 = 1 + \tilde{r}_2$ в фазовое уравнение системы

$$\dot{\varphi} = \tilde{r}_2 \sin \delta_2 - \tilde{r}_1 \sin \delta_1 + \rho \sin \delta_2 + \rho \sin \delta_1 + 2\varepsilon(\tilde{r}_2 - \tilde{r}_1) \cos \varphi + 2\mu \sin \varphi + \Delta, \quad (5)$$

с учётом соотношений (4) получим

$$\begin{aligned} \dot{\varphi} = & \frac{\mu(\cos \varphi - 1) + 3\beta \sin \delta_2 - \varepsilon \sin \varphi - \rho \cos \delta_2 + \cos \delta_2}{\cos \delta_2} \sin \delta_2 - \\ & - \frac{\mu(\cos \varphi - 1) + 3\beta \sin \delta_1 + \varepsilon \sin \varphi + \rho \cos \delta_1 + \cos \delta_1}{\cos \delta_1} \sin \delta_1 - ((1 - \rho) \sin \delta_2 - (1 + \rho) \sin \delta_1) \\ & + 3\beta(3\beta(\sin \delta_2 - \sin \delta_1) - 2\varepsilon \sin \varphi - \rho(\cos \delta_2 + \cos \delta_1) + \cos \delta_2 - \cos \delta_1) + 2\varepsilon \cos \varphi \times \\ & \times \frac{\mu(\cos \varphi - 1)(\cos \delta_1 - \cos \delta_2) + 3\beta(\sin \delta_2 \cos \delta_1 - \sin \delta_1 \cos \delta_2) - \varepsilon \sin \varphi(\cos \delta_2 + \cos \delta_1)}{\mu(\cos \varphi - 1)(\cos \delta_2 + \cos \delta_1) + \varepsilon \sin \varphi(\cos \delta_2 - \cos \delta_1) + 2\rho \cos \delta_1 \cos \delta_2} \\ & - 2\mu \sin \varphi + \Delta \end{aligned} \quad (6)$$

Это и есть искомое фазовое уравнение. Его анализ позволяет выяснить характер динамики относительной фазы слабо связанных осцилляторов в зависимости от всех существенных факторов: диссипативной связи, инерционной связи, параметров неизохронности, неидентичности и запаздываний.

Литература

- 1 Кузнецов, А.П. Нелинейные колебания / А.П.Кузнецов, С.П.Кузнецов, Н.М.Рыскин. – Москва: Физматлит, 2002. – 292 с.
- 2 Кузнецов, А.П. Связанные осцилляторы ван дер Поля и ван дер Поля-Дуффинга: фазовая динамика и компьютерное моделирование // А.П.Кузнецов, Н.В.Станкевич, Л.В.Тюрюкина. – Изв. вузов «ПНД». – 2008. – №4. – т. 16. – с. 101 – 136.

О. Д. Кечина

(БГУ, Минск)

ВЫЧИСЛЕНИЕ ПЕРВЫХ ИНТЕГРАЛОВ С СКА MATHEMATICA

Рассматривается система дифференциальных уравнений вида

$$\frac{dx}{dt} = P(x, y) \quad \frac{dy}{dt} = Q(x, y) \quad (1)$$

где переменные x и y зависят от t , $P(x, y)$ и $Q(x, y)$ являются многочленами от переменных x и y с комплексными коэффициентами. Определим $m = \max \{ \deg P(x, y), \deg Q(x, y) \}$ как степень системы (1).

Инвариантная алгебраическая кривая f системы (1) находится из уравнения

$P(x, y) \frac{\partial f}{\partial x} + Q(x, y) \frac{\partial f}{\partial y} - K f$, где многочлен K – кофактор инвариантной алгебраической кривой f , имеющий степень $m - 1$.

Представляя K и f в виде многочленов с неопределенными коэффициентами, в *Mathematica* по определенным алгоритмам находим все инвариантные кривые системы (1) и соответствующие им кофакторы.

Аналогично, из уравнения $P(x, y) \frac{\partial e^{g/h}}{\partial x} + Q(x, y) \frac{\partial e^{g/h}}{\partial y} - L e^{g/h}$, где $g, h \in \mathbb{C}[x, y]$, находим экспоненциальный множитель $e^{g/h}$ и его кофактор L .

Мы получили p инвариантных алгебраических кривых $f_i = 0$ с кофакторами $K_i, i = \overline{1, p}$ и q экспоненциальных множителей e^{g_j/h_j} с кофакторами $L_j, j = \overline{1, q}$. Величины $\lambda_i, \mu_j \in \mathbb{C}$ не все равны нулю, находятся, используя теорему Дарбу, из соотношения

$$\sum_{i=1}^p \lambda_i K_i + \sum_{j=1}^q \mu_j L_j = 0.$$

Тогда первый интеграл системы дифференциальных уравнений (1) можно представить в виде $f_1^{\lambda_1} \dots f_p^{\lambda_p} (e^{g_1/h_1})^{\mu_1} \dots (e^{g_q/h_q})^{\mu_q}$

Таким образом, использование пакета *Mathematica* значительно упрощает процедуру вычисления инвариантных алгебраических кривых, экспоненциальных множителей и первых интегралов системы дифференциальных уравнений.

Литература

1. Dumortier, F. Qualitative theory of planar differential systems, Universitext / F. Dumortier, J. Llibre, and J. C. Artes. – Berlin: Springer, 2006. – 298 с.
2. Romanovski, V. The center and cyclicity problems: a computational algebra approach/ V. Romanovski, Douglas S. Shafer. – Berlin: Springer, 2009. – 330 с.

Р. И. Коржик

(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

ЧИСЛЕННОЕ ИНТЕГРИРОВАНИЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНО-РАЗНОСТНЫХ УРАВНЕНИЙ НЕЙТРАЛЬНОГО ТИПА

Рассмотрим дифференциально-разностное уравнение нейтрального типа (1):

$$\dot{x}(t) = f(t, x(t), x(t - \Delta), \dot{x}(t - \Delta)). \quad 1)$$

Для применения методов численного интегрирования, таких как методы Рунге-Кутты, Эйлера, Хьюна, необходимо задать начальные значения. Для обыкновенного дифференциального уравнения начальные значения задаются в одной точке $t = t_0$. Для дифференциально-разностных уравнений нейтрального типа начальные значения необходимо задать на отрезке $[t_0 - \Delta, t_0]$:

$$\begin{aligned} x(t) \Big|_{t \in [t_0 - \Delta, t_0]} &= \varphi_0(t), \\ \dot{x}(t) \Big|_{t \in [t_0 - \Delta, t_0]} &= \varphi_1(t). \end{aligned} \quad 2)$$

Начальные значения (2) также должны удовлетворять условию согласования [1]:

$$\varphi_1(t_0) = f(t_0, \varphi_0(t_0), \varphi_0(t_0 - \Delta), \varphi_1(t_0 - \Delta)). \quad 3)$$

Для вычисления решения обыкновенного дифференциального уравнения методом Эйлера можно воспользоваться рекурсивной формулой:

$$x(t) = x(t - h) + hf(t - h, x(t - h)). \quad 4)$$

В случае дифференциально-разностного уравнения нейтрального типа (1) формула примет вид:

$$x(t) = x(t-h) + hf(t-h, x(t-h), x(t-h-\Delta), \dot{x}(t-h-\Delta)). \quad (5)$$

Таким образом, при реализации алгоритма численного интегрирования обыкновенного дифференциального уравнения для подсчета $x(t)$ необходимо хранить только одно значение – $x(t-h)$. В случае дифференциально-разностного уравнения нейтрального типа необходимо хранить значений. И при этом, для простоты реализации алгоритма, N должно быть обязательно целым числом. В противном случае понадобится не только N последних значений, но и просчет целого набора значений, которые ранее не были просчитаны.

$$N = \frac{\Delta}{h} + 1$$

заций алгоритма, N должно быть обязательно целым числом. В противном случае понадобится не только N последних значений, но и просчет целого набора значений, которые ранее не были просчитаны.

