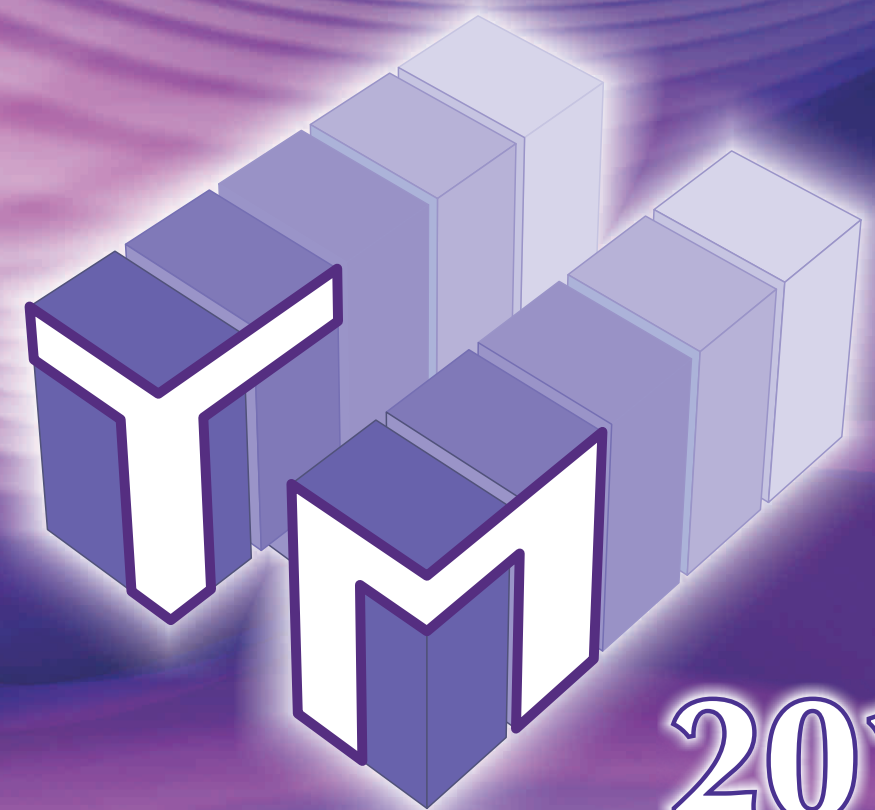


Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт вычислительных технологий
Сибирского отделения Российской академии наук

**XV ВСЕРОССИЙСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ
ПО МАТЕМАТИЧЕСКОМУ МОДЕЛИРОВАНИЮ
И ИНФОРМАЦИОННЫМ ТЕХНОЛОГИЯМ**



2014

Программа
Тезисы докладов
Алфавитный указатель участников

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт вычислительных технологий
Сибирского отделения Российской академии наук

**XV ВСЕРОССИЙСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ
ПО МАТЕМАТИЧЕСКОМУ МОДЕЛИРОВАНИЮ
И ИНФОРМАЦИОННЫМ ТЕХНОЛОГИЯМ**

Тюмень, 29-31 октября 2014 г.

**Программа
Тезисы докладов
Алфавитный указатель участников**

XV Всероссийская конференция молодых ученых по математическому моделированию и информационным технологиям

Программа и тезисы докладов (тезисы публикуются в авторской редакции)

Конференция проводится при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 14-31-10274-мол_г) и Совета научной молодежи ИВТ СО РАН.

Программный комитет:

- академик Ю. И. Шокин (Новосибирск) – председатель
- член-корр. РАН В. В. Шайдуров (Красноярск)
- академик И. В. Бычков (Иркутск)
- профессор О. И. Потатуркин (Новосибирск)
- д.ф.-м.н. С. К. Голушко (Новосибирск)
- профессор А. Г. Ивашко (Тюмень)
- д.т.н. С. К. Сохошко (Тюмень)
- профессор М. П. Федорук (Новосибирск)
- профессор Б. Я. Рябко (Новосибирск)
- д.ф.-м.н. С. П. Шарый (Новосибирск)
- профессор М. В. Ульянов (Москва)
- профессор А. Н. Фионов (Новосибирск)
- профессор Ю. Н. Захаров (Кемерово)
- д.ф.-м.н. В. П. Потапов (Кемерово)
- к.ф.-м.н. И. Ю. Турчановский (Томск)
- к.ф.-м.н. Д. В. Есипов (Новосибирск) – ученый секретарь

Организационный комитет:

- академик Ю. И. Шокин – председатель
- профессор А. Г. Ивашко
- д.т.н. С. К. Сохошко
- к.ф.-м.н. Д. В. Есипов
- к.ф.-м.н. Ю. В. Лиханова
- к.ф.-м.н. А. В. Юрченко
- к.ф.-м.н. А. А. Редюк
- к.ф.-м.н. А. Ю. Авдюшенко
- к.ф.-м.н. И. А. Васева
- к.ф.-м.н. А. С. Астракова
- ст. спец. Д. М. Скачков
- асп. С. А. Рылов
- асп. П. В. Мельников
- асп. О. В. Юшко
- асп. В. А. Кихтенко

Научные направления

1. Математическое моделирование

Направление посвящено разработке и исследованию математических моделей и численных методов в задачах механики сплошной среды, физики, энергетики, медицины, экологии и природопользования. Особое внимание уделяется высокоточным и эффективным методам численного моделирования.

2. Методы оптимизации

Направление включает как теоретические, так и практические вопросы оптимизации, системного анализа, управления и принятия решений. Обсуждаются постановки задач оптимизации, численные методы их решения, а также вопросы их применения при моделировании и проектировании.

3. Выскопроизводительные вычисления

Направление посвящено практическим вопросам создания высокоэффективных алгоритмов, в том числе с использованием современных вычислительных средств. Особое внимание уделяется разработке параллельных алгоритмов решения задач на многопроцессорных компьютерах и с применением графических ускорителей (GPU).

4. Информационные системы

Направление посвящено методам проектирования и реализации информационных систем, разработки их новых типов. Обсуждаются вопросы, связанные с геоинформационными системами, электронными библиотеками, обеспечением безопасности информационных систем, а также с построением распределенных информационных систем.

5. Управление, обработка и хранение информации

Направление объединяет способы организации хранилищ информации и технологии обработки массивов данных, оптимизации структур данных, защите данных, централизованного и распределенного их хранения. Особое внимание уделяется развитию способов работы с очень большими объемами данных (Big Data).

6. Автоматизация и управление технологическими процессами

Направление включает вопросы, связанные с разработкой и усовершенствованием технических средств и методов измерения технологических параметров, программно-аппаратных систем и средств мониторинга, поддержки принятия решений, а также методов и математических основ моделирования сложных управляющих систем.

Содержание

Программа конференции	5
Тезисы докладов	16
1. Вычислительные технологии	16
2. Информационные технологии	58
Алфавитный указатель участников	86

Программа конференции

29.10.2014

09:00–10:30 Открытие. Пленарные доклады

09:00 чл.-корр. РАН Федотов А.М.*

Что такое документ?

*Институт вычислительных технологий СО РАН (Новосибирск), Россия

09:30 д.ф.-м.н. Шарый С.П.*

Интервальный анализ в задачах обработки данных и восстановления зависимостей

*Институт вычислительных технологий СО РАН (Новосибирск), Россия

10:00 профессор Ульянов М.В.*

Символьное представление временных рядов: Энтропия сдвигов и характеристики разнообразия слов

*Институт проблем управления РАН, Московский государственный университет (Москва), Россия

10:30–11:00 Кофе-брейк

11:00–18:30 Вычислительные технологии I - 1

11:00 Дьякова О.А.*, Борзенко Е.И.*

Немонотонное скольжение на твердой стенке в задаче о течении вязкой жидкости в прямом канале

*Томский государственный университет (Томск), Россия

11:20 Родионова А.В.*

Длинноволновая устойчивость течения жидкости на наклонной плоскости в двухслойной системе

*Сибирский федеральный университет (Красноярск), Россия

11:40 Водорезов Д.Д.*

Моделирование нестационарного течения азота по трубе колтюбинга

*Тюменский государственный нефтегазовый университет (Тюмень), Россия

12:00 Чуруксаева В.В.*

Численное моделирование ламинарного течения в канале со сложной геометрией

*Томский государственный университет (Томск), Россия

12:20 Волик М.В.*, Михайлова У.А.*

Математическое моделирование течения воздуха в улицах на склоне холма с использованием OpenFoam

*Финансовый университет при Правительстве РФ (Владикавказ), Россия

12:40 Вьюнник Н.М.*, Кириченко А.А.**

Моделирование движения жидкости в устройстве для отвода диффузионного слоя

*Кемеровский государственный университет (Кемерово), Россия

**Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (Кемерово), Россия

13:00–14:00 Обед

14:00 Гусев О.И.*

Моделирование распространения поверхностных волн на вращающейся сфере с использованием полной нелинейно-дисперсионной модели мелкой воды

*Институт вычислительных технологий СО РАН (Новосибирск), Россия

14:20 Филина М.П.*, Пономарева М.А.*

Непрямой метод граничных элементов для моделирования течений неньютоновской жидкости со свободной поверхностью

*Томский государственный университет (Томск), Россия

14:40 Урманцева Н.Р.*

Математическое моделирование гидродинамических процессов крови головного мозга

*Сургутский государственный университет (Сургут), Россия

15:00 Баранникова Д.Д.*, Обухов А.Г.**

Математическое моделирование течения газа в начальной стадии формирования теплового восходящего закрученного потока

*Тюменский государственный университет (Тюмень), Россия

**Тюменский государственный нефтегазовый университет (Тюмень), Россия

15:20 Цыденов Б.О.*

Численное исследование эффекта силы Кориолиса на характер эволюции термобара

*Томский государственный университет (Томск), Россия

15:40 Марков С.И.*

Математическое моделирование высокоскоростных течений газов в трубопроводе

*Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН (Новосибирск), Россия

16:00-16.30 Кофе-брейк

16:30 Варавва А.И.*, Татосов А.В.*

Исследование конвективных течений в тонких пленках жидкости

*Тюменский государственный университет (Тюмень), Россия

16:50 Герасимова А.Ю.*, Водолазская И.В.*

Моделирование массопереноса и профиля поверхности пленки коллоидного раствора при испарении под диском

*Астраханский Государственный Университет (Астрахань), Россия

17:10 Зимин А.И.*

Моделирование двухкомпонентной несжимаемой жидкости с переменными вязкостью и плотностью

*Институт вычислительных технологий СО РАН (Новосибирск), Россия

17:30 Карнаков П.В.*, Лапин В.Н.*, Черный С.Г.****

Метод объемных маркеров для модели двухфазной несжимаемой жидкости

*Новосибирский государственный университет (Новосибирск), Россия

**Институт вычислительных технологий СО РАН (Новосибирск), Россия

17:50 Бондарева Л.В.*

Об одной задаче моделирования очистки промышленных стоков в затопленных угольных шахтах

*Кемеровский государственный университет (Кемерово), Россия

18:10 Вяткин А.В.*

Полу-Лагранжева численная схема, основанная на трансформировании области интегрирования

*Институт вычислительного моделирования СО РАН (Красноярск), Россия

16:30–18:30 **Вычислительные технологии I - 2**

16:30 **Астракова А.С.***, Черный С.Г.*

Оптимизационный метод решения обратных задач и его приложения

*Институт вычислительных технологий СО РАН (Новосибирск), Россия

16:50 **Ефремов А.А.***, Каропова Е.Д.*, Вяткин А.В.*

Проблемы использования технологии NVIDIA CUDA при реализации вычислительных алгоритмов

*Институт вычислительного моделирования СО РАН (Красноярск), Россия

17:10 **Абрамов Т.В.***, Лунев Б.В.*

Моделирование соляного диапиризма расчетом трехмерных ползущих течений с использованием технологии параллельных вычислений CUDA на GPU

*Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН (Новосибирск), Россия

17:30 **Горбатенко В.А.***, Глинских В.Н.*

Высокопроизводительные вычисления на графических процессорах для обработки и интерпретации данных электромагнитного каротажа

*Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН (Новосибирск), Россия

17:50 **Авдюшенко А.Ю.***

Сравнение различных методов решения задач динамики несжимаемой жидкости по времени счета

*Институт вычислительных технологий СО РАН (Новосибирск), Россия

18:10 **Чубатов А.А.***

Использование сингулярного разложения в регуляризирующем алгоритме решения СЛАУ

*Армавирская государственная педагогическая академия (Армавир), Россия

11:00–16:20 **Информационные технологии I**

11:00 **Гиниятуллина О.Л.***, Харлампенков И.Е.*

Протокол WPS как инструмент организации удаленных вычислений

*Кемеровский филиал Института вычислительных технологий СО РАН (Кемерово), Россия

11:20 **Миков Л.С.***, Гиниятуллина О.Л., Потапов В.П.

Разработка системы мониторинга земной поверхности на основе радарных данных

*Кемеровский филиал института вычислительных технологий СО РАН (Кемерово), Россия

11:40 **Кузьмина И.А.***

Система автоматизированного проектирования городской распределительной сети энергоснабжения с учетом перспектив развития города

*Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана (Москва), Россия

12:00 **Демиш В.О.***

Интеграция информационных систем и мобильных приложений

*Новосибирский государственный университет (Новосибирск), Россия

12:20 **Кихтенко В.А.***

hVault: методика виртуальной интеграции геопространственных данных

*Институт вычислительных технологий СО РАН (Новосибирск), Россия

12:40 **Лях Т.В.***, Зюбин В.Е.*

Использование языка Рефлекс в системах управления на базе Qt

*Институт автоматики и электрометрии СО РАН (Новосибирск), Россия

13:00–14:00 **Обед**

14:00 Лобыкин А.А.*

Облачные решения для информационной системы обработки лидарных данных

*Томский филиал Института вычислительных технологий СО РАН (Томск), Россия

14:20 Марьин С.*

Двухфазное планирование выполнения композитных приложений в облачных средах

*Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики (Санкт-Петербург), Россия

14:40 Велижанин А.С.*, Ревнивых А.В.

Применение технологий виртуализации в процессе фаззинга программных компонентов

*Тюменский государственный нефтегазовый университет (Тюмень), Россия

15:00 Черникова Я.Е.*, Назаров А.А.

Нестационарные RQ- системы с приоритетом поступающих заявок

*Томский государственный университет (Томск), Россия

15:20 Ниссенбаум О.В.*, Харченко А.М.*

Адаптивное определение параметров алгоритма кластеризации потоков данных, взвешенных по времени.

*Тюменский государственный университет (Тюмень), Россия

15:40 Розов А.С.*

Оценка степени безопасности программ в специализированных языках программирования

*Институт автоматики и электрометрии СО РАН (Новосибирск), Россия

16:00 Сизов М.М.*, Зюбин В.Е.*

Инструментальные средства создания гибридных систем управления на основе архитектуры Zynq

*Институт автоматики и электрометрии СО РАН (Новосибирск), Россия

30.10.2014

09:00–10:30 **Пленарные доклады**

09:00 профессор **Ивашко А.Г.***

Математическое моделирование фазовых превращений при термической обработке стали

*Тюменский государственный университет (Тюмень), Россия

09:30 профессор **Кутрунов В.Н.***

Особенности диссертационного исследования по специальности 05.13.18 Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

*Тюменский государственный университет (Тюмень), Россия

10:00 профессор **Шапцев В.А.***

Компьютерное моделирование как инструмент адекватных решений в управлении и проектировании

*Тюменский государственный университет (Тюмень), Россия

10:30–11:00 **Кофе-брейк**

11:00–18:30 **Вычислительные технологии II - 1**

11:00 **Маслова В.Ю.*, Кадочникова Л.М.****

Критерии применимости типа геологической модели для расчетов фильтрации в пористой среде

*ООО «Газпромнефть НТЦ» (Тюмень), Россия

**ООО «ТННЦ» (Тюмень), Россия

11:20 **Игошин Д.Е.*, Сабуров Р.С.****

Численное исследование коллекторских свойств пористой среды, моделируемой регулярными упаковками перекрывающихся сфер.

*Тюменский филиал Института теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича СО РАН (Тюмень), Россия

**Тюменский государственный университет (Тюмень), Россия

11:40 **Никонова О.А.*, Игошин Д.Е.****

Моделирование микронегоднородностей пористой среды периодическими структурами

*Тюменский государственный университет (Тюмень), Россия

**Тюменский филиал Института теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича СО РАН (Тюмень), Россия

12:00 **Есипов Д.В.***

Связанная задача порупругости для цементированной скважины

*Институт вычислительных технологий СО РАН (Новосибирск), Россия

12:20 **Жижимонтов И.Н.*, Вершинин В.Е.**

Сравнение аналитических и численных методов расчета полей давления в стволе газовых и газоконденсатных скважин

*Техноцентр тюменского государственного университета (Тюмень), Россия

12:40 **Яковенко А.В.*, Губайдуллин А.А.***

Численное исследование акустического течения в вибрирующей цилиндрической полости

*Тюменский филиал Института теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича СО РАН (Тюмень), Россия

13:00–14:00 **Обед**

14:00 Падин Е.А.*

Численное моделирование процесса вытеснения нефти водогазовой смесью с учетом влияния микропузырьков

*Тюменский государственный университет (Тюмень), Россия

14:20 Афанаскин И.В.*

Оперативное моделирование на основе концепции материального баланса для контроля и регулирования разработки нефтяных месторождений

*Научно-исследовательский институт систем информатики РАН (Москва), Россия

14:40 Колев Ж.*

Математическая модель притока к скважине с синусоидальным горизонтальным окончанием

*Тюменский государственный нефтегазовый университет (Тюмень), Россия

15:00 Чепур П.В.*

Численное моделирование вертикального стального резервуара для хранения нефти

*Тюменский государственный нефтегазовый университет (Тюмень), Россия

15:20 Абрамов А.С.*

Анализ моделей решения задач оперативного прогнозирования газопотребления

*Российский государственный университет нефти и газа имени И.М.Губкина (Москва), Россия

15:40 Нгуен В.Т.*, Дмитриева Т.Л.*

Алгоритм решения задачи оптимального проектирования железобетонных конструкций

*Иркутский государственный технический университет (Иркутск), Россия

16:00–16:30 Кофе-брейк

16:30 Ганченко Г.С.*, Хасматулина Н.Ю.*

Моделирование влияния термических эффектов на возникновение электрокинетической неустойчивости

*Кубанский государственный университет (Краснодар), Россия

16:50 Горбачева Е.В.*, Ганченко Г.С.*

Численное исследование линейной устойчивости микропленки электролита под действием электрического поля

*Кубанский Государственный Университет (Краснодар), Россия

17:10 Алексеенко М.А.*

Расчёт углового распределения яркости рассеянного излучения методом Монте-Карло

*Томский государственный университет (Томск), Россия

17:30 Юшко О.В.*

Математическое моделирование шумовых эффектов в солитонных волоконно-оптических линиях связи

*Институт вычислительных технологий СО РАН (Новосибирск), Россия

17:50 Лиханова Ю.В.*

Об эволюции конденсата Бозе–Эйнштейна

*Институт вычислительных технологий СО РАН (Новосибирск), Россия

18:10 Куцепалов А.С.*, Франц Е.*

Математическое моделирование электрофореза в случае сильного электрического поля.

*Кубанский государственный университет (Краснодар), Россия

18:30 Головастик Н.В.*

Пространственное интегрирование оптических пучков с использованием многослойных брэгговских структур

*Самарский государственный аэрокосмический университет им. академика С.П. Королёва (Национальный исследовательский университет) (Самара), Россия

16:30–18:30 **Вычислительные технологии II - 2**

16:30 Сильченко П.Н.*, Кудрявцев И.В.*, Михнев М.М.*, Гоцелюк О.Б.*

Проблема обеспечения надежности конструкций волноводно-распределительных систем космических аппаратов связи

*Сибирский федеральный университет (Красноярск), Россия

16:50 Светов И.Е.*

Численное решение задачи 3D-векторной томографии с использованием метода сингулярного разложения

*Институт математики им. С.Л. Соболева СО РАН (Новосибирск), Россия

17:10 Соловьев А.А.*

Специализированные программные системы в решении задач анализа цифровых изображений

*Институт автоматики и электрометрии СО РАН (Новосибирск), Россия

17:30 Терехов Л.С.*, Лаврухин А.А.**

Анализ, подготовка данных и вычисление как единый и единовременный процесс

*Омский филиал института математики им. С.Л. Соболева СО РАН (Омск), Россия

**Омский государственный университет путей сообщения (Омск), Россия

17:50 Полякова А.П.*

Численное решение задачи по восстановлению потенциальной части трехмерного симметричного 2-тензорного поля, заданного в единичном шаре

*Институт математики им. С.Л. Соболева СО РАН (Новосибирск), Россия

18:10 Нгуен Д.*, Чистяков В.Ф.**

Об одном методе решения краевых задач для систем вырожденных интегро-дифференциальных уравнений

*Иркутский государственный технический университет (Иркутск), Россия

**Институт динамики систем и теории управления СО РАН (Иркутск), Россия

11:00-16:00 **Информационные технологии II**

11:00 Мельников П.В.*

Сокращение размерности пространства признаков для классификации гиперспектральных изображений

*Институт вычислительных технологий СО РАН (Новосибирск), Россия

11:20 Рылов С.А.*

Иерархический плотностной алгоритм кластеризации мультиспектральных изображений и его реализация на графических процессорах NVIDIA

*Институт вычислительных технологий СО РАН (Новосибирск), Россия

11:40 Чуруксаев П.В.*

Алгоритм автоматического определения участков поворота на основе данных GPS-съемки автомобильных дорог

*Томский государственный университет (Томск), Россия

12:00 Скачков Д.М.*

Географический поиск в «негеографических» информационных системах

*Институт вычислительных технологий СО РАН (Новосибирск), Россия

12:20 Постарнак Д.*, Шапцев В.А.*

Планирование экспериментов по исследованию алгоритма вероятностной нейронной сети адаптивного резонанса

*Тюменский государственный университет (Тюмень), Россия

12:40 Гиниятуллина О.Л.*

Применение энтропийного подхода к анализу спектральной отражательной способности объектов на космоснимках

*Кемеровский филиал института вычислительных технологий СО РАН (Новосибирск), Россия

13:00-14:00 Обед

14:00 Феропонтова Н.М.*

Обнаружение кратной разладки в ARCH-процессах

*Томский государственный университет (Томск), Россия

14:20 Езангина Т.А.*, Гайворонский С.А.*

Интервально-параметрический синтез робастных регуляторов систем автоматического управления технологическими процессами

*Томский политехнический университет (Томск), Россия

14:40 Хабибулин Р.Ш.*, Гудин С.В.*

Алгоритм управления пожарной безопасностью на нефтегазовых объектах с использованием информационной системы FireRisks

*Академия государственной противопожарной службы МЧС России (Москва), Россия

15:00 Хабибулин Р.Ш.*, Шихалев Д.*

Программная реализация алгоритмов управления эвакуацией людей при пожаре

*Академия государственной противопожарной службы МЧС России (Москва), Россия

15:20 Кургалин С.Д.*, Залыгаева М.Е.*, Максимов А.*, Чурсин П.*

Об одной модели спирографического человеко-машинного интерфейса

*Воронежский государственный университет (Воронеж), Россия

15:40 Аникин В.И.*, Карманова А.А.**

Кластеризация и рейтингование банков с помощью нейронной сети Кохонена в среде MS Excel

*Поволжский государственный университет сервиса (Тольятти), Россия

**ООО "НетКрэкер"(Тольятти), Россия

31.10.2014

09:00–10:30 Пленарные доклады

09:00 профессор Губайдуллин А.А.*

Волновая динамика насыщенных пористых сред

*Тюменский филиал Института теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича СО РАН (Тюмень), Россия

09:30 д.т.н. Сохошко С.К.*

Моделирование пологих и горизонтальных нефтяных и газовых скважин

*Тюменский государственный нефтегазовый университет (Тюмень), Россия

10:00 профессор Фионов А.Н.*

Математические и алгоритмические основы безусловно стойких шифров

*Институт вычислительных технологий СО РАН (Новосибирск), Россия

10:30–11:00 Кофе-брейк

11:00–17:30 Вычислительные технологии III - 1

11:00 Рыбков М.В.*, Новиков Е.А.*

Численный алгоритм построения полиномов устойчивости

*Институт вычислительного моделирования СО РАН (Красноярск), Россия

11:20 Ле Д.Ч.*, Дмитриева Т.Л.*

Оптимальное проектирование каркасной металлической конструкции с использованием ПК ANSYS

*Иркутский государственный технический университет (Иркутск), Россия

11:40 Березкова Е.А.*

Комбинированная методика определения частот собственных колебаний лопасти гидротурбины в воде на основе метода конечных элементов

*Институт вычислительных технологий СО РАН (Новосибирск), Россия

12:00 Штабель Н.В.*, Шурина Э.П.*, Штабель Е.П.*

Численное моделирование импульсных зондирований

*Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН (Новосибирск), Россия

12:20 Грученкова А.А.*

Расчет напряженно-деформированного состояния приемо-раздаточного патрубка с дефектом с целью обоснования возможности его дальнейшей эксплуатации

*Тюменский государственный нефтегазовый университет (Тюмень), Россия

12:40 Кутищева А.Ю.*

Численное моделирование процесса протекания тока через гетерогенную среду

*Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН (Новосибирск), Россия

13:00 Михайлова Е.И.*, Шурина Э.П.**

Решение уравнения Гельмгольца модифицированным неконформным методом Галеркина

*Институт нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН (Новосибирск), Россия

**Новосибирский государственный технический университет (Новосибирск), Россия

13:00–14:00 Обед

14:00 Бородин С.Л.*, Мусакаев Н.Г.*

Сравнение численных методов решения задачи Стефана

*Тюменский филиал института теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича СО РАН (Тюмень), Россия

14:20 Шоев С.А.*, Булушев Е.Д.*

Разработка программных средств для моделирования процесса лазерной 3D микрообработки

*Институт автоматики и электрометрии СО РАН (Новосибирск), Россия

14:40 Идимешев С.В.*

Модифицированный метод коллокаций наименьших невязок в задачах механики многослойных анизотропных пластин

*Конструкторско-технологический институт вычислительной техники СО РАН (Новосибирск), Россия

15:00 Семисалов Б.В.*

О достижении машинной точности при численном решении краевых задач Неймана–Дирихле

*Конструкторско-технологический институт вычислительной техники СО РАН (Новосибирск), Россия

15:20 Бухаров А.В.*

Мультипольный метод граничных элементов для решения пространственных задач упругости

*Институт вычислительных технологий СО РАН (Новосибирск), Россия

15:40 Рикун Ю.А.*

Компьютерное моделирование композита на мезоуровне

*Томский государственный университет (Томск), Россия

16:00 Микушина В.А.*

Численное моделирование механического поведения композита с использованием вероятностного подхода

*Томский государственный университет (Томск), Россия

16:00–16:30 Кофе-брейк

16:30 Леонова С.И.*, Вакула И.А.**

О построении графиков прокатки

*Уральский федеральный университет (Екатеринбург), Россия

**Институт математики и механики УрО РАН (Екатеринбург), Россия

16:50 Казанцева Т.Е.*, Ворон Е.С.*

Колебания ударного осциллятора с одной степенью свободы

*Тюменский государственный университет (Тюмень), Россия

17:10 Бельмещев Н.Ф.*, Чиркунов Ю.А.**

Точные решения подмодели трансверсально-изотропного упругого тела

*Тюменский государственный университет (Тюмень), Россия

**Новосибирский государственный технический университет (Новосибирск), Россия

14:00–16:00 Вычислительные технологии III - 2

14:00 Антонова А.Ю.*

Триангуляция областей со сложной внутренней структурой

*Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники (Томск), Россия

14:20 Долгая А.А.*

Моделирование временных рядов очагов землетрясений с помощью распределений с тяжелыми хвостами

*Институт вулканологии и сейсмологии (Петропавловск-Камчатский), Россия

14:40 Субботина В.И.*

Математическая модель управления запасами водохранилища

*Томский государственный университет (Томск), Россия

15:00 Филина М.В.*

Алгоритмы точного вычисления распределений статистики Пирсона и результаты численных экспериментов

*Математический институт им. В.А. Стеклова РАН (Москва), Россия

15:20 Хлестунов М.А.*

Аппроксимация финансовых рядов полиномами 1 и 2 степени

*Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники (Томск), Россия

15:40 Переварюха А.Ю.*

Гибридная модель сценариев развития вспышки численности фитофага

*Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации РАН (Санкт-Петербург), Россия

16:00–16:30 Кофе-брейк

16:30 Агафонцев А.А.*

Расчет эффективных коэффициентов теплопроводности микроструктур криолитозоны

*Новосибирский государственный технический университет (Новосибирск), Россия

16:50 Глухов А.*

Определение упругих свойств материала с помощью математической модели ударного процесса

*Иркутский государственный технический университет (Иркутск), Россия

17:10 Ерохин А.П.*

Применение методов условной оптимизации при сглаживании точечно заданных аэродинамических обводов

*Московский авиационный институт (Москва), Россия

11:00–13:00 Информационные технологии III

11:00 Карякин И.Ю.*, Карякина С.В., Карякин Ю.Е.***

Применение MultiTouch-технологий в инженерных расчетах

*Тюменский государственный университет (Тюмень), Россия

**Тюменский государственный архитектурно-строительный университет (Тюмень), Россия

11:20 Чудинов С.С.*

Универсальная концептуальная схема данных

*Тюменский государственный университет (Тюмень), Россия

11:40 Хмелев Е.Р.*, Глухих И.Н.*

Оптимизация выдачи контента в динамическом Интернет-проекте

*Тюменский государственный университет (Тюмень), Россия

12:00 Соловьёв П.И.*

Разработка алгоритма расположения подписей

*Тюменский государственный университет (Тюмень), Россия

12:20 Адамов А.В.*, Бабич А.В.*

Универсальный метод защиты веб-приложений

*Тюменский государственный университет (Тюмень), Россия

12:40 Абушева А.*, Глухих И.Н.*

Математические модели планирования деятельности проектных организаций

*Тюменский государственный университет (Тюмень), Россия

17:30–18:00 Закрытие

1. Вычислительные технологии

1.1. Абрамов А.С. Анализ моделей решения задач оперативного прогнозирования газопотребления

Проблеме прогнозирования газопотребления посвящено большое число работ, но унифицированное решение отсутствует. В данной работе системный анализ газопотребления состоит в выборе модели для прогноза расхода газа с учетом факторов, влияющих на данный расход.

Предварительный анализ статистических данных для отдельного региона показал, что рационально ввести в рассмотрение следующие факторы: метеорологические – атмосферное давление, температура воздуха; хронологические – день недели, сезон; организационные – структура газопотребления, специфика потребления промышленности, технологические мероприятия. В результате более глубокого анализа было установлено, что основное внимание при разработке модели прогноза необходимо уделять формализации влияния на газопотребления температуры окружающего воздуха и хронологических факторов, к которым относят день недели и сезон.

На основе системного анализа проблемы и имеющейся статистической информации, предложены модели: регрессионного анализа, метод скользящей средней, адаптивные модели. Расчеты, проведенные по предложенным моделям, показали перспективность разработанного подхода. Настоящая методика применяется для расчета прогнозных значений потребления газа, используемых для решения различных задач диспетчерского управления, таких как:

- оперативное планирование потоков газа по участкам ГТС ЕСГ.
- расчет прогнозной технически-возможной пропускной способности участков ГТС ЕСГ.
- расчет прогнозных свободных мощностей и «узких» мест ГТС ЕСГ.
- корректировка изменения запаса газа в ПХГ и планирование объемов добычи газа на месторождениях.

Научный руководитель – старший преподаватель Степанкина О.А.

1.2. Абрамов Т.В., Лунев Б.В. Моделирование соляного диапиризма расчетом трехмерных ползущих течений с использованием технологии параллельных вычислений CUDA на GPU

Соляной диапиризм – известный геологический процесс, связанный с подъемом твердой каменной соли через более плотные перекрывающие осадки. Он является частным случаем развития гидродинамической неустойчивости Релея-Тейлора. Известно, что размещение залежей углеводородов в большин-

стве нефтегазовых провинций в значительной мере контролируется соляной тектоникой, поэтому целесообразно изучение этих структур и истории их развития.

В настоящее время процессы соляного тектогенеза обычно моделируются ползущим течением высоковязкой ньютоновской жидкости. Как правило, расчет основан на использовании параллельной реализации разностных методов [1]. Из-за трудности распараллеливания, ускорение вычислений оказывается ограниченным пропускной способностью памяти, а не пиковой производительностью устройства, как показано в [2].

Для полупространства однородно-вязкой ньютоновской жидкости со свободной границей решение краевой задачи удалось получить аналитически в виде функции Грина [3]. Отыскание поля течения в этом случае сводится к вычислению интеграла свертки, аналогично решению задачи N-тел. Это позволяет получить значительное ускорение при использовании параллельных архитектур [4]. Возможность расчета скорости движения только на границах тел с различной плотностью снижает размерность задачи и увеличивает скорость вычислений.

Заложенные в методе возможности удалось реализовать в программе, использующей технологию CUDA для расчета на GPU вычислительного кластера НГУ. Явное задание границ слоев в виде триангулированных поверхностей, вместе с эффективной параллельной реализацией, показывает отличные результаты моделирования за приемлемое время.

Список литературы

- [1] ИСМАИЛ-ЗАДЕ А.Т., ЦЕПЕЛЕВ И.А., ТЭЛБОТ К., ОСТЕР П. Трехмерное моделирование соляного диапиризма: численный подход и алгоритм параллельных вычислений // Вычислительная сейсмология, 2000. – №31. – С. 62-76.
- [2] БОРЕСКОВ А.В., ХАРЛАМОВ А.А. Основы работы с технологией CUDA. – М.: ДМК Пресс, 2010. – 232 с.
- [3] ЛУНЕВ Б.В. Изостазия как динамическое равновесие вязкой жидкости // Доклады АН СССР, 1986. – Т. 290, № 1. – С. 72-76.
- [4] GPU Gems 3 [Электронный ресурс]: <https://developer.nvidia.com/content/gpu-gems-3>

1.3. Авдошенко А.Ю. Сравнение различных методов решения задач динамики несжимаемой жидкости по времени счета

Работа посвящена исследованию различных подходов к ускорению решения нестационарных трехмерных задач динамики несжимаемой жидкости методом, предложенным в [1]. В его основу положены метод искусственной сжимаемости [2], конечных объемов и приближенной LU-факторизации. Сравнение

подходов проводится на задачах обтекания кругового цилиндра и течения жидкости в реальной гидротурбине.

Для решения нестационарных задач в концепции искусственной сжимаемости на каждом шаге по времени организуется итерационный процесс установления по псевдовремени. На каждой итерации необходимо решать систему линейных алгебраических уравнений (СЛАУ)

$$Ax = b, \quad (1)$$

возникающую при дискретизации уравнений Рейнольдса.

Рассмотрены три подхода

1. неявная схема с приближенной LU-факторизацией для решения СЛАУ (1) и явным заданием граничных условий;
2. неявная схема с точным обращением матрицы СЛАУ методами библиотеки Intel MKL для разреженных матриц: PARDISO и FGMRES;
3. явная схема Рунге-Кутты по псевдовремени.

Исследованы скорости сходимости и эффективности параллельной реализации этих методов. Реализованы две версии параллельных алгоритмов. Первая – с использованием стандарта OpenMP [3], вторая – с использованием CUDA Fortran [4] для проведения расчетов на графическом процессоре. Все расчеты проведены на кластере ИВЦ НГУ. Минимальное время расчета нестационарной задачи получено при использовании неявной схемы с приближенной LU-факторизацией и распараллеливанием по стандарту OpenMP.

Список литературы

- [1] ЧЕРНЫЙ С.Г., ЧИРКОВ Д.В., ЛАПИН В.Н., СКОРОСПЕЛОВ В.А., ШАРОВ С.В. Численное моделирование течений в турбомашинах / Новосибирск: Наука, 2006. — 202 с.
- [2] ВЛАДИМИРОВА Н.Н., КУЗНЕЦОВ Б.Г., ЯНЕНКО Н.Н. Численный расчет симметричного обтекания пластинки плоским потоком вязкой несжимаемой жидкости // Некоторые вопросы вычисл. и прикл. математики. — 1966. — С. 186–192.
- [3] АНТОНОВ А.С. Параллельное программирование с использованием технологии OpenMP: Учебное пособие / М.: Изд-во МГУ, 2009. — 77 с.
- [4] RUETSCH G., FATICA M. CUDA Fortran for Scientists and Engineers / NVIDIA Corporation, 2011. — 152 p.

1.4. Агафонцев А.А. Расчет эффективных коэффициентов теплопроводности микроструктур криолитозоны

При проведении физических измерений для гетерогенных материалов, как правило, рассматривают-

ся эффективные характеристики среды, что делает актуальной разработку математических методов определения эффективных величин сложных объектов. Характерной особенностью задач, связанных с моделированием структур криолитозоны, является многомасштабность. Так, криотекстуру принято разделять на массивную и шлировую. Массивная криотекстура характеризуется наличием обломков пород и льда-цемента, а также соотношением между ними; шлировая – наличием прослоек (шлиров) льда.

В работе многомасштабным методом конечных элементов (ММКЭ) решается задача определения эффективных коэффициентов теплопроводности различных криотекстур. Для выделения степени влияния микроструктуры среды на величину эффективного коэффициента теплопроводности рассматриваются две модели гетерогенной среды: массивная и слоистая. Соответствующие им математические модели эффективной среды были представлены в виде: матрицы с поровыми включениями различной формы (сферы, эллипсоиды), заполненными водой или льдом; матрицы с щелевидными включениями, заполненными водой или льдом.

Результаты, полученные для рассмотренных моделей, позволяют сделать ряд выводов. В случае модели с мелкозернистыми включениями размеры, форма и ориентация включений имеют влияние порядка 10-15% на величину эффективного коэффициента теплопроводности. В случае модели со шлирами, высокую степень влияния на величину эффективного коэффициента оказывают слои, пересекающие образец насквозь. Для талых пород высокую степень влияния имеют слои, щели и эллипсоиды, ориентированные перпендикулярно потоку тепла. Для мерзлых пород – эллипсоиды, щели, ориентированные по направлению потока тепла.

Рассмотренные модели имеют ограниченное применение, т.к. дают реалистичные результаты лишь в случае мерзлых пород с малой льдистостью. Для получения релевантных результатов необходимо дальнейшее усложнение модели: представление грунта не в виде сплошной среды, а в виде набора частиц пород, пор и каналов, заполненных воздухом, водой или льдом.

1.5. Алексеев М.А. Расчёт углового распределения яркости рассеянного излучения методом Монте-Карло

Проблема рассеяния и поглощения света связана с огромным числом задач, которые решает астрофизика. Исследование процесса переноса частиц широко применяется при дешифровке снимков из космоса, а также используется для составления модели климата [3]. При решении подобных задач прогнозирования важную роль играют радиационные модели реальной атмосферы, при построении которых могут быть использованы результаты работы.

Основной целью данной работы является исследование зависимости углового распределения яркости излучения на верхней границе атмосферы от геометрических и оптических условий наблюдения, а также условия применимости однородной модели и модели с облачным слоем.

Рассматриваем некоторую среду, которая имеет следующие характеристики: полный коэффициент ослабления $\sigma = \sigma_s + \sigma_c$, где σ_s – коэффициент рассеяния, σ_c – коэффициент поглощения, $g(h, \mu, r)$ – индикатриса рассеяния. Здесь h – высота над поверхностью Земли.

Рассматриваем источник излучения и приемник с координатами $(0, 0, 0)$ и $(0, 0, h)$ соответственно. Предполагаем, что рассеивающая модель атмосферы ограничена поверхностями $z = 0$ и $z = h$, где h – толщина среды. Начальное направление потока фотонов направлено вдоль оси OZ. Источник задается плотностью распределения первоначальных направлений и в зависимости от плотности источник может быть: мононаправленным, изотропным или ламбертовским [1].

В работе рассматриваются 2 модели атмосферы. Первая модель атмосферы представляет собой вертикально ограниченную плоскопараллельную слоисто-однородную среду. Вторая рассматриваемая модель представляет собой плоскопараллельную среду, включающую слой сплошной облачности. Для облачного слоя предполагается задание следующих характеристик среды: коэффициенты ослабления, поглощения, рассеяния и индикатриса рассеяния.

Одним из наиболее универсальных методов решения поставленной задачи является метод Монте-Карло. Метод Монте-Карло позволяет решать задачи расчета интенсивности излучения с учетом геометрии, поляризации, неоднородности атмосферы и поверхности и т.д. Основой для методов Монте-Карло является интегральное уравнение переноса 2-го рода с обобщенным ядром для плотности столкновений частиц [2]. Исследование рассматриваемой задачи проводилось методами: методом прямого моделирования и методом локальной оценки. В ходе выполнения научной работы были поставлены и решены задачи:

1. Реализован алгоритм метода Монте-Карло для расчета углового распределения интенсивности излучения точечного источника в условиях безоблачного неба и при существовании облачного слоя.
2. Исследованы зависимости углового распределения яркости от длины волны, толщины модели атмосферы и источников излучения.
3. Проведен анализ применимости однородной модели и модели с облачным слоем для расчета углового распределения интенсивности.

Список литературы

- [1] Ермаков С., Михайлов Г. Курс статистического моделирования / М.: Наука, 1976. — 319с.
- [2] Марчук Г., Михайлов Г., Назаралиев М. и др. Метод Монте-Карло в атмосферной оптике / Новосибирск: Наука, 1976.— 279 с.
- [3] Квач А. С. Исследование характеристик излучения различных источников на основе методов Монте-Карло: магист. дис. на соиск. степ. магист.(4.06.13) / ТГУ – Томск, 2013. — 85с.

1.6. Антонова А.Ю. Триангуляция областей со сложной внутренней структурой

В разделах науки и техники таких как: медицина, строительство, геодезия и другие стоит задача создания модели рельефа поверхности конкретного участка. Для решения этой задачи используется метод создания математической модели объекта. Решение рассматривается с нескольких сторон: визуальное представление и решение инженерных задач. С точки зрения инженерной задачи используется численное моделирование, а именно сеточные методы. Одним из этих методов является метод конечных элементов. Для получения качественного решения требуется адаптированная к расчетной области сетка. Соответственно, ставится задача создания программного продукта, который будет создавать адаптированную триангуляционную сетку.

В работе представлен фронтальный алгоритм построения триангуляционной сетки. Данный алгоритм позволяет разбить на треугольники произвольную область, используя только замкнутую границу расчетной области. Суть алгоритма заключается в том, что на границе области последовательно создаются треугольники, за счет этого недостроенная область постепенно сужается, а граница корректируется на каждом шаге создания треугольника. На основе представленного алгоритма создан программный продукт, который позволяет строить адаптированную к расчетной области триангуляционную сетку. Сетка строится двумя способами: нанесение точек на поле при помощи манипулятора мыши, создавая при этом замкнутую фигуру, и путем считывания координат расчетной области с файла. Расчетная сетка представляет собой набор узлов и отрезков. Результат готовой сетки сохраняется в виде файла, который можно использовать далее по назначению.

1.7. Астракова А.С., Черный С.Г. Оптимизационный метод решения обратных задач и его приложения

В работе рассматриваются вопросы, связанные с постановками актуальных обратных задач и разработкой оптимизационного метода их решения. Все эти задачи сводятся к отысканию экстремумов функционалов по параметрам задачи. В основу метода на-

хождения экстремумов функционалов положен автоматический перебор различных комбинаций параметров, решения прямых задач на этих комбинациях и определение с помощью стратегии генетического алгоритма комбинации параметров, обеспечивающей экстремум функционалу [1].

На решении следующих обратных задач проводится модификация оптимизационного метода. В первой — определяется форма проточной части гидротурбины, дающая минимум гидродинамических потерь энергии и минимальные динамические нагрузки, вызванные прецессией вихревого жгута за рабочим колесом [2]. Во второй задаче отыскивается расположение заданного числа глубоководных датчиков гидростатического давления, фиксирующих максимальные по амплитудам возмущения от источников за минимальное время [3]. В третьей задаче метод применяется для восстановления структуры прискважинной области по результатам высокочастотного индукционного каротажного изопараметрического зондирования. В четвертой задаче определяются параметры трещиновато-пористой среды по замеренным временным зависимостям давления и потерь бурового раствора на основе модели фильтрации жидкости Гершеля-Балкли [4]. Рассматривается возможность применения данного подхода к решению задачи управления процессом развития трещины под воздействием закачиваемой в неё жидкости. В качестве варьируемых параметров данной задачи выступают реологические законы для жидкости, условия её закачки и зарождения трещины. При решении указанных обратных задач рассматриваются оригинальные критерии качества (функционалы и ограничения). Предложенный в работе метод оптимизации показал высокую точность и надежность нахождения решения обратных задач.