Литература

1 Рубаник, В.П. Колебания квазилинейных систем с запаздыванием / В.П. Рубаник. – Москва: Издательство «Наука», 1969. – 288 с.

2 Рубаник, В.П. Колебания сложных квазилинейных систем с запаздыванием / В.П. Рубаник. – Минск: издательство “Университетское”, 1985. – 143 с.

М. А. Кочегарова

(МГУ им. А. А. Кулешова, Могилев)

О СУЩЕСТВОВАНИИ ВОЛНОВОГО РЕШЕНИЯ УРАВНЕНИЯ ФИШЕРА С НЕЛИНЕЙНЫМ КОНВЕКТИВНЫМ ПОТОКОМ

Известно [1], что I. Ablowitz, A. Zeppetella впервые построили точное волновое решение классического уравнения Фишера, которое имеет вид

$$U_t = U(1-U) + U_{xx}.$$

В настоящей работе на основе прямого метода из [2] исследуются волновые решения уравнения

$$U_t = DU_{xx} + AU + BUU_x + CU^2, \quad (1)$$

где $A, B, C, D > 0$ – произвольные действительные числа. Положим, что

$$U(t, x) = U(\xi) = F^{-1}(\xi), \quad \xi = x - ut, \quad F(\xi) = \lambda_0 + \lambda_1 \exp(\xi), \quad (2)$$

где $\lambda_0 > 0$, $\lambda_1 > 0$ – неизвестные параметры волны, U – скорость волны.

Подставляя (2) в (1) и используя линейную независимость экспонент, получим законы распространения волны (2),

$$v = A + D, \lambda_0 = -\frac{C}{A}, AB = 2CD. \quad (3)$$

Теорема 1. Для того чтобы уравнение (1) имело решение (2) необходимо и достаточно, чтобы выполнялись соотношения (3). При этом параметр $\lambda_1 > 0$ является произвольным.

Рассмотрим модель, приведенную в книге [3],

$$U_t = kUU_x + U_{xx} + U(1 - U), \quad (4)$$

где k – действительное число. Из уравнений (3) найдем

$$v = 2, \lambda_0 = 1, k = -2.$$

Вычислим значение волны $U(\xi)$ при $\xi \rightarrow \pm\infty$. Имеем

$$U(-\infty) = \frac{1}{\lambda_0} = 1, U(+\infty) = 0.$$

Следовательно, решение (2) является типичным кинком, который на фазовой плоскости (ξ, U) соединяет два положения равновесия $U = 1$ и $U = 0$.

Анализ уравнения (1) показывает, что при $B = 0$ оно допускает решение вида

$$U(t, x) = U(\xi) = F^{-1}(\xi), F(\xi) = \lambda_0 + \lambda_1 \exp(\xi) + \lambda_2 \exp(2\xi), \quad (5)$$

где $\lambda_0 > 0$, $\lambda_1 > 0$, $\lambda_2 > 0$ – неизвестные параметры волны. Подставляя (5) в (1) получим

$$\lambda_0 = -\frac{C}{A}, v = A - D, 3v = 3D + 2A, 2v = 4D + A, \\ D(2\lambda_0\lambda_2 + \lambda_1^2) = D(\lambda_1^2 - 4\lambda_0\lambda_2) + A(\lambda_1^2 + 2\lambda_0\lambda_2) + C\lambda_2. \quad (6)$$

Теорема 2. Для того чтобы уравнение (1) имело решение вида (5) необходимо и достаточно, чтобы выполнялись соотношения (6).

Соотношения (6) являются законами распространения волны (5) и представляют собой непротиворечивую систему уравнений. Приведем набор параметров, которые удовлетворяют этой системе:

$$A = 6, C = -6, D = 1, \lambda_0 = 1, \lambda_1 = 1, \lambda_2 = \frac{1}{4}, v = 5.$$

Литература

1. Ablowitz I., Zeppetella A. Explicit solutions of Fisher's equation for a special wave speed // Bull. Math. Biology. 1979. V. 41. P. 835-840.

2. Жестков С. В. Конструктивные методы построения глобальных решений нелинейных уравнений в частных производных. МГУ им. А. А. Кулешова. Могилев. 2006.

3. Мари Дж. Нелинейные дифференциальные уравнения в биологии. М., Мир. 1983.

Н. А. Крищик

(ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно)

ВЕЙВЛЕТ-ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ОБОБЩЁННЫХ ФУНКЦИЙ

Вейвлеты (wavelet – короткая волна) – это обобщенное название функций определенной формы, локализованных по оси аргументов (независимых переменных), инвариантных к сдвигу и линейных к операции масштабирования (сжатия/растяжения), имеющих вид коротких волновых пакетов с нулевым интегральным значением. Они создаются с помощью специальных базовых функций, которые определяют их вид и свойства. В настоящее время вейвлеты начинают широко применяться при решении различных прикладных задач: распознавание образов, при обработке и синтезе различных сигналов (например, речевых), при анализе изображений и во многих других случаях.

Обозначим пространство быстро убывающих гладких функций и двойственное к нему, пространство обобщенных функций, через $S(R)$ и $S'(R)$ соответственно. Пространство частотно-временных локализованных функций на прямой будем обозначать через $S_0(R)$. Заметим, что $S_0(R)$ является замкнутым подпространством $S(R)$. $S'_0(R)$ – сопряженное пространство к $S_0(R)$. Множество H есть верхняя полуплоскость, то есть $H = R \times R_+$.

Для обобщённых функций используем только ортонормированный вейвлет, элементы которого из $S(R)$. Каждый ортонормированный вейвлет из $S(R)$ должен принадлежать пространству $S_0(R)$.

Вейвлет-преобразование $f \in S'(R)$ имеет вид

$$w_\psi f(a, b) := \left\langle f(b + ax), \bar{\psi}(x) \right\rangle = \left\langle f(t), \frac{1}{a} \bar{\psi}\left(\frac{t-b}{a}\right) \right\rangle, (b, a) \in H.$$

где $\psi \in S_0(R)$ — вейвлет. Для произвольной обобщённой функции $f \in S'(R)$, $W_\psi f$ является медленно растущей функцией на $\mathbb{N}$.

Для ортонормального вейвлета $\psi \in S_0(R)$, вейвлет разложение функции $f \in S'_0(R)$ имеет вид,

$$f = \sum_{m \in \mathbb{Z}} \sum_{n \in \mathbb{Z}} c_{m,n}^\psi(f) \psi_{m,n},$$

сходится в $S'_0(R)$, где

$$c_{m,n}^\psi(f) = 2^{-\frac{m}{2}} W_\psi f(n2^{-m}, 2^{-m}).$$

Е. С. Лысюк, И. П. Мартынов

(ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно)

АНАЛИТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА РЕШЕНИЙ ОДНОЙ СИСТЕМЫ ПЯТОГО ПОРЯДКА

Рассмотрим систему

$$\begin{aligned} x'_1 &= x_1 x_2 + x_1 x_5 + x_3 x_4 - x_2 x_3 - x_4 x_5, & x'_2 &= x_1 x_2 + x_2 x_3 + x_4 x_5 - x_1 x_5 - x_3 x_4, \\ x'_3 &= x_1 x_5 + x_2 x_3 + x_3 x_4 - x_1 x_2 - x_4 x_5, & x'_4 &= x_1 x_2 + x_3 x_4 + x_4 x_5 - x_1 x_5 - x_2 x_3, \\ x'_5 &= x_1 x_5 + x_2 x_3 + x_4 x_5 - x_1 x_2 - x_3 x_4. \end{aligned} \quad (1)$$

Если положить $x_k = t^{-1}(-1 + u_k)$, $k = \overline{1,5}$, где $t = z - z_0$, то система

$$(1) \text{ примет вид } \begin{cases} tu'_1 = -u_1 + u_1 u_2 + u_1 u_5 + u_3 u_4 - u_2 u_3 - u_4 u_5, \\ tu'_2 = -u_2 + u_1 u_2 + u_2 u_3 + u_4 u_5 - u_1 u_5 - u_3 u_4, \\ tu'_3 = -u_3 + u_1 u_5 + u_2 u_3 + u_3 u_4 - u_1 u_2 - u_4 u_5, \\ tu'_4 = -u_4 + u_1 u_2 + u_3 u_4 + u_4 u_5 - u_1 u_5 - u_2 u_3, \\ tu'_5 = -u_5 + u_1 u_5 + u_2 u_3 + u_4 u_5 - u_1 u_2 - u_3 u_4. \end{cases} \quad \text{Выполним}$$

замену $t = \tau^{-1}$, $u_k(t) = v_k(\tau)$, $k = \overline{1,5}$. Получим систему Брио и Буке

$$\begin{cases} \tau v'_1 = v_1 + v_2 v_3 + v_4 v_5 - v_1 v_2 - v_1 v_5 - v_3 v_4, \\ \tau v'_2 = v_2 + v_1 v_5 + v_3 v_4 - v_1 v_2 - v_2 v_3 - v_4 v_5, \\ \tau v'_3 = v_3 + v_1 v_2 + v_4 v_5 - v_1 v_5 - v_2 v_3 - v_3 v_4, \\ \tau v'_4 = v_4 + v_1 v_5 + v_2 v_3 - v_1 v_2 - v_3 v_4 - v_4 v_5, \\ \tau v'_5 = v_5 + v_1 v_2 + v_3 v_4 - v_1 v_5 - v_2 v_3 - v_4 v_5. \end{cases} \quad (2)$$

Элементарный делитель $1-r$ матрицы системы (2) простой. Значит система (2) имеет решение $v_k(\tau)$, $k = \overline{1,5}$, со свойством $v_k \rightarrow 0$ при $\tau \rightarrow 0$

[1]. Если искать решение системы (2) в виде рядов $v_k = \sum_{s=1}^{\infty} a_s^{(k)} \tau^s$, $k = \overline{1,5}$,

получим $a_1^{(k)}$, $k = \overline{1,5}$ – произвольные, а $a_s^{(k)}$, $s = 2,3,\dots$ определяются по рекуррентным формулам, причём ряды $\forall_k$ сходятся при $|\tau| < \delta$ [1].

Имеет место

Теорема 1. Ряды $x_k = -(z - z_0)^{-1} + \sum_{s=1}^{\infty} a_s^{(k)} (z - z_0)^{-s-1}$, $k = \overline{1,5}$, пред-

ставляют решение системы (1) в области $|z - z_0| > \rho = \delta^{-1}$, причём коэффициенты $a_1^{(k)}$, $k = \overline{1,5}$, являются произвольными постоянными, а $a_s^{(k)}$, $s = 2,3,\dots$ определяются единственным образом по рекуррентным формулам.

Литература

1. Horn, J. Journal fur die reine und angew / J. Horn // Mathematik, Bd. CXVI, Heft, 4, 1896.

Т. И. Остапко

(ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно)

СИСТЕМЫ ДВУХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ С РАЦИОНАЛЬНЫМИ ПРАВЫМИ ЧАСТЯМИ ПЕНЛЕВЕ – ТИПА

Рассмотрим систему дифференциальных уравнений

$$\begin{cases} x' = \frac{(a_0 x^2 + a_1 x + a_2)y + b_0 x^2 + b_1 x + b_2}{(c_0 x^2 + c_1 x + c_2)y + d_0 x^2 + d_1 x + d_2}, \\ y' = \frac{(\alpha_0 y^2 + \alpha_1 y + \alpha_2)x + \beta_0 y^2 + \beta_1 y + \beta_2}{(\gamma_0 y^2 + \gamma_1 y + \gamma_2)x + \delta_0 y^2 + \delta_1 y + \delta_2}. \end{cases} \quad (1)$$

где $a_i, b_i, c_i, d_i, \alpha_i, \beta_i, \gamma_i, \delta_i, i = \overline{0,2}$ — функции, аналитические по z , $|c_0| + |d_0| \neq 0$, $|\gamma_0| + |\delta_0| \neq 0$.

Найдем условия, при которых система (1) обладает свойством Пенлеве.

Если $a_0 x^2 + a_1 x + a_2$ и $c_0 x^2 + c_1 x + c_2$, $\alpha_0 y^2 + \alpha_1 y + \alpha_2$ и $\gamma_0 y^2 + \gamma_1 y + \gamma_2$ не имеют общих корней, то согласно [1] для наличия свойства Пенлеве необходимо, чтобы система (1) имела вид

$$\begin{cases} x' = ((a_0x^2 + a_1x + a_2)y + b_0x^2 + b_1x + b_2)/(c_2y + d_0x^2 + d_1x + d_2) \\ y' = ((\alpha_0y^2 + \alpha_1y + \alpha_2)x + \beta_0y^2 + \beta_1y + \beta_2)/(\gamma_2x + \delta_0y^2 + \delta_1y + \delta_2) \end{cases} \quad (2)$$

где считаем $d_0x^2 + d_1x + d_2 = d_0(x - S_1)(x - S_2)$, $c_2 \cdot \gamma_2 \neq 0$. Не нарушая общности рассуждений, можем считать, что $\gamma_2 = 1$ и $c_2 = 1$. С помощью метода малого параметра устанавливаем, что необходимо требовать, чтобы $a_0 = a_1 = \alpha_0 = \alpha_1 = 0$. Пусть $S_1 \neq S_2$. Выполнив замену $x = \varepsilon v + S_1$, $y = \varepsilon \omega$, $z = z_0 + \varepsilon^2 t$, при $\varepsilon \rightarrow 0$ получим упрощенную систему, которая имеет свойство Пенлеве, если

$$S_i + \delta_2 \neq 0, \quad S_j + \delta_2 = 0, \quad b_0S_i^2 + b_1S_i + b_2 = 0, \quad i = 1, 2, \quad j = 1, 2, \quad i \neq j$$

и выполняется одно из следующих соотношений

а)

$$1 - \delta_1 d_0 (S_j - S_i) = 0, \quad b_0S_j^2 + b_1S_j + b_2 = -\alpha_2S_i - \beta_2, \quad (3)$$

б) $b_0S_j^2 + b_1S_j + b_2 = 0, \quad \alpha_2S_j + \beta_2 = 0,$

в) $b_0S_j^2 + b_1S_j + b_2 = 0, \quad \delta_1 = 0$

или

$$S_i + \delta_2 \neq 0, \quad i = 1, 2, \quad b_0S_1^2 + b_1S_1 + b_2 = b_0S_2^2 + b_1S_2 + b_2 = 0. \quad (4)$$

Если $S_1 = S_2$, то полагая $x = \varepsilon v + S_1$, $y = \varepsilon^2 \omega$, $z = z_0 + \varepsilon^3 t$, при $\varepsilon \rightarrow 0$ получим упрощенную систему. Она имеет свойство Пенлеве, если $b_0S_1^2 + b_1S_1 + b_2 = 0$.

Теорема 1. Для того чтобы система (2) имела свойство Пенлеве, необходимо, чтобы $a_0 = a_1 = \alpha_0 = \alpha_1 = 0$ и выполнялись условия (3) или (4) при $S_1 \neq S_2$ и $b_0S_1^2 + b_1S_1 + b_2 = 0$ при $S_1 = S_2$.