Работа проводилась при поддержке гранта РНФ №14-11-00234.

Список литературы

- [1] Черный С. Г., Чирков Д. В., Лапин В. Н., Скороспелов В. А., Шаров С. В. Численное моделирование течений в турбомашинах / Новосибирск: Наука, 2006. — 202 с.
- [2] Астракова А. С., Банников Д. В., Черный С. Г., Чирков Д. В. Численные методы оптимизационного проектирования проточных частей гидротурбин // Вычислительные технологии. — 2014. — Т. 19, № 1, С. 20–39.
- [3] Астракова А. С., Банников Д. В., Лаврентьев М. М. (мл), Черный С. Г., Алексеенко О. А. Расположение датчиков для своевременного обнаружения волн цунами с максимальной амплитудой // Вестник НГУ. Серия: Математика, механика, информатика. — 2013. — Т. 3, № 4, С. 73–94.
- [4] Астракова А. С., Лапин В. Н., Черный С. Г., Алексеенко О. А. Модель фильтрации вязкопластической жидкости в задаче определения параметров трещиновато-пористой среды // Вестник НГУ. Серия: Информационные технологии. — 2013. — Т. 11, № 2, С. 18–35.

1.8. Афанаскин И. В. Оперативное моделирование на основе концепции материального баланса для контроля и регулирования разработки нефтяных месторождений

Большинство нефтяных месторождений в России находятся на третьей или четвертой стадии разработки, это означает, что в продукции добывающих скважин присутствует большое количество воды. Контроль и управление разработкой таких месторождений требуют большого количества гидродинамических расчетов. Во многих случаях использование трехмерных многофазных моделей является неприемлемым в виду больших трудозатрат, достаточно более простых моделей. Рассмотрим модель разработки участка нефтяного пласта группой скважин на основе концепции материального баланса при трехфазной фильтрации нефти, газа и воды. Предлагаемая модель имеет следующие ограничения: в рассматриваемой зоне пласт должен быть единой гидродинамически связанной системой; капиллярными и гравитационными силами пренебрегается; распределение флюидов в пространстве не учитывается, т.е. можно оперировать средними по рассматриваемому участку пласта насыщенностями; изменение пластового давления по площади рассматриваемого участка мало и можно оперировать средним по участку пластовым давлением; пласт представлен одной емкостной системой (либо поры, либо трещины); переток нефти через границы участка отсутствует; течение изотермическое, жидкости не смешивающиеся, химических реакций нет. Тогда система уравнений модели будет состоять из трех законов сохранения массы для фаз и замыкающего соотношения, гласящего, что сумма насыщенностей по нефти, воде и газу равна единице. Система уравнений напоминает систему Маскета-Мереса, но в уравнениях отсутствуют дивергентные члены. После перехода к разностному аналогу производной по времени и линейной комбинации уравнений сохранения можно получить нелинейное уравнение для давления на следующем временном шаге, в котором отсутствует насыщенность на следующем временном шаге. Уравнение для давления решается методом секущих. Насыщенности получают прямым счетом из разностных аналогов уравнений сохранения для нефти и воды и замыкающего соотношения. В процессе расчетов используется переменный шаг по времени и контролируется накопленная ошибка материального баланса по фазам. Для определения относительной фазовой проницаемости по нефти при трехфазной фильтрации ис-

пользуется вторая модель Стоуна. Для определения радиуса контура питания в выражениях для дебитов добывающих и расходов нагнетательных скважин используется формула Писмана. Учитывается приток воды из законтурной области и приток газа из газовой шапки. По результатам тестовых расчетов наблюдается хорошее совпадение результатов расчетов с фактическими замерами добычи и давления по пласту.

1.9. Баранникова Д.Д., Обухов А.Г. Математическое моделирование течения газа в начальной стадии формирования теплового восходящего закрученного потока

Целью данной работы является численный расчет и детальный анализ возникающих сложных течений вязкого сжимаемого теплопроводного газа на начальной стадии формирования восходящего закрученного потока, вызванного локальным прогревом подстилающей поверхности.

При использовании явной разностной схемы в прямоугольном параллелепипеде численно строятся решения полной системы уравнений Навье-Стокса. Такие решения описывают трехмерные нестационарные течения сжимаемого вязкого теплопроводного газа в восходящих закрученных потоках в условиях действия сил тяжести и Кориолиса при постоянных коэффициентах вязкости и теплопроводности [1]. Восходящий закрученный поток инициируется локальным нагревом подстилающей поверхности.

В данной работе особый интерес представляют результаты расчета трех компонент скорости движения частиц газа и построенные на их основе мгновенные линии тока, являющиеся по существу траекториями движения частиц газа в сложном течении восходящего закрученного потока. Интерес вызван обнаруженной при расчетах особенностью поведения движущегося потока газа в начальные моменты формирования восходящего закрученного потока при локальном нагреве нижней плоскости расчетной области. На границе области нагрева возникают несколько локальных вихрей с противоположной направленностью вращения.

Список литературы

- [1] Баутин С. П., Крутова И. Ю., Обухов А. Г., Баутин К. В. Разрушительные атмосферные вихри: теоремы, расчеты, эксперименты / Новосибирск: Наука; Екатеринбург: Изд-во УрГУПС, 2013. — 215 с.
- [2] Баутин С. П., Обухов А. Г. Об одном виде краевых условий при расчете трехмерных нестационарных течений сжимаемого вязкого теплопроводного газа // Известия вузов. Нефть и газ. — 2013. — № 5, С. 55–63.
- [3] Обухов А. Г. Математическое моделирование и численные расчеты течений в придонной части торнадо // Вестник Тюменского государственного университета. Физико-математические науки. Информатика — 2012, № 4, С. 183–189.
- [4] Баутин С. П., Обухов А. Г. Математическое моделирование придонной части восходящего закрученного потока // Теплофизика высоких температур. — 2013. — Т. 51, № 4, С. 567–570.

1.10. Бельмещев Н.Ф., Чиркунов Ю.А. Точные решения подмодели трансверсально-изотропного упругого тела

На данный момент актуальна задача построения и исследования моделей теории упругости, позволяющих достаточно адекватно описывать поведение композитных материалов, горных пород и других слоистых материалов [1].

Существует множество нелинейных моделей анизотропных упругих сред, но вычислительные сложности, связанные с их использованием, ограничивают возможность их применения. В некоторых случаях целесообразнее применение моделей линейной теории упругости, таких как модель трансверсально-изотропного упругого тела, которая позволяет описывать слоистые материалы.

Для уравнений, описывающих стационарное состояние трансверсально-изотропного упругого тела с условием Гассмана (активно применяемым в геофизике при исследовании горных пород), выполнено групповое расслоение [2, 3, 4] и проведено исследование групповых свойств полученной в результате данного расслоения разрешающей системы уравнений первого порядка. В качестве решений автоморфной системы получен многомерный аналог формулы Колосова-Мухомедовича [3], связывающий вектор перемещений трансверсально-изотропной упругой модели с решением разрешающей системы уравнений, для которой получен ряд точных решений. Это дало возможность получить набор точных решений трехмерных уравнений статической трансверсально-изотропной упругости и провести их анализ.

Список литературы

- [1] Аннин Б. Д., Остросавлин Н. И. Анизотропия упругих свойств материалов // Прикладная механика и техническая физика. — 2009. — Т. 49, № 6, С. 131–151.
- [2] Овсянников Л. В. Групповой анализ дифференциальных уравнений / М.: Наука, 1978.
- [3] Чиркунов Ю. А. Групповой анализ линейных и квазилинейных дифференциальных уравнений / Новосибирск: НГУЭУ, 2007.
- [4] Чиркунов Ю. А., Хабиров С. В. Элементы симметричного анализа дифференциальных уравнений механики сплошной среды / Новосибирск: НГТУ, 2012.

1.11. Березкова Е. А. Комбинированная методика определения частот собственных колебаний лопасти гидротурбины в воде на основе метода конечных элементов

Надежность гидротурбин определяется набором кавитационных, прочностных и вибрационных характеристик. В данной работе внимание уделяется вибрационным характеристикам лопастей рабочих колес поворотно-лопастных гидротурбин (ПЛ ГТ), так как наиболее опасными для конструкции ГТ являются динамические нагрузки. В ГТ присутствуют вынужденные колебания, вызванные несимметричностью потока воды, несимметричностью изготовления детали и т. д. Также в конструкции присутствуют собственные колебания, характер которых определяется внутренними силами, зависящими от физического строения системы. При достаточно близких частотах собственных и вынужденных колебаний может произойти явление резонанса, вследствие чего повышается вероятность разрушения гидротурбины. Поэтому актуальна задача определения частот и форм собственных колебаний методом численного моделирования.

Для каждой фиксированной геометрии лопастей гидротурбины предлагается рассматривать уравнения движения Ламе, для которого в местах крепления лопастей гидротурбины задаются краевые условия закрепления. Данные уравнения решаются методом конечных элементов. После аппроксимации тела и дискретизации уравнений движения получим СЛАУ

$$Ku + M\ddot{u} = 0,$$

где K — матрица жесткости, M — матрица масс, u — вектор перемещения. Учитывая, что перемещение имеет вид $u = u_0 \cdot \cos(w_it)$, то поставленную задачу можно свести к проблеме собственных значений результирующей матрицы. Так как она является разреженной, то для поиска ее собственных чисел и векторов применяется метод Ланцоша.

Численный метод определения частот и форм собственных колебаний тела в воздухе был верифицирован на задаче определения набора частот собственных колебаний бруска и результаты были сопоставлены с результатами, полученными программным комплексом ANSYS. Так же при помощи этого метода определен набор частот для лопасти ПЛ ГТ в воздухе.

Для определения первого набора частот собственных колебания лопасти ПЛ ГТ в воде была использована комбинированная методика, которая заключается в использовании эмпирических коэффициентов снижения. В лаборатории Водяных турбин ЛМЗ были проведены исследования по определению влияния воды на значение частот собственных колебаний лопастей ПЛ ГТ. Оказалось, что частоты собственных колебаний ПЛ ГТ в воде понижаются относительно частот собственных колебаний ПЛ ГТ

в воздухе. Таким образом, для ПЛ турбин можно определить набор коэффициентов снижения, который уместно применять для определения частот лопастей ПЛ турбины в воде.

Список литературы

- [1] Зенкевич О. Метод конечных элементов в технике /М.: Мир, 1975. — 541 с.
- [2] Писсанецки С. Технология разреженных матриц /М.: Мир, 1988. — 411 с.
- [3] Стрелков С. П. Введение к теории колебаний /М.: Наука, 1964. — 437 с.
- [4] Вержбицкий В. М. Численные методы. Линейная алгебра и нелинейные уравнения /М.: Высшая школа, 2000. — 266 с.

1.12. Бондарева Л. В. Об одной задаче моделирования очистки промышленных стоков в затопленных угольных шахтах

В Кузбассе предприятия угольной промышленности оказывают существенное негативное влияние на все компоненты окружающей природной среды. С одной стороны в регионе сохраняется устойчивая тенденция роста объемов добываемого угля, с другой — возрастает доля обогащаемого угля. Соответственно увеличивается количество сточных промышленных вод, являющихся серьезным источником загрязнения водных ресурсов региона.

Наряду с другими в Кемеровской области используется метод очистки шламовых вод в отработанных горных выработках затопленных угольных шахт. Метод реализуется для очистки промышленных стоков углеобогащательной фабрики «Комсомолец» в отработанных горных выработках «ш. Кольчугинской». Предполагается, что в шахтах будет происходить естественная очистка сточных вод за счет отстаивания и разбавления фильтрующимися в выработанное пространство грунтовыми водами. Кроме того данный подход предполагает захоронение осевших примесей под землей. Но при всей идейной простоте и низкой стоимости применения данного подхода остается актуальной и важной проблема прогнозирования возможного развития протекающих внутри процессов очистки. Наибольшую опасность представляет вероятность «залпового выброса» накопленных примесей, при котором может происходить даже кратковременное, но интенсивное увеличение концентрации примесей в откачиваемой для поддержания уровня грунтовых вод жидкости. Обводненная выработка представляет собой «черный ящик», реальные измерения каких-либо параметров возможны лишь на входе и выходе. Поэтому для прогнозирования вероятного развития протекающих процессов очистки удобным инструментом являются математическое моделирование и численные эксперименты.

В работе рассматривается математическая модель течения и распространения нерастворенных оседа-

ющих и поднимающихся примесей, с возможностью изменения формы дна из-за слеживания осадка. Предполагается, что распространение примеси происходит в потоке жидкости и за счет диффузии, но примесь не влияет на течение, имея возможность влиять на внутренние свойства жидкости (вязкость, стратификацию и др.). Поэтому рассматриваются модели вязкой и идеальной жидкости, описываемые системой уравнений Навье - Стокса и уравнением Гельмгольца, соответственно. Используется уравнение переноса примеси, в котором также учитывается действие силы тяжести или архимедовой силы. Моделируется накопление легких примесей вдоль верхней границы области решения и последующий их размыв потоком жидкости. Рассматривается модель изменения области решения из-за слеживания осевших примесей. Для решения дифференциальных краевых задач используется метод сеток. Уравнения переноса решаются схемой стабилизирующих поправок, при этом конвективные члены аппроксимируются против потока. Уравнения Пуассона решаются методом минимальных невязок неполной аппроксимации с глобальной оптимизацией итерационных параметров. Приводятся картины течения и распространения примесей в зависимости от входных параметров задачи.

1.13. Бородин С.Л., Мусакаев Н.Г. Сравнение численных методов решения задачи Стефана

В конце XIX века австрийский физик и математик Йозеф Стефан представил класс задач, посвященных формированию льда. Впоследствии задачи с подвижными межфазными границами стали называть задачами Стефана. В настоящее время под задачей Стефана понимают класс математических моделей, описывающих тепловые, диффузионные или термодиффузионные процессы, сопровождающиеся фазовыми превращениями с поглощением или выделением скрытой теплоты. К таким процессам относятся:

- Сушка, кристаллизация и сублимация, являющиеся основными процессами химической технологии и широко использующиеся в разнообразных промышленных аппаратах;
- Плавление в металлургии;
- Замораживание в криомедицине;
- Испарительное охлаждение;
- Промерзание, оттаивание грунтов и др.

Аналитическое (автомодельное) решение задачи Стефана можно получить лишь для некоторых постановок, поэтому в большинстве случаев применяют численные методы, которых достаточно много. В связи с этим возникает необходимость выбора наиболее эффективного из них, т.е. сочетающего высокую точность и скорость расчетов. Рассмотрены все наиболее известные численные методы, а также раз-

работанный авторами новый алгоритм. Сравнение проводилось на результатах решения задачи движения границы фазового перехода «лед – вода» вокруг вертикальной скважины, проходящей сквозь толщу многолетних мерзлых пород, однако сделанные выводы распространяются и на другие, многомерные и многофронтовые постановки задачи Стефана. Выводы:

1. Использование явной схемы приводит к значительному увеличению времени расчетов, а шеститочечная симметричная схема может давать колеблющееся решение, таким образом, наиболее предпочтительной является неявная схема.
2. Для одномерных однофронтовых задач Стефана наиболее эффективным численным методом является метод ловли фронта в узел сетки с использованием неявной схемы.
3. Для многомерных многофронтовых задач Стефана наиболее эффективными численными методами являются разработанный авторами метод энтакпий с использованием неявной схемы (имеется устранимый недостаток), а также метод сглаживания коэффициентов с использованием неявной схемы.

1.14. Бухаров А.В. Мультиполюсный метод граничных элементов для решения пространственных задач упругости

Для решения трехмерных уравнений упругого равновесия широко используется метод граничных элементов (МГЭ) [1]. В классической постановке данный метод требует большого объема оперативной памяти для хранения матрицы результирующей СЛАУ целиком, что приводит к невозможности решать задачи с большим количеством элементов или сложной геометрией.

Для уменьшения затрат памяти разрабатывается специальная модификация МГЭ на основе быстрого метода мультиполей. В такой модификации все граничные элементы делятся на группы близкорасположенных элементов (мультиполи). Для каждой из этих групп, используя разложение в ряд Тейлора, определяются индуцированные смещения во всей расчетной области [2]. Таким образом определяется система коэффициентов влияния удаленных мультиполей и близкорасположенных граничных элементов на произвольный граничный элемент. С использованием построенной системы коэффициентов влияния производится неявное перемножение приближенной результирующей матрицы МГЭ на произвольный вектор. Затем, применяя результаты таких перемножений, например, методом обобщенных минимальных невязок (GMRES) отыскиваются неизвестные компоненты смещений и напряжений на границе расчетной области. Изменяя структуру мультиполей и количество элементов в ряде Тейлора, мы можем контролировать точность

расчетов и затраты оперативной памяти.

Данный подход является более гибким по сравнению со стандартным МГЭ, что позволяет решать значительно более сложные и объемные задачи.

Список литературы

- [1] BREBBIA C. A., TELLES J. C. F., WROBEL L. C. Boundary element techniques - theory and applications in engineering. / Berlin: Springer, 1984. — P. 200.
- [2] ПОРОВ V., POWER H. An $O(N)$ Taylor series multipole boundary element method for three-dimensional elasticity problems. / Engineering Analysis with Boundary Elements: 25, 2001. — P. 7–18.

1.15. Варава А.И., Татосов А.В. Исследование конвективных течений в тонких пленках жидкости

При наличии на свободной поверхности жидкости градиента поверхностного натяжения тангенциальные капиллярные силы, направленные в сторону его увеличения, будут вызывать перенос вещества вдоль границы двух сред. Такие течения называются термокапиллярными и характеризуются деформацией свободной поверхности — термокапиллярным прогибом. Во многих случаях на термокапиллярные течения оказывает влияние гравитационная конвекция, вызванная различием плотности неравномерно нагретых слоев жидкости.

Актуальность исследования течений, инициируемых поверхностными силами, связана с их широким практическим применением. В частности, потребность исследования скорости термокапиллярных течений и величины термокапиллярного прогиба возникает в металлургии, при лазерной резке и сварке металлов, лазерной бесконтактной диагностики свойств жидкости, микрофлюидике. Например, в работах [1] и [2] проведены экспериментальные исследования рассматриваемых конвективных течений в тонких пленках жидкостей и предложен ряд их практических применений.

Целью данной работы является численное исследование конвективных течений, возникающих в неравномерно нагретых тонких пленках жидкостей.

В ходе проведенного исследования на основе VOF-метода [3] была построена математическая модель, позволяющая учесть явление конвекции Релея и Марангони в задачах с межфазной границей. При построении математической модели использовались следующие приближения: флюиды считались несжимаемыми, их плотности не зависят от давления и от температуры; приближение Буссинеска, свойства жидкостей за исключением плотности и поверхностного натяжения не зависят от температуры; модель непрерывного поверхностного натяжения, поверхностные силы вычислялись из гра-

диента цветовой функции [4]; отсутствуют фазовые переходы.

В работе была показана достоверность используемой модели путем сравнения результатов расчета с аналитическим решением, результатами, полученными другими исследователями и с экспериментом. Более подробно было рассмотрено поведение флюида в кювете, подогреваемого снизу, было оценено распределение температур в кювете, а также динамика и особенности формирования термокапиллярного вихря. Таким образом, результаты численных расчетов дополнили экспериментальное исследование [2].

Список литературы

- [1] BEZUGLYI B. A., FLYAGIN V. M. Thermocapillary convection in a liquid layer with a quasi-point heat source in the substrate // Fluid Dyn. — 2007. — Vol. 42, № 6, P. 978–986.
- [2] ФЕДОРЕЦ А. А. Фотоиндуцированный термокапиллярный эффект и его применение для измерения свойств жидкости / Тюмень: Тюменский государственный университет, 2002.
- [3] HIRT C., NICHOLS B. Volume of fluid (VOF) method for the dynamics of free boundaries // J. Comput. Phys. — 1981. — Vol. 39, № 1, P. 201–225.
- [4] BRACKBILL J., KOTHE D., ZEMACH C. A continuum method for modeling surface tension

1.16. Водорезов Д.Д. Моделирование нестационарного течения азота по трубе колтюбинга

Работа посвящена моделированию неустановившегося неизотермического одномерного потока азота по трубе колтюбинга методом характеристик. Система уравнений состояния, преобразованная к виду уравнений характеристик, решается явным методом конечных разностей. Расчеты производятся по сетке с определенным временным шагом (method of specific time).

В работе рассмотрены граничные условия для рассматриваемой задачи, включающие в себя работу азотного компрессора, нагнетающего газ в трубу колтюбинга с одной стороны, и работу забойных обратных клапанов с другой. На основе анализа работы азотного компрессора показано, что справедливо принять температуру азота в начальном узле модели постоянной при неизменном массовом расходе. Граничные условия на конце трубы различны в зависимости от скважинных условий, рассмотрены возможные варианты.

Также в работе предложена модифицированная расчетная сетка, позволяющая производить расчет в условиях высокой нестационарности потока при минимальных затратах вычислительных ресурсов. Предлагаемая расчетная сетка имеет постоянный

шаг по пространственной координате и переменный шаг по временной координате.

Произведена оценка числовой стабильности модели и сходимости со стационарным решением.

Список литературы

- [1] АБРАМОВИЧ Г. Н. Прикладная газовая динамика / М.: Наука, Т. 1-2, 1991.
- [2] MANGEREFTEN H. ET AL. A study of the dynamic response of emergency shutdown valves following full bore rupture of gas pipelines // Trans IChemE. — November 1997. — Vol. 75, Part B.
- [3] DENTON G.S. CFD Simulation of Highly Transient Flows / A thesis submitted to University College London for the degree of Doctor of Philosophy / London, 2006.
- [4] NOUROLLAH E. Simulation of Gas Pipelines Leakage Using Modified Characteristics Method // Transactions of the ASME. — June 2012. — Vol. 134.