Литература

1. Зенченко, А. С. Системы дифференциальных уравнений со свойством Пенлеве: дис. ... канд. физ – мат. наук: 24.12.04 / А. С. Зенченко. — Минск, 2004. — 101 л.

Ю. В. Погерило

(ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно)

ОБ ОДНОЙ АВТОНОМНОЙ СИСТЕМЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ СО СВОЙСТВОМ ПЕНЛЕВЕ

Рассмотрим систему дифференциальных уравнений

$$x' = yA(x) + C(x),$$

$$y'^2 = y^4 B(x),$$

где $A(x)$, $B(x)$, $C(x)$ многочлены по x с постоянными коэффициентами. Найдем необходимые и достаточные условия, при которых решения системы (1) не имеют подвижных критических особых точек.

Система

$$x' = yA(x),$$

$$y'^2 = y^4 B(x)$$

инвариантна относительно замены переменных $(t, x, y) \rightarrow (\alpha, x, \varepsilon^{-1}y)$ и, следовательно, является упрощенной в смысле Пенлеве для (1). Поэтому для отсутствия у решений системы (1) подвижных критических особых точек необходимо, чтобы этим же свойством обладали решения системы (2).

Используя метод малого параметра [1], метод сравнения с классическими уравнениями Пенлеве, непосредственное интегрирование, получим, что справедлива

Теорема 1. Для того, чтобы система (2) обладала свойством Пенлеве, необходимо и достаточно, чтобы она линейным преобразованием X и Y и аналитической заменой независимой переменной t приводилась к одному из видов:

$$x' = 0,$$

$$y'^2 = xy^4,$$

или

$$x' = y(a_2 x^2 + a_1 x + a_0),$$

$$y'^2 = y^4,$$

где a_2, a_1, a_0 — постоянные.

Рассмотрим системы (1), соответствующие полученным упрощенным системам вида (2). Аналогично, используя метод малого параметра, метод сравнения с классическими уравнениями Пенлеве, непосредственное интегрирование, получим, что справедлива

Теорема 2. Для того, чтобы система (1) обладала свойством Пенлеве, необходимо и достаточно, чтобы она линейным преобразованием x и y и аналитической заменой независимой переменной t приводилась к одному из видов:

$$x' = a_1 x,$$

$$y'^2 = xy^4,$$

или

$$x' = y(a_2 x^2 + a_1 x + a_0) + c_2 x^2 + c_1 x + c_0,$$

$$y'^2 = y^4,$$

где $a_2, a_1, a_0, c_2, c_1, c_0$ – постоянные.

Литература

1 Айнс, Э.Л. Обыкновенные дифференциальные уравнения / Э.Л. Айнс. – Харьков: ГНТИУ, 1939. – 719 с.

А. П. Садовский, Т. В. Щеглова
(БГУ, Минск)

ОБ УСЛОВИЯХ ЦЕНТРА ДЛЯ ОДНОЙ ПОЛИНОМИАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ

Рассматривается система дифференциальных уравнений вида

$$x' = yP_0(x), \quad y' = -x + xQ(x)y + P_2(x)y^2 \quad (1)$$

где $P_0(x) = 1 + \sum_{i=1}^8 c_i x^i$, $P_2(x) = \sum_{j=0}^7 a_j x^j$, $Q(x) = \sum_{k=1}^4 b_k x^{k-1}$, $a_j, b_k, c_i \in \mathbb{C}$.

Наряду с системой (1) рассмотрим кубическую систему

$$\begin{aligned} x' &= y(1 + Dx + Px^2) + Hx^2 + Qx^3, \\ y' &= -x + Ax^2 + 3Bxy + Cy^2 + Kx^3 + 3Lx^2y + Mxy^2, \end{aligned} \quad (2)$$

где $A, B, C, D, H, K, L, M, P, Q$ – комплексные параметры. Систему (2) можно привести к системе (1).

Введем вектор $p = (A, B, C, D, H, K, L, M, P, Q)$. Из равенства нулю первых двух фокусных величин следует, что

$$Q'(x)P_0(x) + 3Q(x)P_2(x) = xR(x), \quad R'(x)Q(x) - 3R(x)Q'(x) = xS(x),$$

где $R(x), S(x)$ – многочлены.

В следующих случаях $O(0,0)$ системы (1) является центром:

1) $Q(x) = 0$; 2) $R(x)/Q^3(x) = \text{const}$; 3) $P_0(x)S(x)/R^2(x) = \text{const}$;

4) существуют рациональные функции $f(x), g(x), \varphi(x)$, причем

$\varphi(0) = \varphi'(0) = 0$, такие, что выполняются соотношения

$$R(x)/Q^3(x) \equiv f(\varphi(x)), \quad P_0(x)S(x)/R^2(x) \equiv g(\varphi(x)). \quad (3)$$

Теорема. Пусть V – многообразие центра системы (2). Тогда

$$\bigcup_{i=1}^5 V(J_i) \subset V,$$

где

$$J_1 = \langle B, H, L, Q \rangle, J_2 = \langle 2C + D, 3B + 2H, M + P, L + Q \rangle, J_3 = \langle 3B + 2H, B(2C + D) + 2(L + Q),$$

$$9B^2(2CD + D^2 - 2M) + 6B(2C + 3D)Q + 8Q^2, 9B^2P + 2Q(3BD + 2Q), 1 - Bt \rangle \cap C[p], J_4 = \langle H^2P + Q^2 -$$

$$-DHQ, H^3(3A + 4C)(11A + 10C) - 3B\delta_1((53A + 52C)H^2 + 7\delta_1^2\delta_2) + \delta_1^2H(7(11A^2 + 8AC + 2C^2) + 98K + 108B^2),$$

$$5Q - 3L, 3\delta_1Q - HM, HP - \delta_1Q, 3B\delta_1 + (A - C)H + 7Q, 126B^2\delta_1^4\delta_2 - 3\delta_1^3B(216B^2 + 7\delta_2(31A + 18C))H + \delta_1^2 \times \\ \times (7\delta_2(5A + 2C)(13A + 8C) + 18B^2(237A + 218C))H^2 - 3B\delta_1(17A + 18C)(87A + 88C)H^3 + (81A^3 + 1402A^2C + \\ + 2490AC^2 + 1172C^3)H^4, 1 - H\delta_1t \rangle \cap C[p],$$

$$J_5 = \langle 2A + C + D, 3B - 5H, A^2\delta_2(5A + 4C) + 4\delta_3K, 3B\delta_2 +$$

$$+ 10L, A\delta_2 - 2M, A\delta_2 - 4P, 3B\delta_2 + 10Q, 25A^2\delta_1^2 - 9B^2\delta_3, 1 - \delta_3t \rangle \cap C[p], \delta_1 = A + C, \delta_2 = 3A + 2C,$$

$$\delta_3 = 11A^2 + 14AC + 4C^2.$$

Доказательство. При $p \in \bigcup_{i=1}^5 V(J_i)$ для (1) выполняется $Q(x) = 0$,

если $i \in \{1, 2, 3\}$, или $R(x)/Q^3(x) \equiv \text{const}$, если $i \in \{4, 5\}$. Теорема доказана.

В докладе также будут указаны $v_{(I_k)}, k = \overline{1, 12}$, – 12 условий центра уравнения (1), когда функция $\varphi(x)$ удовлетворяет соотношениям (3).

С. И. Фялка

(ГТУ им. Ф. Скорины, Гомель)

УСЛОВИЯ КВАНТОВАНИЯ ЭНЕРГИИ ДЛЯ РЕЛЯТИВИСТСКИХ ДВУХЧАСТИЧНЫХ СИСТЕМ С НЕНУЛЕВЫМ ОРБИТАЛЬНЫМ МОМЕНТОМ

Рассмотрим интегральные уравнения ковариантного трёхмерного подхода квантовой теории поля для системы двух релятивистских частиц [1]

$$G_{0,j}^{-1}(E, E_p) \psi_j(\vec{p}) = -\lambda \int (4\pi |\vec{p}(-)\vec{k}|)^{-1} \psi_j(\vec{k}) m d\vec{k}/E_k, \quad (1)$$

где $\psi_j(\vec{p})$ – волновая функция относительного движения, m – масса каждой из частиц, $E = m \cos w$, обратные функции Грина $G_{0,j}^{-1}(E, E_p)$ имеют вид

$$G_{0,1}^{-1}(E, E_p) = E^2 - E_p^2; \quad G_{0,2}^{-1}(E, E_p) = E_p(E - E_p); \quad E_p = \sqrt{p^2 + m^2}. \quad (2)$$

Полагая $\psi_{j,l\mu}(\vec{p}) = \psi_{j,l}(p) Y_l^\mu(\theta_p, \varphi_p)$, вводя параметризацию

$p = m \operatorname{sh} \chi_p$, $E_p = m \operatorname{ch} \chi_p$ и обозначение $F_{j,l}(\chi_p) = G_{0,j}^{-1}(E, E_p) p \psi_{j,l}(p)$ из (1) получим

$$F_{j,l}(\chi_p) = -\lambda m^2 \left[\int_{\chi_p}^{\infty} P_l(\operatorname{cth} \chi_k) Q_l(\operatorname{cth} \chi_p) G_{0,j}(m \cos w, m \operatorname{ch} \chi_k) F_{j,l}(\chi_k) d\chi_k + \right. \\ \left. + \int_0^{\chi_p} P_l(\operatorname{cth} \chi_p) Q_l(\operatorname{cth} \chi_k) G_{0,j}(m \cos w, m \operatorname{ch} \chi_k) F_{j,l}(\chi_k) d\chi_k \right]. \quad (3)$$

Эти интегральные уравнения могут быть сведены к дифференциальным. Значения константы связи λ можно найти, с помощью интегрального уравнения (3). Эта задача сводится к матричной задаче на собственные значения, которая была решена численно. Зависимости параметра w от λ при разных значениях орбитального момента l представлены на рисунке 1.

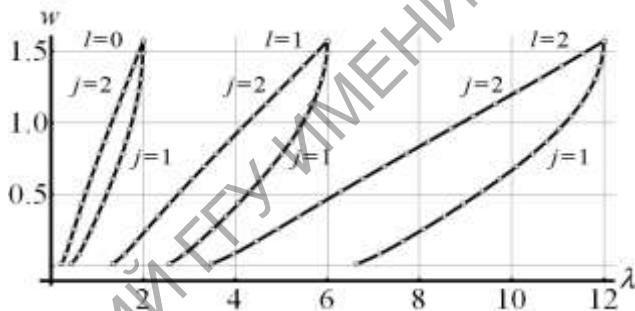


Рисунок 1 — Основное состояние при $l = 0, 1, 2$.

Литература

1. Капшай В.Н., Кулешов С.П., Скачков Н.Б. Об одном классе точных решений квазипотенциальных уравнений/ ТМФ, 55:3 (1983), 349–360.

А. А. Шамына

(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

**ГРАНИЧНАЯ ЗАДАЧА О ПРОХОЖДЕНИИ
ПЛОСКОЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ВОЛНЫ
ЧЕРЕЗ ГРАНИЦУ РАЗДЕЛА ДВУХ БИЗОТРОПНЫХ
СРЕД В СЛУЧАЕ НАКЛОННОГО ПАДЕНИЯ**

В течение последних лет активно продолжают исследования биизотропных сред, их электромагнитные свойства характеризуются материальными уравнениями:

$$\vec{D} = \varepsilon \vec{E} + (\chi + i\alpha) \vec{H}; \quad \vec{B} = (\chi - i\alpha) \vec{E} + \mu \vec{H}.$$

Здесь ε, μ – диэлектрическая и магнитная проницаемости среды, χ – параметр невязимности, α – параметр гиротропии.

Рассмотрим граничную задачу о прохождении плоской циркулярно поляризованной волны, падающей под углом θ на границу раздела двух биизотропных сред с параметрами $\varepsilon_1, \mu_1, \chi_1, \alpha_1$ и $\varepsilon_2, \mu_2, \chi_2, \alpha_2$. Падающую волну запишем в виде $\vec{E}_\nu^n = (\vec{m}^n + i\vec{l}^n) E_\nu^n e^{-i(\alpha x - \vec{k}^n \vec{r})}$; $\vec{H}_\nu^n = -b_\nu^n \vec{E}_\nu^n$. Здесь $\vec{E}_\nu^n, \vec{H}_\nu^n$ – электрическая и магнитная напряжённости соответственно, ν – поляризация волны ($\nu = +1$ – право поляризованная, $\nu = -1$ – лево поляризованная), векторы $\vec{m}^n, \vec{l}^n$ перпендикулярны направлению распространения. Необходимо найти коэффициенты прохождения и отражения $\tau(\theta), \rho(\theta)$.

Требуемые коэффициенты рассчитываются с помощью системы линейных алгебраических уравнений, получаемой из условий непрерывности электрического и магнитного полей на границе раздела двух сред. Наибольший интерес представляет зависимость $\rho(\theta)$ (Рис. 1).

Д. С. Шпак

(ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно)

ТЕОРЕМА ОБ ОПЕРАТОРНЫХ КОМПОНЕНТАХ НЕЛИНЕЙНОГО КВАЗИОБРАТНОГО ОПЕРАТОРА ДЛЯ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО УРАВНЕНИЯ ТРЕТЬЕГО ПОРЯДКА

Для нелинейного квадратичного эволюционного оператора $Ax = a_1 * x + S_2(a_2 * x^{\otimes 2})$ ($x \in X$) с обобщенными импульсными характеристиками $a_1 = \delta''' + a\delta'' + b\delta' + c\delta$, $a_2 = d\delta^{\otimes 2}$, порожденного нелинейным дифференциальным уравнением $x'' + ax' + bx + cx^2 = f(t)$, построили квазиобратный эволюционный оператор $Bu = b_1 * u + S_2(b_2 * u^{\otimes 2}) + S_3(b_3 * u^{\otimes 3}) + \dots + S_n(b_n * u^{\otimes n})$, $(u \in X)$, где

$B_1 = b_1 * y$, $B_2 = S_2(b_2 * y^{\otimes 2})$, $B_3 = S_3(b_3 * y^{\otimes 3})$, ..., $B_n = S_n(b_n * y^{\otimes n})$, последовательно определяя его операторные компоненты.

Операторная компонента первого порядка B_1 квазиобратного эволюционного оператора B определяется равенством $B_1 f = b_1 * f$, где b_1 – импульсная характеристика первого порядка, а операторная компонента второго порядка $B_2 f = -b_1 * S_2(a_2 * (b_1 * f)^{\otimes 2})$.

Вид операторной компоненты B_n порядка n определили из равенства

$$a_1 * S_n(b_n * f^{\otimes n}) + S_2(a_2 * (b_1 * f) \otimes S_{n-1}(b_{n-1} * f^{\otimes(n-1)})) + \\ + S_2(a_2 * S_2(b_2 * f^{\otimes 2}) \otimes S_{n-2}(b_{n-2} * f^{\otimes(n-2)})) + \dots + \\ + S_2(a_2 * S_{n-1}(b_{n-1} * f^{\otimes(n-1)}) \otimes (b_1 * f)) = 0.$$

Выразив $S_n(b_n * f^{\otimes n})$, при $a_2 = d\delta^{\otimes 2}$ получили

$$S_n(b_n * f^{\otimes n}) = -b_1 * a_2 * \sum_{k=1}^{n-1} (B_k f \cdot B_{n-k} f).$$

Значит, $B_n f = -b_1 * a_2 * \sum_{k=1}^{n-1} (B_k f \cdot B_{n-k} f)$.