1.17. Волик М.В., Михайлова У.А. Математическое моделирование течения воздуха в улицах на склоне холма с использованием OpenFoam

В данной работе математическое моделирование течения воздуха в типичной городской застройке из двух параллельных улиц, расположенных на склоне холма, проводилось с помощью свободно распространяемого пакета OpenFoam и удаленного доступа к консоли на управляющем узле вычислительного кластера BL2x220 Cluster Console <https://unihub.ru/resources/bl2x220cc> Web-лаборатории Unihub (www.unihub.ru) по программе «Университетский кластер» (www.unicluster.ru).

Для проведения вычислительных экспериментов использовался стандартный решатель pimpleFoam. Система уравнений включала уравнение неразрывности и уравнение изменения импульса. Турбулентность моделировалась с использованием стандартной К-эпсилон модели [1].

Расчетная сетка представляет собой прямоугольную область с шагом по пространству 1 м и включает в себя типичную конфигурацию городской застройки из трех домов, расположенных на склоне. Высота домов на подветренной стороне улиц (h) принималась в качестве масштаба длины и была равна 20 м, а высота домов на наветренной стороне — 0.75 от масштаба длины. В работе исследуются три варианта ширины улиц.

Результаты расчетов для городской застройки, расположенной на склоне, в которой ширина каждой улицы принималась равной одному масштабу длины, показали, что внутри каждой улицы образуется вихрь, воздух в котором перемещается против часовой стрелки. В первой по потоку улице этот вихрь затекает на крышу второго дома на расстоянии 0.5 м, а во второй улице вихрь перемещается

только внутри нее. Кроме того, в первой улице вблизи нижней границы на наветренной стороне образуется вторичный вихрь размером 5.5 м×5 м, в котором воздух перемещается против часовой стрелки. Центры основных вихрей в обеих улицах находятся на высоте 10 м от проезжей части. Скорость возвратного течения в нижней части второй по потоку улицы немного выше, чем в первой, а над застройкой скорость потока выше над первой улицей.

Результаты расчетов показали, что ширина улиц оказывает значительное влияние на картину течения воздуха, а значит и на распространение газообразных загрязняющих веществ.

Список литературы

- [1] Волик М. В. Исследование влияния граничных условий на результаты математического моделирования аэродинамики уличных каньонов // Молодые ученые в решении актуальных проблем науки: Материалы V Международной научно-практической конференции. Владикавказ: ИПЦ СОГУ, 2014. — С. 14–18.

1.18. Вьюнник Н.М., Кириченко А.А. Моделирование движения жидкости в устройстве для отвода диффузионного слоя

В современной пищевой промышленности особое место занимает задача наиболее полного использования пищевого сырья. В решении этой проблемы важная роль отводится разделению компонентов пищевого сырья для последующего синтеза на их основе разнообразных пищевых продуктов. В частности данная задача актуальна в молочном производстве.

Существует достаточно большое количество методов разделения, очистки и концентрирования жидких сред. При этом особого внимания заслуживают мембранные технологии, которые обладают рядом преимуществ по сравнению с традиционными методами разделения. На выходе результат работы таких устройств выглядит как двухслойная жидкость с различными плотностями: «гель», «раствор». Завершающей стадией процесса изменения концентрации является отделение «геля» от «раствора», для этого используется устройство для отвода диффузионного слоя. Движение жидкости в устройстве для отвода диффузионного слоя описывается уравнениями Навье–Стокса в цилиндрических координатах (r, ϵ, z) [2]. Система уравнений решается трех этапным методом расщепления. Первым этапом вычисляются предварительные значения скоростей, с использованием схемы стабилизирующих поправок. Вторым этапом, методом минимальных невязок рассчитывается давление. Третий этап предполагает нахождение скоростей явным методом используя приближение скорости и ранее рассчитанное давление. Уравнение на концентрацию

решаем методом продольно поперечной прогонки. В данном докладе решается упрощенная задача, принимается, что область является осесимметричной, плотность и вязкость не зависят от времени и пространства.

Список литературы

- [1] ЛОБАСЕНКО Б. А., ШУШПАННИКОВ А. С., СЕМЁНОВ А. Г., ЗАХАРОВ Ю. Н. Патент на изобретение № 2506991 Аппарат для мембранного концентрирования // Заявка № 2012168966. Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений Российской Федерации 20 февраля 2014 г.
- [2] ЛОЙЦИАНСКИЙ Л. Г. Механика жидкости и газа: Учебник для вузов / М.: Дрофа, 2003. — 840 с.
- [3] ЗАХАРОВ Ю. Н., ЛОБАСЕНКО Р. Б., РАГУЛИН В. В. Математическое моделирование нестационарных мембранных процессов // Хранение и переработка сельхозсырья, 2004. — № 10. С. 16–19.

1.19. Вяткин А.В. Полу-Лагранжева численная схема, основанная на трансформировании области интегрирования

В течение последних пяти десятилетий активно развивались численные методы решения уравнения неразрывности, основанные на смешанном полу-Лагранжевом (semi-Lagrangian) подходе [1-4]. Современные версии метода основаны на тождестве двух пространственных интегралов, области интегрирования которых лежат на соседних слоях по времени. Основным преимуществом этого подхода является отсутствие алгебраического ограничения на шаг по времени, традиционно вытекающего из условия Куранта-Фридрихса-Леви. Это делает подобные алгоритмы удобным инструментом для решения задач с большими значениями скоростей. Другим важным достоинством является выполнение локального закона сохранения в консервативных версиях метода [2, 4]. Однако такие версии метода требуют больших вычислительных затрат, связанных с вычислением интеграла на нижнем слое по времени.

В представленном алгоритме для вычисления интегралов на нижнем слое по времени использована замена переменных, которая преобразует область интегрирования в квадрат. Это позволяет существенно сократить вычислительные затраты метода и снизить время расчетов. Вместе с тем, теоретически обосновано, что для численного решения выполняется дискретный аналог балансового соотношения. Проведенные вычислительные эксперименты подтверждают сходимость численного решения к аналитическому решению с первым порядком точности.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, гранты № 14-01-31203 и № 14-01-00296.

Список литературы

- [1] WIIN-NIELSEN A. On the application of trajectories methods in numerical forecasting // Tellus. — 1959. — Vol. 11, P. 180–196.
- [2] ISKE A. Conservative semi-Lagrangian advection on adaptive unstructured meshes // Numer. Meth. Part. Diff. Eq. — 2004. — Vol. 20, P. 388–411.
- [3] ANDREEVA E., VYATKIN A., SHAIIDUROV V. The semi-Lagrangian approximation in the finite element method for Navier-Stokes equations for a viscous incompressible fluid // AIP Conference Proceeding. — 2014. — Vol. 1611, P. 3–11.
- [4] ВЯТКИН А. В. Интегральная схема из семейства полу-Лагранжевых методов для двумерного уравнения неразрывности // Материалы XIV Всероссийской конференции молодых ученых по математическому моделированию и информационным технологиям, Томск 15–17 октября 2013 г. — 2013. — С. 16.

1.20. Ганченко Г.С., Хасматулина Н.Ю. Моделирование влияния термических эффектов на возникновение электрокинетической неустойчивости

Рассматривается поведение электролита в микромасштабах под действием постоянного электрического поля, нормального относительно ионоселективных поверхностей канала. При достаточно большой напряженности поля имеет место электрокинетическая неустойчивость. Она была предсказана теоретически в работе Рубинштейна и Зальцмана [1], смоделирована численно [2] и подтверждена экспериментально [3]. В предыдущих моделях электрокинетической неустойчивости не учитывался эффект нагрева электролита при прохождении через него электрического тока. Для учета влияния тепловых эффектов к системе уравнений Нернста-Планка-Пуассона-Стокса было добавлено уравнение теплопроводности с источниковыми членами, вызванными джоулевым нагревом. В системе имеется малый параметр при старшей производной (число Дебая), что затрудняет численное решение. В настоящей работе эти трудности были успешно преодолены благодаря применению τ -модификации метода Галёркина с многочленами Чебышёва в качестве базиса, которые отличаются сгущением нулей вблизи границ. Сходный подход был применен при исследовании электрокинетической неустойчивости в рамках изотермической модели в работе [4]. В результате исследования предложенной математической модели обнаружено, что неустойчивость может возникать раньше, чем в изотермическом случае. Учет термических эффектов позволил получить лучшее количественное соответствие с экспериментами [3].

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ №№ 14-08-31260-мол_а, 14-08-00789-а.

Список литературы

- [1] ZALTZMAN B., RUBINSTEIN I., Electroosmotic slip and electroconvective instability // Fluid Mech. — 2007. — No. 579, P. 173–226.
- [2] ШЕЛИСТОВ В. С., НИКИТИН Н. В., ГАНЧЕНКО Г. С., ДЕМЬХИН Е. А. Численное моделирование электрокинетической неустойчивости в полупроницаемых мембранах // ДАН. — 2011. — Т. 440, № 5, С. 625–630.
- [3] RUBINSTEIN S.M., MANUKYAN G., STAIU A. ETC. Direct observation of nonequilibrium electroosmotic instability // Phys. Rev. Lett. — 2008. — No. 101, P. 236101.
- [4] КИРИЙ В. А., ХАСМАТУЛИНА Н. Ю., ДЕМЬХИН Е. А. Численное нахождение границы предельных и сверхпредельных токов в полупроводящей электрической мембране // Экологический вестник научных центров ЧЭС. — 2014. — № 3, С. 31–37.

1.21. Герасимова А.Ю., Водозазская И.В. Моделирование массопереноса и профиля поверхности пленки коллоидного раствора при испарении под диском

В работе предлагается модель для расчета распределения объемной плотности W растворенных сферических частиц и профиля поверхности h высыхающей на горизонтальной подложке пленки коллоидного раствора, над которой располагается диск, ограничивающий испарение. Модель базируется на приближении the Lubrication approximation уравнения Навье–Стокса [1], законе сохранения растворителя и уравнении конвекции–диффузии:

$$v = \frac{h^2}{3} \frac{\sigma}{\mu} \frac{\partial}{\partial r} \left(\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial h}{\partial r} \right) \right),$$

$$\frac{\partial h}{\partial t} = -\frac{1}{r} \frac{\partial (rhv)}{\partial r} - \frac{J}{\rho} \sqrt{1 + \left(\frac{\partial h}{\partial r} \right)^2}, \quad (1)$$

$$\frac{\partial (hW)}{\partial t} = -\frac{1}{r} \frac{\partial (rWhv)}{\partial r} + \frac{1}{r} \frac{\partial (rhD \frac{\partial W}{\partial r})}{\partial r}.$$

В тех областях раствора, где объемная доля частиц достигает определенного значения W_f , появляется твердая фаза, сохраняющая объем и ограничивающая внутренние гидродинамические потоки и поток испарения со свободной поверхности. В жидкой фазе вязкость μ раствора зависит от объемной плотности растворенных частиц и описывается формулой Муни [2]:

Плотность потока пара J с поверхности пленки при наличии над ней диска определяется путем решения уравнения диффузии и уравнения Лапласа для концентрации C пара в пространстве, окружающем пленку [3]:

$$J = -D_1 \text{grad } C, \quad (2)$$

$$\Delta C = 0.$$

Уравнения решались численно с помощью программ MAPLE и FLEXpde. Расчет показывает, что высыхание пленки происходит неравномерно. На первом этапе испарения пленка вне диска быстро затвердевает, формируя на подложке слой твердого осадка одинаковой толщины. При этом в области под диском раствор остается жидким, течения выносят твердые частицы к краю области. При дальнейшем испарении формируется профиль пленки под диском, где после полного затвердевания в слое твердого осадка наблюдается впадина, что согласуется с экспериментом [4].

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (проект № 266).

Список литературы

- [1] FISCHER B.J. Particle convection in an evaporating colloidal droplet // Langmuir. — 2002. — Vol. 18, No. 1, P. 60–67.
- [2] MOONEY M. The viscosity of a concentrated suspension of spherical particles // Journal of Colloid Science. — 1951. — Vol. 6, No. 2, P. 162–170.
- [3] DEEGAN R.D., O. BAKAJIN O., DUPONT T.F. [ET AL.] Contact line deposits in an evaporating drop // Physical Review E. — 2000. — Vol. 62, No. 1, P. 756–765.
- [4] PARNEIX C., VANDOO LAEGHE P., NIKOLAYEV V.S. [ET AL.] Dips and rims in dried colloidal films // Phys. Rev. Lett. — 2010. — Vol. 105, P. 266103.

1.22. Гильманов С.А. Полуэмпирическая квазиодномерная модель радиального разлива жидкости над шероховатой горизонтальной поверхностью

Представлена квазиодномерная модель разлива несжимаемой жидкости из точечного источника с учетом взаимодействия с окружающей средой по обобщенной схеме. За основу взята модель движения мелкой воды, предложенная в [1] с учетом обобщения по указанному способу.

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (rhv) = -u, \quad (1)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + v \frac{\partial v}{\partial r} = -g \frac{\partial h}{\partial r} - \alpha v^m h^k. \quad (2)$$

Краевые условия при этом могут быть представлены в виде.

$$Q = (2\pi rhv)_{r=0}, h(l(t)) = 0 \quad (3)$$

Рассмотрены два метода получения решения приведенной задачи.

1. безинерционный режим, когда полагается, что слагаемые в правой части уравнения (2) взаимнокомпенсированы [1]. Тогда решение получено методом ПССС, а закон движения фронта потока

определен при помощи уравнения баланса объема в интегральной форме;

2. общий режим, когда приняты следующие подстановки $h = a(t)f(\xi)$, $v = (db/dt)V(\xi)$, $r = \xi b(t)$. Решение в этом случае находится применением метода Фурье [2]. При этом для сведения уравнения, полученного из (2), к виду, удобному для получения решения может потребоваться дифференцирование уравнения по времени и по ξ .

Получены приближенные аналитические решения для профиля потока. Сравнение с экспериментальными данными показывает, что такая модель корректно описывает поведение потока за исключением границы. Установлено, что в зависимости от выбора слагаемых уравнения (2) для выделения временной или автомодельной части может быть получено до 16 типов решений. Часть из них имеет неявное, а в некоторых случаях и явное аналитическое выражение.

Список литературы

- [1] Шагапов В. Ш., Гильманов С. А.. Растекание жидкости по поверхности, сопровождаемое впитыванием в грунт // ПМТФ. — 2010. — Т. 51, №5, С. 88–94.
- [2] Тихонов А. Н., Самарский А. А. Уравнения математической физики / М.: Изд-во Наука, 1972. — 736 с.

1.23. Глухов А. Определение упругих свойств материала с помощью математической модели ударного процесса

Работа посвящена математическому моделированию процесса ударного взаимодействия сферического тела с плоской поверхностью. Для исследования процесса ударного взаимодействия деформируемых тел используется механореологическая упруго-вязко-пластичная модель. Модель описывает движение центра тяжести тела и включает в себя два последовательных блока. Блок K1 – C описывает упругие деформации системы с помощью упругого элемента K1 и учитывает возникающие при этом потери энергии с помощью вязкого элемента (демпфера) C. Блок K2 – f2 описывает остаточные деформации с помощью элемента сдвига f2 и учитывает возникающие при этом потери энергии. Динамика движения механореологической модели описывается с помощью дифференциальных уравнений второго порядка. На основе математической модели был разработан и запатентован новый способ определения модуля упругости материала [1].

Способ осуществляется следующим образом. В процессе эксперимента свободно падающим индентором сферической формы с известными свойствами наносится удар по образцу исследуемого материала и фиксируются параметры ударного взаимодействия: время удара, высота отскока, максималь-

ная величина силы ударного взаимодействия и время, соответствующее максимальной величине силы ударного взаимодействия. Далее выполняется расчет с помощью разработанной программы, выполненной на основе математической модели. Об искомом модуле упругости исследуемого материала образцы судят по численному значению коэффициента жесткости упругого элемента упруго-вязкого блока расчетной модели, при котором рассчитанные на модели параметры ударного взаимодействия совпадают с экспериментальными значениями.

Методика обеспечения соответствия динамики движения модели экспериментальным данным предполагает следующие операции: варьируют численное значение коэффициента жесткости K1 путем изменения численного значения модуля упругости материала добиваясь совпадения расчетного и экспериментального значений времени удара; варьируют численное значение коэффициента сдвига f2 добиваясь совпадения расчетного и экспериментального значений времени, соответствующего максимальной значению силы ударного взаимодействия; варьируют численное значение коэффициента жесткости K2 добиваясь совпадения расчетного и экспериментального значений максимальной величины силы ударного взаимодействия; варьируют численное значение коэффициента вязкости C добиваясь совпадения расчетного и экспериментального значений высоты отскока индентора.

Список литературы

- [1] Лапшин В. Л., Рудых А. В., Глухов А. В. Способ определения модуля упругости материала / Патент РФ № 2526233, кл. G 01 N 3/48. Оpubл. 20.08.2014, бюл. № 23.

1.24. Головастиков Н. В. Пространственное интегрирование оптических пучков с использованием многослойных брэгговских структур

С развитием вычислительной техники возникает необходимость в преодолении ограничений скорости передачи и обработки информации, накладываемых использованием традиционных электронных схем. Возможным решением этой проблемы является внедрение оптических интегральных схем, способных на порядки повысить скорость обработки информации. Успешный переход от электронных интегральных схем к оптическим требует создания фотонных аналогов фундаментальных электронных устройств, осуществляющих базовые операции над сигналами. К таким операциям относятся дифференцирование и интегрирование входного сигнала. Задачи временного дифференцирования и интегрирования оптического импульса были успешно решены с использованием брэгговских решёток различных геометрий. Для решения задачи про-

пространственного дифференцирования была предложена брэгговская решётка с дефектом [1]. Во всех этих случаях операции дифференцирования и интегрирования осуществлялись в окрестности волнового резонанса дифракционной структуры. В настоящей работе исследована возможность осуществления интегрирования пространственного профиля оптического пучка с использованием многослойной брэгговской структуры с дефектом. Описано прохождение оптического пучка через дифракционную структуру и показано, что многослойная брэгговская структура с дефектом может быть использована для интегрирования пространственного профиля падающего двумерного оптического пучка с центральной пространственной частотой, близкой к константе распространения квазиволноводной моды дефектного слоя. Интегрирование осуществляется в пропускании с экспоненциальной весовой функцией, вклад которой уменьшается с ростом величины добротности резонанса (с увеличением числа слоёв брэгговской структуры). При этом «чистое» интегрирование недостижимо, поскольку требует бесконечно высокой добротности резонанса. В случае нормального падения осуществление интегрирования невозможно по причине наличия в окрестности центральной частоты падающего пучка двух полюсов разных знаков. Результаты моделирования дифракции оптического пучка с гауссовым пространственным профилем с высокой точностью подтверждают полученные теоретические оценки. Таким образом, продемонстрировано, что многослойная брэгговская структура с дефектом может выполнять интегрирование пространственного профиля падающего оптического пучка в пропускании, а также продемонстрирована связь между величиной добротности резонанса и характеристиками осуществляемого интегрирования. Отдельно рассмотрен случай нормального падения. Пространственное интегрирование оптического пучка логически завершает набор операций временного и пространственного дифференцирования и интегрирования, осуществляемых многослойной брэгговской структурой с дефектом. Результаты исследования опубликованы в работе [2].

Список литературы

- [1] DOSKOLOVICH L. L., БЫКОВ D. A., БЕЗУС E. A., СОЙФЕР V. A. Spatial differentiation of optical beams using phase-shifted Bragg grating // *Optics Letters*. — 2014. — Vol. 39, No 5, P. 1278–1281.
- [2] Головастики Н. В., Быков Д. А., Досколович Л. Л. Пространственное интегрирование оптических пучков с использованием многослойных брэгговских структур // *Компьютерная оптика*. — 2014. — Т. 38, № 3, С. 372–376.

1.25. Горбатенко В. А., Глинских В. Н. Высокопроизводительные вычисления на графических процессорах для обработки и интерпретации данных электромагнитного каротажа

Работа посвящена высокопроизводительным вычислениям на графических процессорах применительно к обработке и интерпретации данных электрометрии в скважинах, бурящихся на нефть и газ [1]. Реализован параллельный алгоритм численной инверсии данных электромагнитного каротажа с применением технологии NVIDIA CUDA для специализированных вычислений на графических процессорах [2]. Вычислительный алгоритм предназначен для определения электрофизических параметров горных пород, окружающих скважину, и основан на построении и анализе областей квазирешений обратной задачи электромагнитного каротажа при полном переборе искомых модельных параметров [3]. Эффективное использование различных архитектурных особенностей графических процессоров позволило существенно увеличить быстродействие и производительность вычислений. Приводится описание особенностей реализации и оптимизации параллельного алгоритма, а также вычислительных возможностей графических процессоров. Демонстрируются следующие приемы для ускорения вычислений: отказ от хранения данных в глобальной памяти, использование разделяемой памяти в качестве кэша, вовлечение текстурного кэша для вычислений, оптимизация копирования данных. Получены оценки быстродействия и производительности вычислений, указывающие на высокую эффективность реализованного алгоритма. Так, с использованием параллельного алгоритма на современных графических процессорах достигается ускорение вычислений до 1400 раз, а производительности – до 530 ГФлопс по сравнению с идентичным последовательным алгоритмом. Проведена обработка зашумленных синтетических и практических данных электромагнитного каротажа и выполнен сравнительный анализ результатов интерпретации в моделях геологических сред сложного строения. По данным электромагнитного каротажа восстановлено пространственное распределение удельной электропроводности в прискважинной зоне и неизмененных частях пласта.

Список литературы

- [1] Эпов М. И., Глинских В. Н. Электромагнитный каротаж: моделирование и инверсия / Новосибирск: Академ. изд-во «Гео», 2005. — 98 с.
- [2] БОРЕСКОВ А. В., ХАРЛАМОВ М. Параллельные вычисления на GPU. Архитектура и программная модель CUDA / М.: Изд-во Московского университета, 2012. — 332 с.
- [3] Эпов М. И., Глинских В. Н., НИКИТЕНКО М. Н., СУХОРИКОВА К. В. Быстрое реше-

ние двумерной обратной задачи высокочастотного электромагнитного каротажа в нефтегазовых скважинах // Геофизический журнал. — 2012. — Т. 34, № 4, С. 292–297.