Следовательно, справедливо следующее утверждение

Теорема. Пусть $Ax = a_1 * x + S_2(a_2 * x^{\otimes 2})$ – нелинейный эволюционный оператор с обобщенными импульсными характеристиками $a_1 = \delta''' + a\delta'' + b\delta' + c\delta$, $a_2 = d\delta^{\otimes 2}$. Тогда операторная компонента порядка n квазиобратного эволюционного оператора Bf с импульсной характеристикой b_1 к эволюционному квадратичному оператору A может быть представлена следующим образом

$$B_n f = -b_1 * d \sum_{k=1}^{n-1} ((B_k f) \cdot (B_{n-k} f)).$$

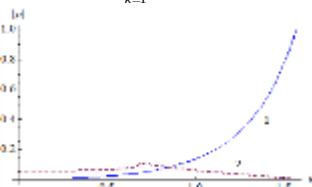


Рисунок 1 – График зависимости модуля коэффициента отражения от угла падения. Падающая волна правополяризованная, отражённая волна поляризована право (1) и лево (2). Параметры сред $\varepsilon_1 = 1.5$, $\mu_1 = 1.2$, $\chi_1 = 0.1$, $\alpha_1 = 0.3$; $\varepsilon_2 = 2.3$, $\mu_2 = 1.5$, $\chi_2 = 0.05$, $\alpha_2 = 0.1$.

Литература

1. Капшай В. Н., Кондратюк В. В. Отражение и преломление плоских электромагнитных волн на границе раздела с биизотропной средой. Известия ГГУ им. Ф.Скорины, №4(55) (2009), ч. 2, С. 113–122.

СОДЕРЖАНИЕ

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Математическое моделирование

<i>Сморodin В. С.</i> Перспективы развития прикладной научной тематики в ВУЗе и проблемы профориентации	3
<i>Ананенко Д. И.</i> Математическое моделирование боя	7
<i>Бойкачев П. В., Филиппович Г. А.</i> Синтез аппроксимирующих функций для произвольных комплексных нагрузок	8
<i>Бойкачев П. В., Филиппович Г. А., Шашок В. Н.</i> Нарастающе-волновая аппроксимирующая функция	9
<i>Буйлов Е. Н.</i> Повышение точности измерения угловых координат в моноимпульсных РЛС сопровождения	11
<i>Варакса Е. С.</i> Применение транспортной задачи в военном деле .	12
<i>Ганжурова А. В., Березовская Е. М.</i> компьютерная геометрия: сплайновые поверхности и фрактальные множества	13
<i>Гук М. Э.</i> Сравнение математических инструментов применительно к моделированию систем управления	14
<i>Дмитренко А. А., Седышев С. Ю.</i> Принципы построения комплексов пассивной локаций	16
<i>Ковалева О. А., Лубочкин А. В.</i> Стабилизация модели маятника с двумя нелинейностями, ограниченными управлениями кусочно-линейно-квадратичных задач	17
<i>Колесникова В. Г., Березовская Е. М.</i> Теплоизлучение кольцевых пластин радиатора трапецеидального сечения	18
<i>Комраков В. В., Мозырчук Д. А.</i> Решение задачи о контакте двух шаров аналитически и методом конечных элементов	19
<i>Коноплев В. Ю., Цурганова Л. А.</i> Система контроля разработки программного проекта	21
<i>Кузьменков Д. С., Кечко Е. П.</i> Сведение задачи оптимального управления тепловым процессом в стержне с теплообменом на двух концах к интервальной задаче ЛП	22
<i>Кулагина М. В., Ружицкая Е. А.</i> Построение стабилизирующей обратной связи, обеспечивающей заданную степень устойчивости переходного процесса	24
<i>Лиморенко Д. В., Карасёва Г. Л.</i> Критерий оптимальности для задачи оптимального управления специального вида	25

<i>Масалитина Н. Н.</i> Метод классификации с заранее неизвестным составом и количеством классов и заданным критерием их разделения	26
<i>Никитин А. И.</i> Свойства решений системы полулинейных параболических уравнений с нелинейными нелокальными граничными условиями	27
<i>Оржиш П. И.</i> Анализ алгоритмов синтеза временной структуры системы шумовых сигналов ММО РЛС по заданной характеристике направленности афар на передачу	28
<i>Осипова О. Г.</i> Упаковка матрицы жесткости при конечно-элементном моделировании системы «свая-грунтовое основание»	29
<i>Павловская А. Т.</i> Задача полной управляемости для линейных систем нейтрального типа со многими запаздываниями	30
<i>Парахневич А. В., Солонар А. С., Горшков С. А.</i> Использование численного метода интегрирования монте-карло для аппроксимации плотностей вероятности в практических задачах	32
<i>Пешков И. А.</i> Моделирование процесса разбрасывания удобрений с учетом угла схода с диска средствами "Mathematica"	33
<i>Поплавский Е. М., Березовская Е. М.</i> Использование Maple для вывода явных формул Рунге-Кутты	34
<i>Попова А. Д., Цурганова Л. А.</i> Разработка Java-приложения моделирования деформаций грунтового основания фундаментной плиты	35
<i>Рябица Т. А., Карасёва Г. Л.</i> Задача оптимального управления со смешанными ограничениями	36
<i>Санкевич С. А.</i> Выбор оптимального соотношения емкости накопителя электроэнергии и мощности ветроэлектрической установки в ветро-дизельных системах	38
<i>Смеянович С. А., Иващенко И. А.</i> Математическая модель взаимодействия корпуса летательного аппарата со струей реактивного двигателя	39
<i>Степаненко И. С.</i> Решение задачи раскладки продукции для офсетной типографии	40
<i>Сухоруков О. В.</i> Граф как модель качественных изменений объекта.	41
<i>Троцкий Л. В., Березовская Е. М.</i> Математическая модель и программная реализация задачи неоднородная полоса – упругое однородное основание	42
<i>Хижняк А. В., Шевяков А. В., Заплатников С. С.</i> корреляционно-фильтровой алгоритм сопровождения объектов	43

<i>Хмарский П. А., Солонар С. А.</i> Влияние выбора типа координатной системы и учета взаимной корреляции моделей наблюдения и экстраполяции на точность измерения вектора состояния для фильтров Калмана.....	44
<i>Ходорёнок А. Е., Ковалева И. Л., Строк Е. Я.</i> Математическая модель процесса опускания навесного устройства мобильной машины.....	46
<i>Чернявский П. С.</i> Обоснование необходимости совершенствования алгоритмов формирования и обслуживания очередей пакетов в центрах коммутации сети связи	47
<i>Шишко А. А.</i> Моделирование в Excel задачи оптимальной загрузки заказами перемоток в форме транспортной задачи линейной оптимизации	48
<i>Якубович А. В., Лубочкин А. В.</i> Решение задачи регулирования управлениями минимальной интенсивности	49

Имитационное моделирование

<i>Быховцев В. Е.</i> Современные методы и технологии исследования прикладных задач.....	51
<i>Бекиш Н. В.</i> Об одном методе имитационного моделирования НМ-сетей с приоритетными заявками.....	59
<i>Беликов А. А.</i> Оценка работоспособности методом интегрального контроля технического состояния радиоэлектронных средств .	60
<i>Блажевич О. В., Маслович С. Ф.</i> Службы надёжной групповой рассылки сообщений	62
<i>Бобылев М. И., Сущевич А. Н.</i> Моделирование технологических схем транспортировки молока	63
<i>Борисенко М. В.</i> Возможности моделирования и анализа состояния сердечно-сосудистой системы при использовании программно-аппаратного средства «спас».....	64
<i>Борчик Е. М., Башаримов В. В.</i> О задаче снижения размерности данных при кластеризации методом fuzzy relation clustering	65
<i>Бысов А. А.</i> Имитационная модель VOIP-сети специального назначения для симулятора network simulator 2.....	67
<i>Вашкевич Д. И., Напрасников В. В.</i> Параметрическая модель каркаса информационного экрана для исследования напряженно-деформированного состояния на основе командного файла ANSYS	68

<i>Воронова Н. П., Чужинов В. А. Технология нагрева в рециркуляционных печах</i>	69
<i>Воронцов М. Н. Применение квазишумовых зондирующих сигналов в радиолокаторах повышенной скрытности</i>	70
<i>Германович И. П., Акулич С. В. Подход к решению задачи оценки эффективности мероприятий противодействия средствам радиолокационной разведки космического базирования</i>	71
<i>Гончаров К. Ю., Жердецкий Ю. В., Сукач Е. И. Об одном подходе к оценке вероятностных характеристик пропускной способности потоковой системы.....</i>	72
<i>Жуков Д. В., Маслович С. Ф. Распределение реплик в распределенных системах.....</i>	74
<i>Климов Г. В., Еськова О. И. Обработка данных для имитационной модели в MS Excel.....</i>	75
<i>Климович А. Н. Специализация стандартных средств имитационного моделирования.....</i>	76
<i>Кузнецова А. А., Напрасников В. В. Расчёт напряжённо-деформированного состояния каркасно-вантовой конструкции крытого катка на основе параметрической модели в ANSYS</i>	77
<i>Липлянин А. Ю., Иващенко И. А. Модель пассивной локации маловысотного летательного аппарата</i>	78
<i>Малашин А. Н., Колчин Е. В. Исследование магнитного поля многофазной электрической машины с зубцовыми обмотками в программной среде ANSYS</i>	79
<i>Малашин А. Н., Чумаков С. А. Применение Matlab/Simulink для измерения составляющих полной мощности в трехфазных симметричных системах переменного тока.....</i>	81
<i>Малетько В. В., Свирский Р. Г., Кончиц Т. А. Снижение размерности графовых моделей структурно-сложных систем.....</i>	82
<i>Мальцева Г. А., Жердецкий Ю. В., Сукач Е. И. Расчёт вероятностных характеристик надёжности систем-четырёхполюсников</i>	83
<i>Мешко Е. Э., Богуша. С., Дунец А. П. Создание автономного робота на базе радиоуправляемой модели.....</i>	84
<i>Мешков Н. В., Осипенко Н. Б. Разработка средств автоматизации построения главных факторов</i>	86
<i>Никитенко А. М. Применение имитационного моделирования для исследования сложных логистических систем</i>	87
<i>Однолько Д. С. Имитационное моделирование акселерантного алгоритма идентификации асинхронного двигателя.....</i>	89

<i>Олексюк А. О., Липницкий В. А.</i> Не примитивные БЧХ коды и их параметры.....	91
<i>Осипенко К. А., Осипенко Н. Б.</i> О прогностических возможностях квадрата пифагора.....	92
<i>Приставка М. В., Осипенко Н. Б.</i> Метод кластерного анализа k-средних.....	94
<i>Рожкова Н. М., Маслович С. Ф.</i> имитационное моделирование алгоритмов голосования для выбора координатора процессов.....	95
<i>Рылов А. В.</i> имитационная модель надежности функционирования цифровой сети связи.....	97
<i>Романенко В. В.</i> проектирование структуры вероятностных производственных систем.....	98
<i>Рыцук А. С.</i> О повышении эффективности имитационного моделирования.....	100
<i>Семашко Д. В., Напрасников В. В.</i> Оценка эффективности применения витаминов при подготовке теннисистов высшей квалификации.....	101
<i>Семашко Д. В., Плышевская О. В., Напрасников В. В.</i> Анализ параметрической конечно-элементной модели колеса обозрения в среде «ANSYS».....	102
<i>Станевко М. В.</i> Имитационная модель распределенной обработки информации в компьютерных сетях с учетом надежностных характеристик оборудования.....	104
<i>Сычев А. А.</i> Компьютерная анимация кинематических схем в среде Mathcad.....	105
<i>Торгонская С. В.</i> Компьютерное моделирование деформаций грунтовых оснований с включениями пониженной несущей способности.....	106
<i>Торгонская С. В.</i> Компьютерная оптимизация структуры фундамента на грунтовом основании с пустотной подобластью.....	107
<i>Хомиченко Д. В., Пучик А. А., Дунец А. П.</i> Создание автономного робота на базе радиоуправляемой модели.....	108
<i>Якимущи И. С., Мирзаванд М. А.</i> Сравнение методов задания сейсмических нагрузок на примере анализа сейсмостойкости морской нефтедобывающей платформы параметрическая.....	110

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

<i>Анищенко И. С.</i> Автоматизация решения задач распределенными исполнителями	112
<i>Батура П. М., Шешко Е. В., Ревотюк М. П.</i> Безопасное прерывание процедур метода ветвей и границ	113
<i>Белявский А. А.</i> Разработка адаптируемой автоматизированной информационной системы ведения государственной статистической отчетности	114
<i>Благодарная Е. А., Можаровский В. В., Демова Т. М.</i> Разработка алгоритма расчета цилиндрических труб из композитов	116
<i>Василук П. Е., Кулик В. В.</i> Адаптивные системы для борьбы с заторами и обеспечения безопасности на регулируемых перекрестках	117
<i>Гаврилюк Д. В.</i> Хеширование сообщений на основе нейросетевых технологий	118
<i>Голубчик Е. В.</i> Автоматизированная система управления параметрами промышленного аквариума	119
<i>Гордеенко В. А.</i> Программа учета общественного питания для волковысского ОАО «Беллакт»	120
<i>Господ А. В., Кожевников М. М.</i> Программное управление роботами-манипуляторами при наличии технологических ограничений	121
<i>Грибкова С. М., Березовский Н. И.</i> Определение эффективности процесса обезвоживания	122
<i>Гриченко А. А.</i> Расчет коэффициентов дискриминантной функции при наличии двух обучающих выборок	123
<i>Кравченко Т. Г., Быховцев В. Е.</i> Компьютерное моделирование деформаций грунтового основания винтовой сваи	125
<i>Жиляк Н. А., Лебедев И. В., Федотов А. С.</i> Пути повышения конкурентоспособности радиоэлектронной продукции	126
<i>Зайченко А. Г., Цурганова Л. А.</i> Особенности программного обеспечения компьютерного моделирования системы «Фундаментная плита – грунтовое основание»	128
<i>Кисель Н. В., Хвещук В. И.</i> Разработка концепции системы обработки данных	129
<i>Козлов А. С., Трохова Т. А.</i> Автоматизация проектирования компоновки низа обсадных колонн	131
<i>Кисло Д. А., Хвещук В. И.</i> Использование моделей деятельности предприятий в учебном процессе	132