1.26. Горбачева Е.В., Ганченко Г.С. Численное исследование линейной устойчивости микропленки электролита под действием электрического поля

В данной работе рассматривается устойчивость микро и нано пленки электролита со свободной поверхностью раздела жидкость/газ под действием электрического поля. Поверхность раздела жидкость/газ предполагается заряженной, в то время как твердая поверхность может быть либо проводящей, либо заряженной диэлектрической поверхностью. Поверхностный заряд на границе жидкость/газ является мобильным [1]–[4] и может быть неустойчивым. Электростатическое притяжение создает избыток противоионов в растворе электролита рядом с поверхностью твердого тела, тем самым образуя электрические Дебаевские слои. Приложенное тангенциальное электрическое поле, действующее на заряд в дебаевском слое создает кулоновские силы, которые передвигают жидкость. Движение раствора электролита под действием внешнего электрического поля описывается нелинейной системой Нернста-Планка-Пуассона-Стокса. В начале было найдено одномерное стационарное решение, затем после наложения малых возмущений исследовалась его устойчивость. Используя τ -метод Галеркина с полным базисом полиномов Чебышева, задача была сведена к задаче на собственные значения. В результате численного анализа были найдены критические значения параметров, обнаружено присутствие коротковолновой неустойчивости, возникающие и исчезающие области неустойчивости, бифуркации и т.д. Также было рассмотрено влияние чисел Дебая и других параметров на длинноволновую и коротковолновую устойчивость.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ №№ 14-08-31260-мол_а, 14-08-00789-а.

Список литературы

- [1] GRACIAA A., MOREL G., SAULNER P., LACHAISE J., AND SCHECHER R.S. ζ - potential in gas bubbles // J. Colloid Interface Sci. — 2005. — Vol. 172, P. 131.
 - [2] YANG C., DABROS T., LI D., CZARNECKI J., AND MASLIYAN J.H. Measurement of the ζ - potential of gas bubbles in aqueous solutions by microelectrophoresis method // J. Colloid Interface Sci. — 2001. — Vol. 243, P. 128.
 - [3] TAKAHASHI M. ζ - potential of microbubbles in aqueous solutions: electrical properties of the gas-water interface // J. Phys. Chem. B. — 2005. — Vol. 109, P. 21858.
 - [4] CHOI W., SHARMA A., QIAN S., LIM G., AND JOO S.W. On steady two-fluid electroosmotic flow with full interfacial electrostatics // J. Colloid Interface Sci. — 2011. — Vol. 357, P. 521.
- 1.27. Грученкова А.А. расчет напряженно-деформированного состояния приемо-раздаточного патрубка с дефектом с целью обоснования возможности его дальнейшей эксплуатации**
- Разработана конечно-элементная модель патрубка ПРП-900 с дефектом металла стенки типа «вмятина» в программном комплексе ANSYS Workbench 12.1. Получены значения эквивалентных напряжений, возникающих в дефектном трубопроводе от эксплуатационных нагрузок. Приведен анализ полученных напряжений в сравнении с допускаемыми значениями — на основе расчетного сопротивления стали. Установлено, что вмятина на трубопроводе вызывает местное возмущение напряжений. Так прирост эквивалентных напряжений в районе максимальной глубины вмятины составил 1,3% по сравнению с окрестностями дефекта. Максимальные значения мембранных, касательных, и эквивалентных напряжений не превышают расчетное сопротивление. Сделан вывод о влиянии выявленного дефекта типа «вмятина» на эксплуатационную пригодность исследуемого трубопровода. Конечно-элементный анализ проведен при заданном расчетном давлении внутри трубопровода ПРП с толщиной стенки, соответствующей фактическому значению. Даны рекомендации по возможности безопасной эксплуатации трубопровода ПРП-900 с дефектом «вмятина на стыке» с размерами 110275 мм, глубиной 7 мм.
- 1.28. Гусев О.И. Моделирование распространения поверхностных волн на вращающейся сфере с использованием полной нелинейно-дисперсионной модели мелкой воды**
- В настоящее время для численного моделирования процессов распространения волн цунами используется, как правило, бездисперсионная модель мелкой воды с гидростатической аппроксимацией давления, в которой не учитывается явление дисперсии волн. Новые натурные данные о сильнейших цунами последних лет свидетельствуют о том, что при длительном движении волн их дисперсия, а также эффекты, обусловленные вращением Земли, могут оказывать заметное влияние на процессы распространения. Полные нелинейно-дисперсионные модели (НЛД-модели) мелкой воды на вращающейся сфере выведены в работах [1, 2], при этом в них использованы различные подходы к выбору скорости приближенной модели. Настоящее исследование посвящено численной реализации модели [1]. Аналогично работе [3], в кото-

рой рассматривался случай плановой НЛД-модели, численный алгоритм для системы НЛД-уравнений на сфере основывается на её расщеплении на гиперболическую и эллиптическую части, которые решаются на каждом шаге по времени поочередно. Гиперболическая часть отличается от бездисперсионной модели мелкой воды первого приближения лишь членами в правой части уравнения движения, связанными с дисперсионной составляющей давления, что позволяет использовать для её решения хорошо зарекомендовавшую себя в этом классе задач схему типа предиктор–корректор. Для аппроксимации эллиптической части относительно дисперсионной составляющей давления в областях сложной конфигурации использован интегро-интерполяционный метод. На тестовых задачах о распространении волн над “ровным” дном путем сравнения с результатами расчетов на основе бездисперсионной модели мелкой воды оценивается вклад частотной дисперсии и эффектов вращения Земли на картину распространения волн. Приводятся также результаты расчетов для акваторий с реальной батиметрией и криволинейной береговой линией сложной формы.

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ (грант № 14-17-00219)

Список литературы

- [1] ФЕДОТОВА З. И., ХАКИМЗЯНОВ Г. С. Уравнения полной нелинейно-дисперсионной модели мелкой воды на вращающейся сфере // ПМТФ. — 2011. — Т. 52, № 6, С. 22–35.
- [2] KIRBY J. T., SHI F., TEHRANIRAD B., HARRIS J. C., GRILLI S. T. Dispersive tsunami waves in the ocean: Model equations and sensitivity to dispersion and Coriolis effects // Ocean Modelling. — 2013. — Vol. 62, P. 39–55.
- [3] ГУСЕВ О. И. Алгоритм расчета поверхностных волн над подвижным дном в рамках плановой нелинейно-дисперсионной модели // Вычисл. технологии. — 2014. — Т. 19, № 6 (в печати).

1.29. Дмитриев В. Л. Мультиагентное моделирование как средство изучения биологических систем

В работе показана возможность использования мультиагентных моделей для изучения динамики функционирования биологической системы, состоящей из двух популяций, в качестве одной из которых выступает хищник (акула), а в качестве другой — жертва (мелкая рыба).

Для описания биологической системы используется двумерная дискретная модель (двумерный клеточный автомат). На основе принятой в работе модели, поверхность моря представляет собой совокупность отдельных квадратных ячеек условных единичных размеров [1]. Каждой такой ячейке может соответствовать акула (значение в ячейке равно 1), мелкая

рыба (значение в ячейке равно 2), либо ячейка может быть свободной (значение в ячейке равно 0).

В качестве параметров, характеризующих изучаемую систему, выступают: начальная численность особей популяций; средняя продолжительность жизни особей обеих популяций; скорость передвижения особей; время и условия, согласно которым особи популяций дают новое потомство; вероятность рождения особей мужского пола; радиус обнаружения (область видимости) акулой мелкой рыбы; критическое количество соседей, при превышении которого особь погибает от перенаселенности (конкуренции); базовое значение энергии для хищника.

Правила поведения в изучаемой системе: каждая особь (как хищник, так и жертва) через определенное время может дать потомство — одну рыбу, возраст которой равен 0 (если соседняя ячейка не занята какой-либо рыбой); с каждой итерацией возраст всех мелких рыб и акул увеличивается на 1, когда возраст особи превышает среднюю продолжительность жизни, особь умирает от старости; мелким рыбам корма всегда достаточно, а акулы поедают только мелких рыб; если для какой-то ячейки, занятой особью, количество соседних ячеек, занятых особями той же популяции больше критического значения, то эта особь умирает от перенаселения (конкуренции, недостатка пищи, и т.д.); на каждой итерации, если акула не съела мелкую рыбу (голодала), величина значения ее энергии уменьшается на единицу, а в случае, если значение энергии акулы падает до нуля, акула погибает от голода; за одну итерацию программы акула может либо переместиться в одну из 8 соседних ячеек, либо остаться на месте; если при перемещении акула попадает в ячейку, занятую мелкой рыбой, то она съедает ее. Представленная мультиагентная компьютерная модель позволяет исследовать совместное сосуществование мелких рыб и акул на одной территории при различных параметрах рассматриваемой системы.

Список литературы

- [1] ДМИТРИЕВ В. Л. Мультиагентный подход к моделированию биологических систем на примере популяций мелких рыб и акул // Современные научные исследования и инновации. — 2014. — №6 [Электронный ресурс] <http://web.snauka.ru/issues/2014/06/34852> (дата обращения: 03.06.2014)

1.30. Долгая А. А. Моделирование временных рядов очагов землетрясений с помощью распределений с тяжелыми хвостами

Исследование посвящено моделированию рядов значений временных интервалов между очагами землетрясений различного магнитудного и временного диапазона, произошедших в разных регионах планеты, с помощью распределений Парето и Вейбул-

ла, относящихся к классу распределений с тяжелыми хвостами [1].

При проведении исследования сначала создается выборка событий, на основании которой формируется экспериментальная последовательность. Затем строится теоретическая последовательность на основании известного закона распределения. Полученные последовательности сравниваются с помощью какого-либо статистического критерия (например, Пирсона).

Результаты сравнения показали, что для всех экспериментальных распределений для сейсмических событий гипотеза об их описании с помощью распределения Пуассона отвергается. Таким образом, можно с уверенностью утверждать, что рассматриваемые потоки сейсмических событий не обладают свойствами простейшего потока событий [2].

Проверка гипотез о распределении Парето и Вейбулла дала более высокие значения уровня значимости. При этом для подавляющего большинства выборок распределение Вейбулла дает лучшее приближение с уровнем значимости в среднем $\alpha \approx 0.15$. Исключение составляет регион Индонезийской островной дуги, для которого наилучшее приближение дает распределение Парето.

Анализ полученных значений коэффициентов распределения Вейбулла показал, что параметр масштаба в билогарифмических координатах прямо пропорционален числу событий в выборке (значение коэффициента корреляции $r = 0.95$) и обратно пропорционален значению максимального временного интервала (значение коэффициента корреляции $r = 0.93$). Для параметра формы таких зависимостей выявить не удалось.

Распределение Вейбулла классически применяется в теории надежности технических систем [1,2]. Применение его для анализа геофизических данных встречается редко, в связи с чем для интерпретации полученных результатов требуется более детальный анализ.

Работа выполнена при финансовой поддержке ДВО РАН (грант 12-III-A-08-164).

Список литературы

- [1] Писаренко В. Ф., Родкин М. В. Распределения с тяжелыми хвостами: приложения к анализу катастроф (Вычислительная сейсмология, Вып. 38). М.: ГЕОС, 2007.
- [2] Учебник по программе STATISTICA / Электронный ресурс. <http://hr-portal.ru/statistica/index.php> (дата обращения: 02.09.2014)

1.31. Дьякова О.А., Борзенко Е.И. Немонотонное скольжение на твердой стенке в задаче о течении вязкой жидкости в прямом канале

Многочисленные экспериментальные и теоретические исследования гидродинамических процессов

показывают, что скольжение полимерной жидкости на твердой стенке может являться основной причиной неустойчивости течения, например, такой как неустойчивость вида «скольжение-прилипание» (stick-slip instabilities) [1].

В настоящей работе исследуется течение вязкой несжимаемой жидкости в плоском канале. Математическая постановка задачи включает уравнения Навье-Стокса и неразрывности [2]. Традиционное условие скольжения Навье предполагает, что касательная скорость на стенке прямопропорциональна касательному напряжению.

В данной работе в качестве граничного условия на твердой стенке используется уравнение немонотонного скольжения [3], заключающееся в наличии трех режимов взаимодействия жидкости с границей с различными коэффициентами скольжения в зависимости от уровня касательных напряжений. При этом существуют участки, когда скорость растет по мере роста напряжений, и участки с обратной зависимостью. На входной границе задается однородный профиль скорости, на выходной – мягкие граничные условия.

Поставленная задача решается численно с помощью конечно-разностного метода. Для нахождения полей скорости и давления в узлах разнесенной сетки используется алгоритм SIMPLE [4].

В ходе работы проведен качественный анализ картины течения с учетом немонотонного скольжения жидкости на твердой стенке, проведены параметрические исследования влияния основных параметров задачи на картину течения. Выявлено существование двух режимов течения: устойчивого и неустойчивого. В первом однородный профиль скорости по мере продвижения вдоль канала перестраивается в параболический, при этом скорость скольжения вдоль стенки в каждом сечении постоянна. Неустойчивый режим характеризуется периодическими колебаниями значений касательной скорости на границе с течением времени.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 12-08-00313а).

Список литературы

- [1] GEORGIU G. C. The time-dependent, compressible Poiseuille and extrudate-swell flows of a Carreau fluid with slip at the wall // J. Non-Newtonian Fluid Mech. — 2003. — № 109, С. 93–114.
- [2] Лойцянский Л. Г. Механика жидкости и газа / Москва: Наука, 1973. — 848 с.
- [3] CHATZIMINAA M., GEORGIU G. C., HOUSIADAS K., HATZIKIRIAKOS S. G. Stability of the annular Poiseuille flow of a Newtonian liquid with slip along the walls // J. Non-Newtonian Fluid Mech. — 2009. — № 159, С. 93–114.

- [4] ПАТАНКАР С. Численные методы решения задач теплообмена и динамики жидкости / Москва: Энергоатомиздат, 1984. — 152 с.

1.32. Ерохин А.П. Применение методов условной оптимизации при сглаживании точно заданных аэродинамических обводов

Работа посвящена сглаживанию аэродинамических профилей, заданных в виде упорядоченного дискретного точечного базиса. Рассматривается задача обеспечения плавного изменения кривизны сглаживаемого обвода [1].

Задача решается методом минимизации квадратичной функции вторых производных в узлах сглаживаемого профиля с ограничениями двух типов:

1. ограничивающие функции, обеспечивающие выпуклость сглаживаемого обвода;
2. ограничивающие функции, обеспечивающие заданное отклонение от координат исходного обвода.

Для представления целевой функции как функции от значений ординат узлов сглаживаемого обвода использованы формулы численного дифференцирования [2]. Применены безразностные формулы, выражающие значения производных через значения функции в пяти точках.

Поскольку исходные координаты точек рассматриваемого профиля лежат в области допустимых значений целевой функции, для нахождения ее минимума применены метод барьерных функций и метод градиентного спуска [3].

Полученный в результате проведенной минимизации профиль имеет существенно меньшие скачки кривизны по сравнению с исходным профилем. Полученное поведение кривизны обвода в инженерной практике считается допустимым.

Помимо этого, дополнительно проведенные исследования показали, что безусловная минимизация целевой функции позволяет получить кривую с монотонно изменяющейся кривизной, однако в рассматриваемом случае это сопровождается нарушением ограничения 1 — на обводе появляется вогнутость.

Список литературы

- [1] Тузов А. Д., Кил Ин Гю. Методика автоматизированного проектирования контуров сложных поверхностей летательных аппаратов с использованием сетки плоских сечений // Прикладная геометрия. — 2009. Вып. 11, № 22, С. 127-142.
- [2] БЕРЕЗИН В. С., ЖИДКОВ Н. П.. Методы вычислений. Т. 1 / М.: Изд-во физико-математической литературы, 1962. — 464 с.
- [3] ПАНТЕЛЕЕВ А. В., ЛЕТОВА Т. А. Методы оптимизации в примерах и задачах: Учеб. пособие / М.: Высш. шк., 2005. — 544 с.

1.33. Есипов Д.В. Связанная задача пороупругости для цементированной скважины

В настоящей работе рассматривается метод конечных элементов для разрешения связанной задачи пороупругости в применении к исследованию прочности цементной оболочки скважины. Модель связанной пороупругости описывается уравнениями статической упругости и одним уравнением диффузии. При этом в уравнениях упругости есть дополнительный член, отвечающий за пороупругое сжатие или расширение, а в уравнении диффузии — за изменение порового давления при изменении во времени шарового тензора деформаций. Считается, что все поперечные сечения скважины одинаковы и уравнения упругости рассматриваются для плоского деформированного состояния. Однако горное давление действующие в поперечной плоскости не является однородным. Отметим, что только уравнение диффузии зависит от времени.

В разработанном численном методе для дискретизации производных по времени используется полностью неявная разностная схема, ввиду ее абсолютной устойчивости. На каждом временном слое уравнения, содержащие производные по пространству, рассматриваются в слабом смысле и решаются методом конечных элементов. Затем, на каждом шаге по времени методом обобщенных минимальных невязок (GMRES) решается результирующая система линейных алгебраических с разными векторами правой части и отыскиваются неизвестные поровое давление, смещения и напряжения. Отметим, что разработанный метод не является консервативным. Численный метод верифицирован на задаче, обладающей радиальной симметрией.

С помощью разработанного метода проведено исследование поведения цементной оболочки ствола скважины при варьировании следующих параметров: физических параметров цемента, давления жидкости в стволе скважины, порового давления в породе и иных геомеханических параметров.

1.34. Ефремов А.А., Карпова Е.Д., Вяткин А.В. Проблемы использования технологии NVIDIA CUDA при реализации вычислительных алгоритмов

Работа посвящена рассмотрению проблем использования технологии NVIDIA CUDA при реализации ресурсоемких вычислительных алгоритмов. В теории, использование графических процессорных ускорителей (ГПУ) общего назначения для ускорения расчетов позволяет достичь значительного прироста производительности вычислений. Тем не менее, особенности аппаратной архитектуры графических процессоров нередко служат причиной обратного явления. При попытке использования ГПУ для научных и практических расчетов вычислитель зачастую сталкивается с минимальным или даже от-

рицательным ускорением. Более того, при детальном сравнении наблюдаются расхождения полученных результатов расчетов на ГПУ и ЦПУ, не связанные с принципами распараллеливания или ошибками реализации.

В данной работе, авторами предпринята попытка описать и структурировать причины возникновения вышеописанных явлений, а также предложить варианты их возможного решения. Несмотря на то, что авторы столкнулись с указанными проблемами при реализации параллельного алгоритма решения уравнения неразрывности модифицированным методом траекторий, схожие проблемы могут возникнуть при использовании ГПУ для ускорения расчетов в гидро- и газодинамике, а также других задач, которые связаны с активным использованием чисел с плавающей точкой.

Среди особенных моментов использования ГПУ для расчетов общего назначения, авторы выделяют следующие:

1. Влияние аппаратной архитектуры ГПУ на точность вычислений.
2. Вычисления на ГПУ в условиях аппаратных ограничений по памяти.

В работе приведены примеры расхождения результатов расчетов на ГПУ и ЦПУ, а также способы решения проблемы нехватки регистровой памяти на ГПУ. Описаны общие подходы, которые используют авторы при адаптации последовательного вычислительного алгоритма к использованию графических ускорителей с поддержкой вычислений общего назначения при помощи технологии NVIDIA CUDA.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (заявка № 14-01-31203).

Список литературы

- [1] Вяткин А.В., Ефремов А.А., Карепова Е.Д., Шайдулов В.В. Параллельная реализация модифицированного метода траекторий для уравнения неразрывности // Седьмая Сибирская конференция по параллельным и высокопроизводительным вычислениям — Томск: Изд-во Том. ун-та, 2014. — С. 5–13.
- [2] WHITENHEAD N., FIT-FLOREA A. Precision & Performance: Floating Point and IEEE 754 Compliance for NVIDIA GPUs NVIDIA Technical White Paper, 2011.
- [3] SANDERS J., KANDROT E. CUDA by Example: An Introduction to General-Purpose GPU Programming / Addison-Wesley, 2010. — 232 p.

1.35. Зимин А.И. Моделирование двухкомпонентной несжимаемой жидкости с переменными вязкостью и плотностью

В настоящее время остается актуальной задача поиска, проведения исследований и численных расчетов новых моделей движения сложных сред в

гидродинамике (таких как, например, многофазные или многокомпонентные среды). Результаты такого численного моделирования могут быть успешно использованы для прогнозирования во многих областях прикладной гидродинамики: метеорологии, водной экологии, океанологии и гидрологии (фильтрация несмешивающихся жидкостей, перенос глиняных и песчаных отложений, воздействие волновых явлений на береговые образования и сооружения и т.д.).

В данной работе рассматривается модель движения двухкомпонентной вязкой несжимаемой жидкости с переменными гидродинамическими параметрами (вязкость, плотность). Эта модель описывается нестационарной системой уравнений Навье–Стокса (с учетом переменной вязкости), уравнением конвекции-диффузии и уравнениями для нахождения вязкости и плотности, зависящими от концентрации. Полученная система уравнений численно решается методом сеток на разнесенных сетках.

Предложены подходы для моделирования задач размыва связного грунта и распространения волн на поверхности вязкой несжимаемой жидкости. Проведены расчеты для двухмерных и трехмерных случаев.

1.36. Игошин Д.Е., Сабуров Р.С. Численное исследование коллекторских свойств пористой среды, моделируемой регулярными упаковками перекрывающихся сфер.

Пористые среды характеризуются несколькими параметрами: проницаемостью, пористостью, насыщенность флюидом — которые имеют широкий диапазон значений. Например, проницаемость горных пород изменяется от 10^{-12} м² до 10^{-16} м². Кроме того, разнообразна их структура. В связи с этим интерес к пористым средам сохраняется долгие годы. Ввиду того, что поровое пространство имеет сложную форму, невозможно получить точное аналитическое решение для течения флюида сквозь пористую среду. Поэтому существуют другие подходы в моделировании пористой среды, которые можно реализовать регулярными упаковками сфер [1] или случайными полями [2]. В [3] был реализован подход с перекрывающимися сферами, что позволяет варьировать просветность и пористость, не меняя характерный размер зерен, а также выявлять влияние микронеоднородностей на характер течения. Зная размеры, форму пор и перепад давления на входе и выходе, можно определить объемный расход флюида, проходящего через неё, а затем проницаемость породы через закон Дарси [4]. Однако форма отдельной поры представляет собой криволинейный многогранник, что не позволяет использовать структурированные сетки. Поэтому были использованы неструктурированные сетки с элементарными объемами в форме тетраэдров. Проведено прямое

численное гидродинамическое моделирование данной задачи. Показано, что с увеличением перекрытия сфер проницаемость быстро уменьшается. Получено хорошее соответствие результатов расчетов аналитической нижней оценке проницаемости [3].

Список литературы

- [1] Хейфец Л.И., Неймарк А.В. Многофазные процессы в пористых средах / М.: Химия, 1982. — С. 29-33.
- [2] Швидлер М.И. Статистическая гидродинамика пористых сред / М.: Недра, 1985. — 288 с.
- [3] Игошин Д.Е., Никонова О.А., Мостовой П.Я. Моделирование пористой среды регулярными упаковками пересекающихся сфер // Вестник тюменского государственного университета. — 2014. — №7, С. 34-42.
- [4] Леонтьев Н.Е. Основы теории фильтрации: Учебное пособие / М.: Изд-во Центра прикладных исследований при механико-математическом факультете МГУ, 2009. — 88 с.

1.37. Идимешев С.В. Модифицированный метод коллокаций наименьших невязок в задачах механики многослойных анизотропных пластин

В работе предложен модифицированный метод коллокаций наименьших невязок (КНН), разработанный для решения жестких краевых задач механики прямоугольных многослойных анизотропных пластин [1]. Модифицированный метод основан на специальном выборе точек коллокаций в корнях полинома Чебышева. Для прямоугольных областей такое расположение точек коллокаций позволяет отказаться от кусочной аппроксимации, характерной для метода КНН [2], и получить решение высокой точности, используя лишь одну аналитическую функцию в виде полинома во всей расчетной области. При этом решение представляется в виде прямого произведения полиномов Лагранжа. Возникающая при реализации метода система линейных алгебраических уравнений, имеет относительно небольшой размер и обращается за приемлемое время, используя прямые методы решения переопределенных систем. На тестовых двумерных задачах с известным аналитическим решением показано, что такой подход при расчете на персональной ЭВМ позволяет получить решение с точностью близкой к машинной. Проведено сравнение характеристик напряженно-деформированного состояния (НДС) в задачах изгиба прямоугольных анизотропных слоистых пластин, полученных в рамках пространственной теории упругости, классической теории пластин Кирхгофа–Лява, теории Тимошенко и теории ломаной линии Григолюка–Куликова. Показано, что для тонких и очень тонких пластин рассчитанные значения характеристик НДС хорошо согласуются

для всех теорий, что позволяет использовать упрощенные теории при решении практических задач. Однако для пластин средней толщины и толстых пластин теория Кирхгофа–Лява и теория Тимошенко искажают характер распределения напряжений и смещений в слоистых конструкциях и необходимо производить расчет НДС либо в рамках теории ломаной линии, либо в рамках пространственной теории упругости.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 13-01-12032-офи_м)

Список литературы

- [1] Голушко С.К., Идимешев С.В., Шапеев В.П. Разработка и применение метода коллокаций и наименьших невязок к решению задач механики анизотропных слоистых пластин // Вычислительные технологии. — 2014. — Т. 19, № 5, С. 13.
- [2] Голушко С.К., Идимешев С.В., Шапеев В.П. Метод коллокаций и наименьших невязок в приложении к задачам механики изотропных пластин // Вычислительные технологии. — 2013. — Т. 18, № 6, С. 31-43.

1.38. Казанцева Т.Е., Ворон Е.С. Колебания ударного осциллятора с одной степенью свободы

В настоящее время методы качественной теории динамических систем широко и эффективно используются для исследования большого количества важных физических явлений. Однако эта теория исключает из рассмотрения многие системы, имеющие большое практическое значение. Это системы, содержащие негладкие функции. Например, электрические цепи с переключателями, системы с трением, многие социально-финансовые системы и т.д. Динамические системы такого рода обладают богатой динамикой, которую невозможно исследовать, пользуясь лишь качественной теорией непрерывных динамических систем.

В работе представлено исследование колебаний ударного осциллятора с одной степенью свободы, которые описываются кусочно-гладкой системой

$$\frac{d^2x}{dt^2} + 2\nu \frac{dx}{dt} + x = \cos \omega t, \quad (1)$$

$$\frac{dx^+}{dt} = -r \frac{dx^-}{dt}. \quad (2)$$

Рассмотрены безударные и ударные колебания осциллятора, а также случай резонанса. Получены условия, при которых происходит периодическое движение.

При определенных условиях в момент достижения частицей ограничителя скорость может стать равной нулю. В таком случае частица не ударяется об

ограничитель, а «проскальзывает». Такую бифуркацию в системе называют бифуркацией касания. Найдены условия, при которых происходит эта бифуркация, построена бифуркационная диаграмма. Также в системе имеет место седло-узловая бифуркация.

Для построения колебаний осциллятора была написана процедура с помощью программного пакета Maple. Входными параметрами процедуры являются: коэффициент вязкого трения ν , частота возмущающей силы ω , коэффициент восстановления r , начальное положение s_0 , начальная скорость v_0 и число итераций n . Процедура позволяет проиллюстрировать различные случаи: затухающие колебания, явление резонанса в системе, периодические колебания.

Более полную картину могло бы дать исследование отображения

$$(s_{i+1}, v_{i+1}) = P(s_i, v_i). \quad (3)$$

Список литературы

- [1] DI BERNARDO M., BUDD C.J., CHAMPNEYS A.R., KOWALCZYK P. Piecewise-smooth Dynamical Systems, 2008.
- [2] КРЫЖЕВИЧ С.Г. Бифуркация касания и хаотические колебания виброударных систем с одной степенью свободы // Прикл. математика и механика. — 2008. — Т. 72, Вып. 4, С. 539–556.

1.39. Канаметова Д.А. Математическое моделирование информационного влияния социальных Интернет-сетей на процесс «цветных» революций

На сегодняшний день уже ни у кого не вызывает сомнения огромная роль социальных интернет-содружеств в критический период исторической и экономической жизни любой страны. Примером сказанному могут служить революции в странах Северной Африки, Ближнего Востока, современная ситуация в Украине.

Распространение некоторой инновационной идеи в социальной интернет сети опишем следующей моделью. Предположим, что:

1. Y — социальная группа, обладающая агрессивными информационными качествами и имеющая определенное политическое задание. X — пользователи сети Интернет, не включая пользователей, входящих в социальную группу Y . Информационная система (в данном случае сеть Интернет) дальше функционирует в реальном времени t , причем $0 < t < T$, здесь T — планируемое время завершения процесса «раскручивания»;
2. во множестве Y в момент времени $t \in [0, T]$ имеется $y = y(t)$, обладающих системной агрессивной информацией S . Пользователи множества X

указанной информацией не обладают, но имеется $x = x(t)$ пользователей, готовых ее воспринимать. Пусть $v = v(t)$ количество пользователей группы Y , не обладающих информацией S ;

3. представители группы Y численностью $y(t)$ в любой момент времени t от начального $t = 0$ до расчетного $t = T$ ведут активную информационную борьбу с $v(t)$ пользователями своей группы и $x(t)$ пользователями X на предмет увеличения численности людей, владеющих информацией S ;
4. действия происходят в среде Ω ;
5. общая численность пользователей среды обитания Ω неизменно на протяжении всего модельного времени t и равна

$$m = x(0) + y(0) + v(0) = x_0 + y_0 + z_0; \quad (1)$$

6. $z(t) = m - x(t) - y(t) - v(t)$ — численность пользователей в среде Ω , изолированных от системы информации S . По изоляции от S будем понимать, когда пользователь удален из среды обитания Ω или полностью воспринял информационную систему S и принял обязательство не вести информационную борьбу с целью увеличения численности пользователей, владеющих S .

Предлагается следующая математическая модель информационное влияние социальных интернет-сетей на процесс «цветных» революций [1]:

$$\frac{dx}{dt} = -\beta xy, \quad (2)$$

$$\frac{dy}{dt} = \beta xy + \delta vy - \gamma y, \quad (3)$$

$$\frac{dv}{dt} = \delta vy, \quad (4)$$

$$\frac{dz}{dt} = \gamma y. \quad (5)$$

Здесь $\beta, \gamma = \text{const}$ — коэффициенты информационного взаимодействия, в интервале времени $dt \equiv \Delta t$ численность пользователей обладающих S покидают, в следствии их изоляции $\gamma y(t)dt$ людей, где $y = \text{const}$ — коэффициент изоляции.

Система (2)–(5) имеет и притом единственное решение.

Список литературы

- [1] НАХУШЕВ А. М. Математические методы и модели в исторических исследованиях / Нальчик, 2012. — 144 с.

1.40. Карнаков П.В., Лапин В.Н., Черный С.Г. Метод объемных маркеров для модели двухфазной несжимаемой жидкости

Многофазные течения и, в частности, течения с подвижной границей раздела фаз играют важную роль в природе и технике [1]. Модели многофазных

течений находят широкое применение при исследовании природных явлений (подводные оползни, перенос донных осадков), в медицине (стратифицированное течение крови в сосудах), в промышленности (течения смесей в трубопроводах, кавитация в турбинах и насосах, фильтрация смесей в породе). Экспериментальное исследование подобного рода задач часто сопряжено со значительными трудностями и затратами, поэтому необходимо использование математических моделей и численных методов описания многофазных течений. На сегодняшний день не существует единого подхода к разработке численных методов решения подобных задач.

Одним из подходов к построению моделей многофазных сред является одножидкостной подход, в котором многофазная среда описывается единой сплошной средой. Свойства этой среды в каждой точке пространства определяются концентрацией входящих в неё фаз. Модель в этом случае состоит из уравнений движения среды (уравнений неразрывности и импульса) и уравнений переноса концентрации фаз. Конечно-разностные методы, часто применяемые для решения уравнений в частных производных, обладают рядом недостатков. Одним из них является численная диссипация (диффузия) решения, которая приводит к «размытию» профиля концентрации при решении уравнения переноса. В связи с этим построение алгоритма, не обладающего свойством численной диффузии, является актуальной задачей и проводится в данной работе.

Рассматривается двумерная модель течения вязкой несжимаемой двухфазной жидкости, состоящая из уравнений Навье–Стокса и уравнения переноса объемной концентрации. Для решения уравнений Навье–Стокса применен метод искусственной сжимаемости [2]. Уравнение переноса решается с помощью метода маркеров [3]. В этом методе переносимая величина описывается набором значений на дискретных маркерах, которые движутся по траекториям жидкости. Преимуществом метода является отсутствие свойства численной диффузии, что обеспечивает сохранение четкости границы раздела.

Результаты работы алгоритма продемонстрированы на двумерных задачах о конвективном переносе и вращении квадрата, задаче о развитии неустойчивости Рэлея–Тейлора.

Список литературы

- [1] A. PROSPERETTI, G. TRYGGVASON. Computational methods for multiphase flow / Cambridge University Press. — 2007. — 470 p.
- [2] ЧЕРНЫЙ С.Г., ЧИРКОВ Д.В., ЛАПИН В.Н. и др. Численное моделирование течений в турбомашинах / Новосибирск: Наука, 2006. — 202 с.
- [3] F. H. HARLOW, J. E. WELCH. Numerical calculation of time-dependent viscous incompressible flow of fluid with free surface // Phys. Fluids. — 1965. — Vol. 8(12), P. 2182-2189.

1.41. Кулярова Л.А. Математическая модель процесса поглощения влаги растением

При моделировании процесса поглощения влаги растением воспользуемся аналогом классической модели «хищник» — «жертва» В. Вольтерра [1].

Пусть функция $u = u(t)$ — биомасса моделируемого растения, выступающая в роли «хищника»; $v = v(t)$ — функция поглощения влаги растением («жертва»); t — астрономическое время. Биологически содержательный смысл имеет следующая модель, устанавливающая системную связь между u и v

$$u' = K\beta uv - \gamma u - \lambda u^2, v' = \alpha v - \beta uv, \quad (1)$$

где $K, \beta, \gamma, \lambda, \alpha$ — известные параметры системы, в частности, α — относительная скорость накопления влаги, βv — количество влаги поглощаемой в 1 гр. за единицу времени. В случае $\lambda = 0$ (1) совпадает с классической вольтерровской моделью «хищник» — «жертва».

При построении математической модели роста урожайности биомассы сельскохозяйственной культуры будем руководствоваться следующими предположениями:

- 1) Функция $u = u(x, y)$ — моделируемая урожайность сельскохозяйственной культуры;
- 2) t — астрономическое время;
- 3) x_1 — фактор влажности почвы в корнеобитаемом слое;
- 4) x_2 — фактор температуры почвы;
- 5) x_3 — фактор густоты стояния растений;
- 6) x_4 — фактор соотношении надземной и корневой массы;
- 7) x_5 — фактор скорости ветра;
- 8) x_6 — фактор вида обработки почвы;
- 9) x_7 — фактор нормы вносимых удобрений;
- 10) x_8 — фактор мощности почвенного слоя, и т.д.

Тогда $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ совокупность условий влияющих в динамике на процесс роста урожайности. Относительная скорость накопления биомассы урожайности $\frac{1}{u} \frac{du}{dt}$ для любого t из множества допустимых значений Ω описывается уравнением вида:

$$\frac{1}{u} \frac{du}{dt} = \varepsilon - \frac{\lambda}{m} \sum_{i=1}^m u(t_i, x) = \varepsilon - \lambda \bar{u}, \quad (2)$$

где ε — коэффициент автоприроста биомассы на стадии экспоненциальной фазы роста, λ — коэффициент учитывающий эффект Ферхюльста, t_i — характерные моменты времени, $i = 1, 2, \dots, m$.

Как известно,

$$\frac{du}{dt} = \frac{\partial u}{\partial t} + \sum_{j=1}^n \dot{x}_j \frac{\partial u}{\partial x_j}, \quad \dot{x}_j = \frac{dx_j}{dt}, \quad j = 1, 2, \dots, n. \quad (3)$$

Учитывая (3) перепишем (2) в виде:

$$\frac{\partial u}{\partial t} + \sum_{j=1}^n \dot{x}_j \frac{\partial u}{\partial x_j} = (\varepsilon - \lambda \bar{u})u, \quad \forall (t, x) \in \Omega. \quad (4)$$

Предположим, что агрометеорологические условия таковы, что $x_j = \exp(\mu_j)$. Здесь μ_j - коэффициент определенного x_j фактора.

Нагруженное уравнение (4) примет вид

$$u_t + \sum_{j=1}^n \mu_j x_j u_{x_j} = (\varepsilon - \lambda \bar{u})u. \quad (5)$$

Для идентификации модели (1) создана ее компьютерная версия в среде C++. Моделировался процесс поглощения влаги кукурузой сорта "Родник - 180 СВ". Экспериментальные данные собраны на базе Научно - экспериментального опытного хозяйства (НЭОХ) ИПМА в 2013 году [2].

Результаты компьютерного моделирования демонстрируют хорошую корреляцию с экспериментальными данными.

Список литературы

- [1] НАХУШЕВ А. М. Уравнения математической биологии / М: Высшая школа, 1995. — 301 с.
- [2] ТАТАРОВА Л. А. К вопросу математического моделирования урожайности сельскохозяйственных культур // Материалы Всероссийской конференции молодых ученых "Современные вопросы математической физики, математической биологии и информатики". — 2014. — С. 114–115.

1.42. Кумыков Т. С. Математическое моделирование кинетики роста градовых частиц с учетом фрактальной структуры облачной среды

Среди известных механизмов электризации гидрометеоров наиболее мощными являются механизмы разделения зарядов, связанные с образованием отложения слоя льда на поверхности тел, помещенных в поток переохлажденного водного аэрозоля [1, 2]. Между тем до сих пор остается неясным основной физический механизм, который лежит в основе разделения зарядов при замерзании переохлажденных облачных капель на поверхности отложения льда.

В данной работе рассматривается простейшая модель грозо-градового облака, в которой в зоне интенсивного роста градовых частиц, значения абсолютной влажности облака ω и скорость восходящего потока W постоянны и изменение размера градин рассчитывается с учетом фрактальности облачной среды.

Предложено обобщенное уравнение, описывающее кинетику роста гидрометеоров с применением аппарата дробного исчисления

$$\lambda \partial_{0t}^\alpha R(t) = \frac{E\omega\gamma}{4\rho_{\text{гр}}} \sqrt{R},$$

где $\partial_{0t}^\alpha R(t)$ - производная по Капуто [3], $\lambda > 0$, R - радиус градины (или частиц крупы), E - интегральный коэффициент коагуляции, $\rho_{\text{гр}}$ - плотность градины, $\gamma\sqrt{R}$ - скорость градины относительно восходящего потока воздуха внутри облака.

Список литературы

- [1] АДЖИЕВ А. Х., ТАМАЗОВ С. Т. Разделение электрических зарядов при кристаллизации капель воды. // Метеорология и гидрология. — 1987. — № 8, С. 57–62.
- [2] ЖЕКАМУХОВ М. К., КАРОВ Б. Г., КУМЫКОВ Т. С. Электризация и пространственное разделение зарядов при выделении пузырьков воздуха в процессе коагуляционного роста градин в облаке. II Генерирование грозового электричества за счет выделения заряженных пузырьков при замерзании переохлажденных облачных капель на поверхности градин // Метеорология и гидрология. — 2008. — № 11, С. 44–52.
- [3] НАХУШЕВ А. М. Дробное исчисление и его применение / М: Физматлит, 2003. — 272 с.

1.43. Кутышцева А. Ю. Численное моделирование процесса протекания тока через гетерогенную среду

Значительной части естественных и искусственных материалов свойственна сложная многомасштабная структура. В ходе различных экспериментов было показано, что такие материалы имеют устойчивые физические характеристики, которые могут значительно отличаться от свойств каждой из отдельных компонент. Такие величины обычно называют эффективными, а процесс их получения — гомогенизацией.

Существует несколько основных подходов к гомогенизации: теоретические оценки, лабораторные эксперименты, численное моделирование. Так как теоретические и лабораторные методы имеют свои ограничения, то рассмотрим численный подход к получению удельного эффективного сопротивления, основанный на моделировании электростатического поля в гетерогенной среде. Для моделирования поля в многомасштабных средах необходимо использовать специальные методы, которые позволяют разделить макро-масштаб скелета материала и микро-масштаб включений (мелких неоднородностей среды). Одним из таких современных методов является гетерогенный метод, предложенный в работе W. E и B. Engquist [1].

Гетерогенный метод содержит два основных этапа: выбор макроскопического решателя и оценивание недостающих макроскопических данных. В зависимости от реализации этих двух этапов формируются различные «модификации» гетерогенного метода. В данной работе рассматривается гетерогенный многомасштабный метод на базе метода конечных элементов. В качестве макроскопического решателя используется метод конечных элементов в симметричной постановке Галёркина. В этом случае недостающими макроскопическими данными является эффективная матрица жесткости. Для её нахождения строятся специальные многомасштабные функции

формы, как решения дополнительных подзадач на конечных элементах грубого разбиения.

Гетерогенный метод позволяет исследовать материалы с включениями различной геометрии и концентрации. В том числе и процессы перколяции (протекания электрического тока, через сложную среду). И наиболее интересным является нахождение порога перколяции. Однако в исследованиях обычно рассматриваются модельные задачи на решетках, или для оценки порога перколяции используются различные аналитические соотношения. Тогда как гетерогенный метод в виду своей параллельности позволяет решать задачу в сложных средах с концентрациями включений достаточными для установления непрерывных путей, а значит и позволяет исследовать порог перколяции на образцах, приближенных к реальным. В данной работе для исследования перколяции рассматривается двумерная задача по определению удельного электрического сопротивления в области с прямоугольными медными включениями.

Список литературы

- [1] E W., ENGQUIST B. The heterogeneous multiscale methods // Commun. Math. Sci. — 2003. — № 1, P. 87–132.

1.44. Куцепалов А.С., Франц Е. Математическое моделирование электрофореза в случае сильного электрического поля.

Постановка задачи. В данной работе исследуется движение проводящей сферической частицы радиуса r в растворе бинарного электролита под действием внешнего электрического поля напряженности E_∞ . Задача описывается системой Нернста-Планта-Пуассона-Стокса. Краевые условия задаются на поверхности частицы и в бесконечно удаленной области. Предполагается, что напряженность поля E_∞ достаточно велика для протекания электрофореза 2-го рода, который не поддается описанию с помощью классической теории электрокинетических явлений.

Изначальная система приводится к безразмерному виду. Безразмерные параметры: напряженность внешнего поля E_∞ , коэффициент сцепления κ между гидродинамикой и электростатикой и число Дебая ν . Система приводится к удобному для решения виду, делаются замены $\eta = \cos\theta$, $\rho = c^+ - c^-$ и $K = c^+ + c^-$, где c^+ и c^- — концентрации катионов и анионов, θ — зенитный угол.

Численный метод. Существуют трудности, осложняющие решение: нелинейная система в частных производных сильно сцеплена; имеется малый параметр ν при старшей производной. Кроме того, на полюсах частицы решение системы имеет особенности. На этапе моделирования был создан алгоритм решения задачи в полной постановке. Были использованы следующие методы:

– по переменной η применялся метод Галеркина; в качестве базисных функций использовались полиномы Лежандра;

– по r использовалась центральная разностная схема второго порядка точности; сетка выбирается либо равномерная, либо сгущающаяся вблизи частицы;

– по времени t использовался полунеявный метод Рунге-Кутты 3-го порядка точности, в котором часть уравнения, содержащая неустойчивость вычисляется неявно, а остальная часть — явно.

Выполнение нелинейных операций производилось квазиспектральным методом. Для этого было разработано преобразование Фурье по указанным полиномам.

Результаты. Анализ расчётов выявил следующие особенности системы:

- чрезвычайно большой градиент концентрации одного сорта ионов (не проходящих через поверхность частицы) в малой окрестности частицы;
- слабое изменение полей концентраций ионов на расстоянии порядка 4-5 радиусов частицы;
- формирование вихрей за частицей, которые возникают из-за неоднородности распределения скоростей скольжения.

Результаты расчетов показали хорошее сходство с теоретическими результатами. В настоящей работе впервые выявлен переход от регулярного течения к хаотическому при достаточно высоких напряженностях внешнего поля.