<i>Коленчукова М. М., Трохова Т. А.</i> Автоматизация формирования планов ликвидации осложнений при бурении нефтяных скважин	133
<i>Королёва Н. Е., Можаровский В. В., Демова Т. М.</i> Математические модели при контактном взаимодействии упругих тел с покрытиями	134
<i>Кравцова А. В., Жадан М. И.</i> Создание приложения «Аптека» средствами Lotus Notes	135
<i>Кузнецов А. С., Серебряная Л. В.</i> Метод анализа взаимосвязанных показателей при неопределенности причинно-следственных связей между ними	136
<i>Литвиненко Д. Н., Глухова Л. А.</i> Модели и алгоритмы программного пакета поддержки мобильной измерительной платформы Agizer для встраиваемой операционной системы Windows CE	138
<i>Луд А. М.</i> Система управления проектами для решения задач распределения ресурсов	139
<i>Медведок А. С.</i> Устройство загрузки и выгрузки покрышек	140
<i>Миренков В. В., Хиженок В. Ф.</i> Компьютерное моделирование НДС режущих элементов измельчающего аппарата кормоуборочного комбайна	141
<i>Мицкевич Д. М., Смеянович С. А., Иващенко И. А.</i> Универсальная модель обнаружения маловысотных летательных аппаратов в зоне поражения	142
<i>Пантелеева Т. В., Цурганова Л. А., Фомина Г. В.</i> Конечноеlementное моделирование пространственной системы «Плита – грунтовое основание»	143
<i>Пашук С. М., Бондарева В. В.</i> Совершенствование АРМА «Контроль закупок»	145
<i>Прокопенко Д. В.</i> Компьютерный анализ влияния ширины и высоты полости плитного коробчатого фундамента на его осадку на нелинейно деформируемом грунтовом основании	147
<i>Прокопчик С. В., Мурашко В. С.</i> Автоматизация определения оптимальных режимов обработки на сверлильных станках	149
<i>Прокошин Е. И., Хвещук В. И.</i> Вопросы автоматизации администрирования телекоммуникационных услуг в ОДО «Элнет»	150
<i>Пылинский М. В.</i> Повышение доступности системы связи для подвижных пользователей в тактическом звене управления	151
<i>Ракитский А. В.</i> Модификация прямого опорного метода	152

<i>Родченко В. В.</i> О применении одного алгоритма распознавания при построении систем поддержки принятия решений	153
<i>Самолетова А. А., Можаровский В. В., Демова Т. М.</i> Алгоритм расчёта контактного взаимодействия тел из композитов с учетом температуры	154
<i>Сасим Е. Н., Липлянин А. Ю., Иващенко И. А.</i> Обнаружение низколетящих летательных аппаратов за горизонтом земли в сложной помеховой обстановке.....	155
<i>Слюсарева М. В., Хвещук В. И.</i> Планирование процесса создания систем обработки данных.....	157
<i>Соколов С. В.</i> сверточные коды коррекции ошибок.....	158
<i>Сташевич Е. В., Булавка Ю. А.</i> Актуальность разработки автоматизированной информационной системы по охране труда	159
<i>Хижняк А. В., Моисеев В. В., Прищепов А. И.</i> Устройство управления автоматизированной спектрально-поляризационной системой обработки изображений в видимом диапазоне длин волн.	160
<i>Храбров Д. Е., Мурашко И. А.</i> Автоматизация построения генераторов псевдослучайных последовательностей на клеточных автоматах по заданному полиному	162
<i>Шашок В. Н.</i> Противолокационный фильтр приемника КВ диапазона с улучшенными характеристиками	163
<i>Шумель В. В.</i> Использование IBM-совместимого компьютера с программой на высокоуровневом языке программирования как центрального звена управления гальванической линией.....	165

АНАЛИТИЧЕСКИЕ И ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ В МАТЕМАТИКЕ

Дифференциальные уравнения, математический анализ и численные методы

<i>Агизбаев В. А., Михайловская Л. В.</i> Частное решение уравнения затухающих колебаний в эквивалентном колебательном контуре маловысотного летательного аппарата	166
<i>Атвиновский А. А.</i> О решении одного класса операторных уравнений	168
<i>Актанорович С. В., Минченко Л. И.</i> к дифференцируемости функции минимума	169

<i>Аникеев А. А., Борзенков А. В.</i> К исследованию поведения и управления дифференциальными уравнениями при моделировании процессов взаимодействия антагонистического ПО в Internet .	170
<i>Астафьева А. В.</i> Асимптотические свойства диагональных аппроксимаций паде для системы экспонент.....	171
<i>Бабич К. С., Андреев В. В.</i> Особенности поведения решений уравнения томпсона с корнелеским потенциалом для связанных двухчастичных систем.....	172
<i>Белокурский М. С., Деменчук А. К.</i> Периодическая отражающая функция нелинейной квазипериодической дифференциальной системы	174
<i>Бондарь И. В., Фалейчик Б. В.</i> Реализация неявных методов Рунге–Куты для больших жёстких систем.....	175
<i>Буцкевич Н. В.</i> О состояниях равновесия одной автономной квадратичной системы третьего порядка.....	176
<i>Волотовская Ю. Н.</i> Численное решение задачи капиллярной гидростатики о капле, свисающей с капилляра.....	177
<i>Гришечкин Ю. А.</i> Численное решение двухчастичных уравнений для зависящего от энергии релятивистского потенциала с безмассовым бозоном обмена.....	178
<i>Данильченко М. С.</i> Связанные состояния релятивистских систем двух частиц с ненулевым орбитальным моментом.....	180
<i>Дирвук Е. В.</i> Рациональные квадратурные формулы, содержащие наперед заданный узел	181
<i>Дыба Р. В.</i> ограниченность ганкелевых операторов, ассоциированных с компактными абелевыми группами	182
<i>Жияк Н. А., Патапенко К. С.</i> красота фракталов	183
<i>Иванютенко А. А., Жогаль С. П.</i> Влияние запаздывания на колебания связанных осцилляторов ван дер Поля.....	185
<i>Иванютенко А. А., Жогаль С. И.</i> Влияние запаздывания на колебания связанных осцилляторов ван дер Поля-Дуффинга	187
<i>Кечина О. Д.</i> Вычисление первых интегралов с СКА Mathematica	190
<i>Коржик Р. И.</i> Численное интегрирование дифференциально-разностных уравнений нейтрального типа	191
<i>Кочегарова М. А.</i> О существовании волнового решения уравнения фишерас нелинейным конвективным потоком	192
<i>Крищик Н. А.</i> Вейвлет-преобразование обобщённых функций	194

<i>Лысюк Е. С., Мартынов И. П.</i> Аналитические свойства решений одной системы пятого порядка.....	195
<i>Остапо Т. И.</i> Системы двух дифференциальных уравнений с рациональными правыми частями Пенлеве–Типа	196
<i>Погерило Ю. В.</i> Об одной автономной системе дифференциальных уравнений со свойством Пенлеве	197
<i>Садовский А. П., Щеглова Т. В.</i> Об условиях центра для одной полиномиальной системы дифференциальных уравнений	199
<i>Фиалка С. И.</i> Условия квантования энергии для релятивистских двухчастичных систем с ненулевым орбитальным моментом.....	200
<i>Шамына А. А.</i> Граничная задача о прохождении плоской электромагнитной волны через границу раздела двух биизотропных сред в случае наклонного падения	201
<i>Шпак Д. С.</i> Теорема об операторных компонентах нелинейного квазиобратного оператора для дифференциального уравнения третьего порядка.....	202

Научное издание

**Новые математические методы
и компьютерные технологии
в проектировании, производстве
и научных исследованиях**

Материалы XV Республиканской научной конференции
студентов и аспирантов
(Гомель, 26–28 марта 2012 года)

В двух частях

Часть 1

Ответственный за выпуск *В. В. Подгорная*

Подписано в печать __. __. 2012. Формат 60 x 84 $\frac{1}{16}$. Бумага офсетная.
Ризография. Усл. печ. л. __, __. Уч.-изд. л. __, __. Тираж 120 экз.
Заказ № __.

Издатель и полиграфическое исполнение:
учреждение образования
«Гомельский государственный университет
имени Франциска Скорины»
ЛИ №02330/0549481 от 14.05.2009
Ул. Советская, 104, 246019, г. Гомель