1.45. Ле Д.Ч., Дмитриева Т.Л. Оптимальное проектирование каркасной металлической конструкции с использованием ПК ANSYS

Поиск оптимальных решений в проектировании инженерных сооружений охватывает широкий спектр направлений, связанных с всесторонним исследованием их напряженно-деформированного состояния. В данной работе рассмотрены возможные варианты решения задачи оптимизации на основе поисковых методов, заложенных в программный комплекс ANSYS. Наиболее полно постановка задачи оптимального проектирования конструкций при статических воздействиях может быть формализована в виде задачи нелинейного математического программирования (НМП). найти

$$\min f(x, P(x)), \quad x \in E^n, \quad (1)$$

при ограничениях:

$$g_i(x, P(x)) \leq 0, \quad j = 1, 2, \dots, m; \quad (2)$$

$$x_i^L \leq x_i \leq x_i^U, \quad i = 1, 2, \dots, n. \quad (3)$$

Здесь $\{X\}$ — вектор варьируемых параметров на интервале $\{X^L\} - \{X^U\}$. Функции ограничений g_i

связаны с варьируемыми параметрами X через параметры состояния $P(x)$:

$$\{P(x)\} = \varphi(\delta, M, Q, N, \sigma), \quad (4)$$

которые определяются решением уравнения состояния системы в линейной постановке

$$[K] \{\sigma\} = \{F\}. \quad (5)$$

Рассмотрим решение задачи оптимизации металлического каркаса, смоделированного в виде пространственной стержневой металлической конструкции в ПК ANSYS методом первого порядка (First Order Method) и методом аппроксимации подзадачи (Subproblem Approximation Method). Сделан сравнительный анализ результатов для разных вариантов задачи. Функции ограничений (2) были заданы на максимальное напряжение в элементах и на перемещение узла верхней части каркаса. Опыт решения задач оптимального проектирования металлического каркаса при помощи программных средств позволил сделать следующие выводы. К особенностям расчета в ПК ANSYS можно отнести отсутствие модуля проверок на основе российских норм в области проектирования (проверки на устойчивость в сжатых элементах и др.). Нет возможности варьировать сечениями соответственно сортаментам. Это обстоятельство делает актуальным разработку отечественных программных комплексов оптимизации.

Список литературы

- [1] ДМИТРИЕВА Т.Л., БЕЗДЕЛЕВ В.В.. Использование многометодной стратегии оптимизации в проектировании строительных конструкций // Известия вузов. Строительство. — 2010. — № 2, С. 90–95.
- [2] ДМИТРИЕВА Т.Л., ЛЕ ЧАН МИНЬ ДАТ. Сравнительная оценка результатов оптимального проектирования ферм с использованием программных средств // Известия вузов. Строительство. — 2014. — № 3, С. 110–117.
- [3] ДМИТРИЕВА Т.Л., ЛЕ ЧАН МИНЬ ДАТ. Оптимальное проектирование пространственной металлической конструкции с использованием ПК ANSYS // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. — 2014. — Vol. 10, Issue 2, P. 79–84.

1.46. Леонова С.И., Вакула И.А., Березин А.А. О построении графиков прокатки

Работа посвящена исследованию задачи построения графиков прокатки партий для непрерывных станов горячей и холодной прокатки в оптимизационной постановке.

График прокатки представляет собой упорядоченный набор партий. Каждая партия p характеризуется геометрическими параметрами (ширина $w(p)$ и

толщина $t(p)$), а так же величиной, описывающей ее полезность (вес $l(p)$). Ограничения на порядок партий в графике прокатки описываются с помощью монотонно неубывающей функции

$r: \mathbf{R}^+ \rightarrow \mathbf{R}^+$ и величины $\delta \in \mathbf{R}^+$.

Партия q может непосредственно следовать за партией p в графике прокатки в том и только в том случае, когда выполнено

1. ограничение "для перехода по толщине":

$$|t_p - t_q| \leq \min\{r(t_p), r(t_q)\};$$

2. ограничение "для перехода по ширине":

$$0 \leq w_p - w_q \leq \delta.$$

В качестве оптимизационного критерия выбрана максимальность суммарной полезности прокатанных партий. На множестве партий, с учетом ограничений на их порядок строится вершинно-взвешенный ориентированный граф. Задача построения графиков прокатки сводится к задаче поиска простой цепи максимального веса в данном графе, которая в общем случае является труднорешаемой. Цепь максимального веса ищется среди максимальных по включению узлов цепей.

Технологические ограничения задают специальную структуру инцидентности в графе прокатных партий. С использованием этой особенности авторами предложен полиномиальный (кубический) алгоритм, строящий оптимальное решение.

1.47. Лиханова Ю.В. Об эволюции конденсата Бозе–Эйнштейна

Конденсат Бозе–Эйнштейна (БЭК) — это агрегатное состояние материи, которое характеризуется тем, что макроскопическое число атомов занимают одно и то же квантовое состояние, т.е. квантовые эффекты проявляются на макромасштабах. Этим объясняется большой экспериментальный и теоретический интерес к исследованию БЭК.

Данная работа была инициирована экспериментальной работой [1], в которой исследовался разлет конденсата после выключения внешнего поля.

На первом этапе для моделирования поведения БЭК было рассмотрено двумерное безразмерное уравнение Гросса–Питаевского

$$i\varepsilon \frac{\partial \psi(\mathbf{x}, t)}{\partial t} = -\frac{\varepsilon^2}{2} \nabla^2 \psi(\mathbf{x}, t) + V_2(\mathbf{x})\psi(\mathbf{x}, t) + k_2 |\psi(\mathbf{x}, t)|^2 \psi(\mathbf{x}, t), \quad (1)$$

где

$$V_2(\mathbf{x}) = \frac{1}{2}(\gamma_x^2 x^2 + \gamma_y^2 y^2).$$

Варьирование параметров ε и k_2 позволяет моделировать БЭК со слабым или сильным (что приводит к появлению сингулярно-возмущенного уравнения) взаимодействием.

Далее, задача разбивается на 2 подзадачи: 1) нахождение стационарного состояния конденсата с включенной удерживающей ловушкой (соответствующе-

го основному состоянию системы) и 2) изучение поведения конденсата после ее выключения.

Для решения первой подзадачи был использован алгоритм с применением мнимого времени (т.е. замены $t \rightarrow it$) [2]. Для решения второй подзадачи был реализован численный алгоритм решения уравнения (1) на основе двухслойной схемы расщепления по направлениям с итерационным уточнением. Было проведено сравнение результатов с результатами работы [3], которое показало хорошее количественное и качественное согласование.

Было получено качественное согласование численных результатов по разлету конденсата с результатами физического эксперимента [1]. Дальнейшее развитие работы включает в себя разработку трехмерной численной модели для изучения БЭК и управления его поведением с количественным и качественным согласованием численных и экспериментальных данных.

Список литературы

- [1] Чаповский П. Л. Бозе-эйнштейновская конденсация атомов рубидия // Письма в ЖЭТФ. — 2012. — Т. 95, № 3, С. 148–152.
- [2] Bao W., Du Q. Computing the ground state solution of Bose–Einstein condensates by a normalized gradient flow // Siam J. Sci. Comput. — 2004. — Vol. 25, No 5, P. 1674–1697.
- [3] Bao W., Jaksch D., Markowich P. A. Numerical solution of Gross–Pitaevskii equation for Bose–Einstein condensation // JCP. — 2003. — Vol. 187, P. 318–342.

1.48. Марков С.И. Математическое моделирование высокоскоростных течений газов в трубопроводе

Активное развитие нефтегазодобывающей промышленности приводит к разрастанию сети трубопроводов для транспортировки жидких и газообразных углеводородов. Проблема эффективной и безаварийной эксплуатации трубопровода в условиях криолитозоны не может быть решена в полном объеме без привлечения аппарата математического моделирования.

Математическая модель высокоскоростного течения газов представляет собой сингулярно-возмущенную задачу, что является причиной неустойчивости большинства вычислительных схем. Поэтому метод решения должен быть естественным образом адаптируем к параметрам физической задачи и отражать сложную структуру процесса.

В настоящей работе приводятся оригинальная вычислительная схема стабилизированного векторного метода конечных элементов на тетраэдрах для решения системы уравнений Навье–Стокса в предположении о несжимаемости газа, результаты математического моделирования течения газ-вых сме-

сей по трубопроводу разной формы, подробные рекомендации по технологии выбора стабилизирующих параметров вычислительной схемы в зависимости от числа Пекле.

Список литературы

- [1] Hallikas J., Kanervirta M. L., Neittaanmäki P. Some problems in connection with the finite element solution of Navier–Stokes equations // Technical Research Center of Finland, Espoo. — 2009. — P. 193–212.
- [2] Girault V., Riviere B., Wheeler M. F. A discontinuous Galerkin method with non-overlapping domain decomposition for the Stokes and Navier–Stokes problems // Mathematics of Computation. — 2005. Vol. 74, P. 53–84.

1.49. Маслова В.Ю., Кадочникова Л.М. Критерии применимости типа геологической модели для расчетов фильтрации в пористой среде

На сегодняшний день наряду со знаниями и опытом разработки в нефтегазовой отрасли, а также смежных отраслях, создание математической модели месторождения стало неотъемлемой частью проекта разработки, поскольку оно позволяет оперативно решать поставленные задачи. Тем не менее, несмотря на накопленный опыт моделирования, все же существует немало вопросов, острота которых со временем все более усиливается. Одна из проблем – определение необходимой степени детализации и, как следствие, выбор самой концепции построения модели. Распространенный случай, когда очень детальная геологическая модель не позволяет воспроизвести динамику фактических показателей разработки, что заставляет искать новые методики построения структурного каркаса.

Целью данного исследования является определение причин «плохой» адаптируемости современных ГДМ, а также поиск методик моделирования, позволяющих воспроизводить более достоверную картину фильтрации.

В качестве альтернативного подхода к построению геологической модели была выбрана концепция эффективного порового пространства [1], в которой моделируются не только породы-коллектора, а также низкопроницаемые породы в разрезе пласта, традиционно относящиеся к неколлекторам. Данный тип пород в разрезе продуктивного пласта обычно не моделируется.

В ходе работы было проанализировано влияние концепции построения геологической модели на качество адаптации гидродинамической модели на историю разработки, а также выделены критерии целесообразного применения концепций в зависимости от коэффициентов песчанистости, расчлененности пласта, проницаемости. Полученные критерии опробованы на реальной модели месторождения

Западной Сибири. Сопоставлены результаты расчетов по разным методикам.

Список литературы

- [1] ЗАКИРОВ С.Н., ИНДРУПСКИЙ И.М., ЗАКИРОВ Э.С., ЗАКИРОВ И.С., АБАСОВ М.Т., ФАХРЕТДИНОВ Р.Н., АНИКЕЕВ Д.П., РОЩИНА И.В., КОНТАРЕВ А.А., СЕВЕРОВ Я.А., РОЩИН А.А., МАМЕДОВ Э.А., БРАДУЛИНА О.В., ЛУКМАНОВ А.Р. Новые принципы и технологии разработки месторождений нефти и газа. Часть 2 / М. Ижевск: Институт компьютерных исследований, НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2009. — 484 стр.
- [2] МАМЕДОВ Т.М., ЛЕВИН Д.Н., САВИЧЕВ К.С. Метод построения геолого-гидродинамических моделей на основе детального выделения литотипов и зависимостей петрофизических параметров от эффективной пористости // Научно-технический вестник ОАО НК «Роснефть». — 2010. — № 1, С. 15–19.

1.50. Мижущина В.А. Численное моделирование механического поведения композита с использованием вероятностного подхода

Современное машиностроение и другие отрасли промышленности немыслимы без композиционных материалов. Композиты, как и любые другие материалы, характеризуются широким набором свойств. При использовании композиционных материалов в качестве конструкционных материалов одной из наиболее важных характеристик является прочность [1]. В связи с этим целью данной работы является проблема прогнозирования прочности волокнистого композита. Для достижения поставленной цели использовался вероятностный подход. Особенностью подхода является использование представления о многоуровневом формировании прочностных свойств материала. Согласно такому подходу оценка прочности базируется на моделировании прочностных свойств представительной выборки объемов материала мезоуровня. В дальнейшем полученные результаты используются для получения вероятностных оценок прочности композита на макроуровне.

Рассмотрен однонаправленный волокнистый композит, в условиях статического одноосного нагружения поперек волокон. Вследствие такого способа нагружения, в материале реализуется плоскодеформированное состояние, что позволяет решать задачу анализа НДС и оценки прочности композиционного материала в двумерной постановке. Задача решалась методом конечных элементов для ряда значений объемных содержаний армирующих элементов [2]. Анализ результатов полученный для мезоуровня позволил построить вероятностные кривые накопления повреждений для каждого из рас-

смотренных модельных материалов. Для оценки макроскопической прочности композитов использовался перколяционный критерий [3].

По итогам проведенной работы показано, что процесс накопления повреждений в композитах с низким объемным содержанием включений начинается при больших значениях деформаций, развивается быстрее и заканчивается при меньших значениях деформаций, по сравнению с плотно наполненными композитами. Также показано, что предельный объем кластера повреждений, варьируется от 30% (при $C = 7\%$) до 55% (при $C = 30\%$). Показано также, что в интервале объемных содержаний включений от 7% до 20% наблюдается рост предельной деформации исследуемых углепластиков, а при более больших объемных содержаниях волокон наблюдается стабилизация предельных значений локальной деформации.

Список литературы

- [1] ПОБЕДРЯ Б. Е. Механика композиционных материалов. / М.: Изд-во МГУ, 1984. — 336 с.
- [2] СЕГЕРЛИНД Л. Применение метода конечных элементов / М.: Изд-во Мир, 1977. — 392 с.
- [3] ТАРАСЕВИЧ Ю. Ю. Перколяция: теория, приложения, алгоритмы / М.: Изд-во Едиториал УРСС, 2002. — 112 с.

1.51. Михайлова Е.И., Шурина Э.П. Решение уравнения Гельмгольца модифицированным неконформным методом Галеркина

В настоящее время во многих приложениях (метаматериалы и композиты, фотонные кристаллы, оптоволокно) возникает необходимость в моделировании трехмерных электромагнитных полей в областях со сложной внутренней структурой: с малыми разномасштабными включениями различной геометрии, обладающими контрастными по отношению к вмещающей среде электрофизическими характеристиками.

Решение таких задач классическими конформными методами [1-2] оказывается затруднительным, так как в частности требует значительного измельчения сетки. Возникает необходимость в разработке неконформных численных схем, обладающих естественным параллелизмом и позволяющих выполнять расчеты на неструктурированных сетках. В работе предлагается специальный неконформный метод моделирования электромагнитного поля в геометрически сложной расчетной области с внутренними границами и контрастными показателями сред в гармоническом режиме. Численная схема построена на основе многомасштабного метода [3], разрывного метода Галеркина [4] и классического векторного метода конечных элементов (МКЭ) на базисах высокого порядка на тетраэдральном конечноэлементном разбиении.

Результаты численного моделирования неконформным методом сравниваются с результатами, полученными векторным МКЭ.

Список литературы

- [1] SEKELJIC N.J., ILIC M.M., NOTAROS B.M. Higher Order Time-Domain Finite-Element Method for Microwave Device Modeling With Generalized Hexahedral Elements // Microwave Theory and Techniques, IEEE Transactions on. — 2013. — Т. 61, № 4, С. 1425–1434.
- [2] YANG P. ET AL. The Application of Higher-Order Basis Functions with Phase Description for Electromagnetic Simulation of Arbitrary Structures // Electromagnetics. — 2013. — Т. 33, № 8, С. 561–574.
- [3] ELLIOTT J.A. Introduction to Multiscale Modelling of Materials // Multiscale Modelling Methods for Applications in Materials Science: CECAM Tutorial, 16-20 September 2013, Forschungszentrum Julich, Lecture Notes. — 2013. — Vol. 19, P. 1–20.
- [4] LANTERI S., SCHEID C. Convergence of a discontinuous Galerkin scheme for the mixed time-domain Maxwell's equations in dispersive media // IMA J Numer Anal. — 2011. — № RR-7634. — pp. 1-26.

1.52. Михайлова Т.А., Мифтахов Э.Н., Мустафина С.А. Компьютерное моделирование процесса эмульсионной сополимеризации на основе метода Монте-Карло

В настоящее время среди синтетических каучуков, которые производятся на отечественных предприятиях, наиболее распространенными являются бутadiен-стирольные каучуки. Но их производство представляет собой сложный процесс, изучение которого упрощается при построении математической модели. Большой интерес представляет статистический подход, основанный на методе Монте-Карло. Его идея основана на методе, предложенном в 1977 году американским физиком Gillespie. Опишем алгоритм в виде последовательности шагов.

Шаг 1. Выпишем кинетическую схему процесса сополимеризации[1]:

Шаг 2. Преобразуем константы скоростей элементарных реакций: $\tilde{k} = k$ для реакций первого порядка; $\tilde{k} = \frac{k}{V \cdot N_A}$ для реакций второго порядка (V – объем реакционной смеси).

Шаг 3. Вычислим скорость каждой реакции:

$R_i = \tilde{k}_i \cdot X_A \cdot X_B$, где \tilde{k}_i – константа скорости i -й реакции, в которой участвуют реагенты A и B ; X_A, X_B – концентрации реагентов (количество молекул).

Посредством их суммирования получим общую скорость реакции: $R_{sum} = R_1 + R_2 + \dots + R_n$,

где n – число элементарных реакций, образующих кинетическую схему процесса.

Шаг 4. Вычислим вероятность осуществления каждой реакции в данный момент времени:

$$p_i = \frac{R_i}{R_{sum}}, \quad i = 1, \dots, n.$$

Очевидно, что $p_1 + p_2 + \dots + p_n = 1$.

Шаг 5. Сгенерируем равномерно распределенное случайное число r на отрезке от 0 до 1 и подберем такое значение k , чтобы имело место неравенство:

$$\sum_{i=1}^{k-1} p_i < r < \sum_{i=1}^k p_i.$$

Следовательно, в результате имитационного выбора должна произойти реакция под индексом k .

Шаг 6. Продолжая рассуждения, аналогичным образом выстроим всю схему проведения реакции.

Список литературы

- [1] MUSTAFINA S.A., MIFTAKHOV E.N., MIKHAILOVA T.A. Solving the direct problem of butadiene-styrene copolymerization // Int. J. Chem. Sci. — 2014. — № 12(2), С. 564–572.

1.53. Нарожнов В.В. Автоматизация измерений акустических сигналов при упругих соударениях зонда с поверхностью твердого тела

В настоящей работе с использованием персональной ЭВМ и цифрового генератора-осциллографа разработан метод автоматизации измерений акустических сигналов, возникающих при ударах колеблющегося зонда о поверхность металлических образцов. Экспериментально было выявлено, что максимальная амплитуда акустических сигналов при малых колебаниях осциллятора прямо пропорциональна силе удара зонда о поверхность образца. Фурье-анализ сигналов показал, что в колебаниях зонда выделяются характерные гармоники, амплитуда которых уменьшается с ростом частоты.

Для интерпретации выполненных экспериментов в качестве простой модели системы «зонд – датчик – образец» предлагается линейная модель двух сталкивающихся шаров с невесомой пружиной между ними. В рамках этой модели показано, что амплитуда и характерная частота акустических сигналов определяются модулем упругости образца и позволяют его идентифицировать. По затуханию акустических сигналов можно судить о вязкостных свойствах исследуемых материалов.

Полученные результаты могут лечь в основу новой неразрушающей методики диагностики вязкоупругих свойств металлов и сплавов. Методика имеет перспективы реализации на базе мультимодового сканирующего зондового микроскопа.

1.54. Нгуен В.Т., Дмитриева Т.Л. Алгоритм решения задачи оптимального проектирования железобетонных конструкций

Железобетонные конструкции в настоящее время широко востребованы и находят активное применение в современном строительстве. Эффективность проектных решений для этих конструкций связана с подбором их геометрии, армированием, назначением физических свойств материала. Решение этой задачи может быть представлено в форме задачи оптимизации конструкции, где оптимальный проект соответствует заданному критерию при выполнении условий, обеспечивающих их надежную работу. Построим математическую модель задачи, а также приведём её алгоритмическую и программную реализацию.

Постановку задачи оптимизации примем в форме задачи нелинейного математического программирования (НМП) [1]. Целевая функция представляет собой приведенный объём железобетонной конструкции плоского каркаса до образования трещин. Рассмотрим алгоритм решения задачи нелинейного математического программирования, реализованный в блоке NMPack [2]. Условно-экстремальная задача (НМП) приводится к задаче на безусловный экстремум с использованием функции Лагранжа, а также её модификации — функции [3, 4].

Основные выводы:

1. Решение тестовой задачи оптимизации железобетонной рамы показало эффективность разработанного алгоритма оптимального проектирования, дающего оптимальный результат на малом числе итераций.
2. Тестирование алгоритма оптимизации путем использования различных начальных точек подтвердило единственность полученных результатов при достаточно высокой скорости сходимости.
3. Принятая модель вычислительного алгоритма оптимального проектирования железобетонных рам обеспечивает независимую работу основных её блоков, что позволяет дополнять каждый блок (например, расширять список проверок в конструктивном расчете железобетонных конструкций).

Список литературы

- [1] ДМИТРИЕВА Т. Л., НГУЕН В. Т. Решение задачи оптимизации при проектировании пластинчато-стержневых железобетонных конструкций // Материалы V Международного симпозиума «Актуальные проблемы компьютерного моделирования конструкций и сооружений». Иркутск. — 2014. — С. 86–87.
- [2] ДМИТРИЕВА Т. Л. Параметрическая оптимизация в проектировании конструкций, подвер-

женных статическому и динамическому воздействию / Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2010. — 176 с.

- [3] БЕРТСЕКАС Д. Условная оптимизация и методы множителей Лагранжа / М.: Радио и связь, 1987. — 400 с.
- [4] ГОЛЬШТЕЙН Е. Г., ТРЕТЬЯКОВ Н. В. Модифицированные функции Лагранжа и методы оптимизации / М.: Наука, 1989. — 400 с.

1.55. Нгуен Д., Чистяков В.Ф. Об одном методе решения краевых задач для систем вырожденных интегродифференциальных уравнений

При анализе сложных электрических и электронных схем часто возникают краевые задачи, описываемые системой интегродифференциальных уравнений (ИДУ) вида:

$$A(t)\dot{x}(t) + B(t)x(t) + \int_{\alpha}^t K(t,s)x(s)ds = f, \quad (1)$$

$$t \in T = [\alpha, \beta]$$

где $A(t)$, $B(t)$, $K(t,s)$ — $(n \times n)$ –матрицы, $\dot{x}(t) = dx(t)/dt$, $x(t)$, $f \equiv f(t)$ — искомая и заданная вектор-функция соответственно, с краевым условием:

$$Cx(\alpha) + Dx(\beta) = a, \quad (2)$$

где C , D — $(m \times n)$ –матрицы, a — заданный вектор. Предполагается, что входные данные достаточно гладкие и выполнено условие

$$\det A(t) \equiv 0, t \in T. \quad (3)$$

где: c_1, c_2, \dots, c_k — векторные коэффициенты, подлежащие определению.

Метод наименьших квадратов часто используется для решения разнообразных задач [1, 2]. В данной работе применен метод наименьших квадратов для нахождения приближения к решению задачи (1), удовлетворяющей условию (2), (3), в виде показательной зависимости:

$$p_k(t) = c_1 e^{\alpha_1 t} + c_2 e^{\alpha_2 t} + \dots + c_k e^{\alpha_k t}, k = 1, 2, \dots, \quad (4)$$

и приведены результаты численных экспериментов.

Список литературы

- [1] ЧИСТЯКОВ В. Ф. Алгебро-дифференциальные операторы с конечномерным ядром / Новосибирск: Наука, Сибирская издательская фирма РАН, 1996. — 278 с.
- [2] ЧИСТЯКОВ В. Ф., ЧИСТЯКОВА Е. В. Применение метода наименьших квадратов для решения линейных дифференциально-алгебраических уравнений // Сибирский журнал вычислительной математики. — 2013. — Р. 81–95.

1.56. Никонова О.А., Игошин Д.Е. Моделирование микронеоднородностей пористой среды периодическими структурами

Описание пористой среды с помощью периодических структур позволяет определить все её основные свойства (пористость, просветность, проницаемость), рассматривая элемент среды в масштабе одной поры. В [1] предложено моделировать зёрна пористой среды регулярными упаковками пересекающихся сфер одинакового радиуса. Были рассмотрены упаковки зёрен в виде двух периодических структур: кубическая примитивная и гексагональная примитивная. Модельный параметр — степень перекрытия сфер — однозначно определяет пористость среды и просветность на любом сечении в поре, которая сильно зависит от положения сечения. Для этих параметров были получены аналитические зависимости. Также были сделаны оценки снизу для проницаемости. Показано что с увеличением перекрытия сфер пористость, просветность и проницаемость уменьшается. Причём для проницаемости зависимость очень сильная. Для обеих упаковок найдены такие значения степени перекрытия сфер, при которых поры оказываются замкнутыми, т.е. пористая среда становится непроницаемой.

Используя описанный выше подход, в докладе рассмотрены ещё две периодические структуры: кубическая объемноцентрированная и кубическая гранецентрированная. Поровое пространство в них имеет существенно более сложную форму, трубки тока становятся извилистыми, что лучше соответствует реальным пористым средам.

Список литературы

- [1] Игошин Д. Е., Никонова О. А., Мостовой П. Я. Моделирование пористой среды регулярными упаковками пересекающихся сфер // Вестник Тюменского Государственного Университета. — 2014. — № 7, С. 34–42.

1.57. Падин Е.А. Численное моделирование процесса вытеснения нефти водогазовой смесью с учетом влияния микропузырьков

Работа посвящена численному исследованию одномерного процесса вытеснения нефти водогазовой смесью с учетом влияния микропузырьков. Рассматриваемая математическая модель предложена в работе [1]. При моделировании вытеснения нефти учитывались эффекты, связанные с образованием микропузырьков в нефти: вспенивающаяся способность микропузырьков, эффект «газовой смазки», изменение вязкости нефти [2].

Рассмотрено несколько постановок задач, построенных на основе сделанных предложений. Решение задач было выполнено методом IMPES (неявный по давлению, явный по насыщенности) [3] в пакете MATLAB. Проведено исследование влияния основ-

ных физических параметров системы на коэффициент вытеснения нефти. Данная постановка сравнивалась со стандартной трехфазной постановкой без учета влияния микропузырьков.

Список литературы

- [1] Михайлов Д. Н. Особенности процесса вытеснения нефти при наличии микропузырьков в фильтрационном потоке // Прикладная механика и техническая физика. — 2012. — № 3, С. 68–83.
[2] Сулейманов Б. А. Особенности фильтрации гетерогенных систем / М.; Ижевск: ИКИ, 2006. — 113 с.
[3] Азиз Х. Математическое моделирование пластовых систем / М.; Ижевск: ИКИ, 2004. — 121 с.

1.58. Переварюха А.Ю. Гибридная модель сценариев развития вспышки численности фитофага

Актуальным является исследование закономерностей развития популяционного процесса при вспышке, установление необходимых условий ее реализации и факторов способствующих затуханию. Математическое моделирование служит средством для построения прогнозов и проверки гипотез о действии взаимосвязей в популяционных процессах, которые на некоторых этапах могут происходить при незначительной плотности особей и оценке пространственно-временных характеристик. Развивающиеся методы нелинейной динамики позволяют рассмотреть поведение сложного процесса с качественными изменениями поведения, что дает возможность расширить возможности математического описания динамики популяций с характерными резкими изменениями состояния и аperiodическими колебаниями с возрастающей амплитудой.

В докладе представлена модель для описания резкого изменения в популяционном процессе вселения насекомого-фитофага вычислительную реализацию непрерывно-событийных динамических систем на основе системы гибридных дифференциальных уравнений, агрегирующих непрерывные и дискретные взгляды на представление модельного времени. По литературным данным известно, что рост в начальный период жизни происходит неравномерно, когда повышенная скорость чередуется с замедленной. Потому мы предлагаем уравнение для скорости размерного развития из ранее разработанной нами модели заменить гибридной структурой с дважды предикативно переопределяемой правой частью:

$$\frac{dw}{dt} = \begin{cases} q, & 0 < t < \tau; \\ \frac{g}{\sqrt{N + \zeta}}, & t > \tau, w(t) < w_{k1}; \\ \eta w(t) - V\sqrt{w(t)}, & w_{k1} < w(t) < w_k; \end{cases}$$

где $[0, \tau)$ – длительность периода развития с линейным коэффициентом q ; w_k – интерпретируется как уровень развития, при достижении которого изменяется характер метаболизма из-за смены характера питания, что влияет на выход из под пресса доминирующего хищника и продолжительность интервала уязвимости. При переходе к третьей модельной стадии развития полагается, что скорость роста не определяется более плотностью и может описываться известным уравнением Л. фон Берталанфи, где коэффициенты анаболизма η и катаболизма V определились для многих видов животных. На первых стадиях жизненного цикла происходит помимо роста формирование систем жизнедеятельности организма, тогда как на последующих рост и половое созревание. Вполне оправдано разделять понятия и соответственного уравнения для условного размерного развития молоди на ранних стадиях онтогенеза и роста уже сформировавшихся особей.

Подобного вида модели рассчитаны на применение в сценарных вычислительных экспериментах, описывающих возможные варианты развития экологической ситуации при различном уровне антропогенного воздействия. В имитационном сценарном подходе наступающие по некоторым условиям логики эксперимента события меняют ход заданного системой дифференциальных уравнений процесса.
Работа выполнена в рамках проекта РФФИ №14-01-31020 Мол_а.

1.59. Полякова А.П. Численное решение задачи по восстановлению потенциальной части трехмерного симметричного 2-тензорного поля, заданного в единичном шаре

В работе предлагается алгоритм численного решения задачи по восстановлению потенциальной части трехмерного симметричного 2-тензорного поля, заданного в единичном шаре, по его известному нормальному преобразованию Радона.

Нормальное преобразование Радона трехмерного симметричного 2-тензорного поля $\mathbf{w} = (w_{ij})$ определяется формулой

$$[\mathbf{R}\mathbf{w}](\xi, s) = \int_{P_{\xi, s}} (w_{ij} \xi^i \xi^j) du dv,$$

где $P_{\xi, s}$ – плоскость, перпендикулярная направлению ξ и отстоящая на расстояние $|s|$ от начала координат; u, v – координаты локальной системы координат, заданной на плоскости $P_{\xi, s}$; по повторяющимся индексам ведется суммирование от 1 до 3. Поскольку соленоидальная часть симметричного 2-тензорного поля лежит в ядре оператора нормального преобразования Радона, мы можем восстановить лишь его потенциальную часть.

Для решения поставленной задачи предлагается использовать подход, основанный на методе усечен-

ного сингулярного разложения. Ранее этот подход использовался для решения задачи двумерной векторной томографии [1], [2].

Построено сингулярное разложение оператора нормального преобразования Радона, действующего на трехмерные симметричные 2-тензорные поля, получена формула для аппроксимации обратного оператора. В исходном пространстве ортонормированные базисы строятся с помощью полиномов Якоби и сферических гармоник. Показано, что соответствующие ортонормированные базисы в пространстве образов строятся на основе полиномов Гегенбауэра и сферических гармоник.

Полученное сингулярное разложение легло в основу алгоритма численного решения задачи по восстановлению потенциальной части трехмерного симметричного 2-тензорного поля по его известному нормальному преобразованию Радона.

Работа проводилась при поддержке РФФИ (проект 14-01-31491-мол_а).

Список литературы

- [1] DEREVTSOV E. Yu., EFIMOV A. V., LOUIS A. K., SCHUSTER T. Singular value decomposition and its application to numerical inversion for ray transforms in 2D vector tomography. // Inverse Ill-Posed Problems. — 2011. — Vol. 19, № 4–5, P. 689–715.
- [2] СВЕТОВ И. Е., ПОЛЯКОВА А. П. Сравнение двух алгоритмов численного решения задачи двумерной векторной томографии. // Сибирские электронные математические известия. — 2013. — Т. 10, С. 90–108.

1.60. Рикун Ю.А. Компьютерное моделирование композита на мезоуровне

Композиты – это материалы, которые широко применяются в современном машиностроении и строительстве. Одним из важнейших конструктивных свойств композиционных материалов является прочность. В настоящее время активно развивается подход к оценке прочности, основанный на методах кластерного анализа, включая решения задачи о перколяции [1].

Целью данной работы является изучение влияния неоднородности структуры армирования на прочность композита. Задача решалась на мезоуровне, в качестве объекта исследования был выбран объем материала, размеры которого значительно больше молекулярных размеров, но значительно меньше типичных размеров изделий из композитов [2]. Моделировались специально сконструированные модели объемов композита, которые имитируют типичные случаи взаимного расположения волокон в малых объемах материала.

Задача решалась для случая статического нагружения материала и упругого поведения компонентов.

Полагалось, что исследуемые объемы находятся в плоско-деформированном состоянии.

Вследствие физической нелинейности для решения рассматриваемой задачи был использован метод пошагового нагружения модельного объема, при этом на каждом шаге по нагрузке нелинейная задача расчета параметров НДС объема заменялась линейной, решение которой выполнялось методом конечных элементов.

Для оценки прочности моделируемых объемов использовался перколяционный критерий. Задача о перколяции решалась для кластера повреждений, в качестве узлов которого принимались точки интегрирования конечных элементов. Для оценки состояния материала в каждом таком узле используется микроуровневый критерий прочности, в качестве которого применяется критерий Цая – Ву. Достоинством критерия Цая – Ву является его возможность учета сложного напряженного состояния [3].

Результаты моделирования показывают, что локальная прочность материала зависит как от взаимного расположения армирующих элементов, так и от их взаимной ориентации по отношению к направлению нагружения. Можно полагать, что локальная прочность в каждом конкретном случае определяется конфигурацией полей растягивающих и сжимающих напряжений, которая обусловлена взаимным расположением концентраторов напряжений в рассматриваемой области.

Список литературы

- [1] АЛЕКСЕЕВ Д. В., КАЗУНИНА А. Г. Моделирование кинетики накопления повреждений вероятностным клеточным автоматом // Физика твердого тела. — 2006. — Т. 48, С. 255–261.
- [2] КОНДАУРОВ В. И. Механика и термодинамика насыщенной пористой среды / М.: Изд-во МФТИ, 2007. — 309 с.
- [3] Композиционные материалы. Том 2. Механика композиционных материалов. Под ред. Дж. Сендецки / М.: Мир, 1978. — 566 с.

1.61. Родионова А. В. Длинноволновая устойчивость течения жидкости на наклонной плоскости в двухслойной системе

В настоящей работе рассматривается совместное стационарное течение двух жидкостей по наклонной плоскости с общей поверхностью раздела. Нижней границей системы является непроницаемая неподвижная твердая стенка, а верхней – свободная граница. Жидкости контактируют по общей поверхности, которая предполагается плоской и недеформируемой. Нижняя плоскость образует угол ϕ с горизонтом. Обе жидкости, заполняющие бесконечные слои постоянной толщины, предполагаются вязкими, теплопроводными, несжимаемыми и несмешивающимися.

В качестве математической модели в работе используются уравнения Навье-Стокса и теплопроводности в приближении Обербека-Буссинеска. Исходная система уравнений допускает решение Остроумова-Бириха [1, 2]. Теоретико-групповая природа этого решения и некоторых его обобщений доказана в [3]. Помимо уравнений, описывающих течение, на твердой границе выполняется условие прилипания и задано линейное, относительно продольной координаты, распределение температуры. На термокапиллярной границе раздела выполняются энергетическое, кинематическое и динамическое условия, а также условия непрерывности скорости и температуры. Вдоль свободной границы задан градиент внешнего давления.

В предположении об однонаправленности течения и линейной зависимости коэффициента поверхностного натяжения от температуры проведена классификация решений. Для каждого класса найдены точные функции скорости, температуры и давления, описывающие рассматриваемое двухслойное течение по наклонной плоскости. В случае твердых границ подобная классификация впервые была предложена в работе [4].

Для исследования устойчивости рассмотрены малые возмущения указанного стационарного течения. С помощью метода линеаризации получена краевая задача для амплитуд нормальных возмущений в безразмерных переменных. Данная задача является задачей на собственные значения относительно комплексного декремента, определяющего временной ход возмущений.

В работе получена длинноволновая асимптотика декремента затухания и доказано, что в нулевом приближении декремент есть чисто мнимое число с отрицательной мнимой частью. Тем самым доказано, что длинноволновые возмущения затухают монотонно.

Кроме того, получены аналитические представления нулевых приближений собственных функций в случае плоских возмущений и определен наиболее опасный механизм возникновения неустойчивости.

Список литературы

- [1] Остроумов Г. А. Свободная конвекция в условиях внутренней задачи / Москва, Гос.издательство технико-теоретической литературы, 1952.
- [2] Бирих Р. В. О термокапиллярной конвекции в горизонтальном слое жидкости // Прикладная механика и техническая физика. — Новосибирск, 1966. — №3, С. 69–72.
- [3] Андреев В. К., Бекежанова В. Б. Устойчивость неизотермических жидкостей // Красноярск. Сибирский федеральный университет — 2010.

- [4] РЕПИН И. В. Стационарные течения двухслойной жидкости: магистерская дис. / Красноярск: КГУ, матем. ф-т, 2003.

1.62. Рыбков М.В., Новиков Е.А. Численный алгоритм построения полиномов устойчивости

При решении систем обыкновенных дифференциальных уравнений широко применяются явные методы типа Рунге—Кутты, поскольку они просты в реализации, легко распараллеливаются и не требуют обращения матрицы Якоби [1]. Однако при интегрировании жестких задач условие устойчивости накладывает сильные ограничения на величину шага интегрирования, что существенно снижает эффективность явных методов. Известно, что функцией устойчивости явного m -стадийного метода типа Рунге—Кутты является многочлен степени m [1]. Поэтому вопрос об устойчивости таких методов сводится к расположению корней многочлена устойчивости в комплексной плоскости.

В [1–2] исследуются алгоритмы построения многочленов устойчивости на основе чебышевского альтернанса. В этом случае метод будет иметь максимальную длину области устойчивости вдоль вещественной оси. В [1] построен алгоритм получения коэффициентов многочленов устойчивости, с помощью которых можно построить явные методы с заданной формой и размером области устойчивости до степени $m = 13$.

Расчеты показали, что коэффициенты многочленов устойчивости убывают с ростом m , и, в частности, при $m = 13$ величина коэффициента порядка 10–26 при наивысшей степени многочлена. Из-за ошибок округления продолжить расчет коэффициентов при $m > 13$ с двойной точностью проблематично.

Чтобы вычислить коэффициенты многочлена устойчивости при более высоких степенях m , был реализован алгоритм с использованием инструментов библиотеки qd [3]. Разработанный алгоритм позволил вычислить коэффициенты многочленов устойчивости до степени $m = 35$. Вычисления проведены с «четверной» точностью. Показано, что форма, размер и структура области устойчивости зависят от расположения корней многочлена устойчивости в комплексной плоскости. Построены оценки, позволяющие определить размер области устойчивости в зависимости от степени многочлена m и порядка соответствующего явного метода. Данные соотношения позволяют заранее, не прибегая к вычислению коэффициентов многочленов устойчивости, оценить размер интервала устойчивости метода.

Показано, что не только порядок точности и количество стадий метода влияют на вид области устойчивости. Нужной формы и размера можно добиться заданием входных параметров построенного алго-

ритма, с помощью которого могут быть получены области устойчивости под конкретный набор задач, если известна информация о примерном расположении собственных чисел матрицы Якоби в комплексной плоскости исходной системы дифференциальных уравнений.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект 14-01-00047).

Список литературы

- [1] НОВИКОВ Е. А. Явные методы для жестких систем / Новосибирск: Наука, 1997. — 197 с.
[2] СКВОРЦОВ Л. М. Простой способ построения многочленов устойчивости для явных стабилизированных методов Рунге—Кутты // Матем. Моделирование. — 2011. — Т. 23, № 1, С. 81–86.
[3] YOZO HIDA, XIAOYE S LI, DAVID H BAILEY. Quad-double arithmetic: algorithms, implementation, and application. Technical Report LBNL-46996 / Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley, CA 94720, 2000. — 28 p.

1.63. Светов И.Е. Численное решение задачи 3D-векторной томографии с использованием метода сингулярного разложения

Разработан и реализован алгоритм численного решения задачи по восстановлению потенциальной части трехмерного векторного поля, заданного в единичном шаре, по его известному нормальному преобразованию Радона.

Оператор нормального преобразования Радона, действующий на трехмерное векторное поле $\mathbf{v} = (v_1, v_2, v_3)$, определяется формулой

$$[\mathcal{R}\mathbf{v}](\xi, s) = \int_{P_{\xi, s}} (v_1 \xi^1 + v_2 \xi^2 + v_3 \xi^3) dx dy.$$

Здесь $P_{\xi, s}$ — плоскость, перпендикулярная вектору ξ и отстоящая на расстояние $|s|$ от начала координат; x, y — координаты локальной системы координат, заданной на плоскости $P_{\xi, s}$. Поскольку соленоидальная часть трехмерного векторного поля лежит в ядре оператора нормального преобразования Радона, мы можем восстановить лишь его потенциальную часть. Отметим работу [1], в которой предложен алгоритм численного решения задачи по восстановлению соленоидальной части трехмерного векторного поля по известному продольному лучевому преобразованию.

Для решения поставленной задачи предлагается использовать подход, основанный на методе усеченного сингулярного разложения, которое было получено в [2]. Ортонормированный базис потенциальных векторных полей строится с использованием полиномов Якоби и сферических гармоник, в то время как соответствующий ортонормированный базис в пространстве образов строится с использованием полиномов Гегенбауэра и сферических гармоник.

Ранее этот подход использовался для решения задачи двумерной векторной томографии [3].

Работа проводилась при поддержке РФФИ (проект 14-01-31491-мол_а).

Список литературы

- [1] СВЕТОВ И. Е. Восстановление соленоидальной части трехмерного векторного поля по лучевым преобразованиям, вычисленным вдоль прямых, параллельных координатным плоскостям. // Сибирский Журнал Вычислительной математики. — 2012. — Том 15, № 3, С. 329–344.
- [2] ПОЛЯКОВА А. П. Восстановление потенциальной части трехмерного векторного поля, заданного в единичном шаре, по его известному нормальному преобразованию Радона. // Вестник НГУ. Серия: математика, механика, информатика. — 2013. — Том 13, № 4, С. 119–142.
- [3] СВЕТОВ И. Е., ПОЛЯКОВА А. П. Сравнение двух алгоритмов численного решения задачи двумерной векторной томографии. // Сибирские электронные математические известия. — 2013. — Том 10, С. 90–108.

1.64. Семисалов Б.В. О достижении машинной точности при численном решении краевых задач Неймана–Дирихле

Построение численных алгоритмов повышенной точности и устойчивости является ключевым пунктом при решении сложных вычислительных проблем различных областей науки и техники. В этом контексте достижение точности арифметики ЭВМ при использовании любых типов действительных чисел (float, double, quadruple и других) является тем идеалом, к которому должен стремиться каждый специалист по вычислениям. Конструирование алгоритмов, позволяющих получить такую точность при решении краевых задач для уравнений в частных производных, наталкивается на ряд фундаментальных проблем:

— метод приближения, используемый для аппроксимации решения, должен иметь максимальный порядок точности;

— задача линейной алгебры, которая соответствует исходной краевой задаче, должна быть хорошо обусловленной;

— алгоритм должен обладать максимальной скоростью сходимости при использовании минимального объема памяти.

Выполнение таких требований необходимо для корректного решения многих классов сложных вычислительных проблем: задач с малыми параметрами и большими градиентами, задач оптимизации, многомерных (4D–10D) задач и других.

Отметим, что большинство существующих численных методов не удовлетворяют перечисленным требованиям. Например, метод конечных разностей с трёхточечной аппроксимацией второй производной

для решения уравнения Пуассона в кубе с точностью в 16 знаков (double) требует порядка 10^{24} операций и $10^{24}s$ байт памяти, где s — объём памяти, занимаемый одним числом double. Очевидно, что даже мощнейший из современных суперкомпьютеров с такой задачей не справится.

В работе предлагается новый подход к численному решению краевых задач Неймана–Дирихле на основе нелокальных аппроксимаций неизвестных функций полиномами с узлами в нулях многочленов Чебышёва. Такой подход основан на идеях схем без насыщения [1] и спектральных методов [2], получивших развитие в работе автора [3].

Предложенный подход апеллирует к фундаментальному свойству рассматриваемых задач — информации о гладкости их решений и для любой степени гладкости r (в том числе $r = \infty$) позволяет получить асимптотику погрешности наилучшего приближения n^{-r} в супремум норме, где n — количество узлов интерполяции. Замечательным свойством предложенного подхода является возможность контроля погрешности (численной устойчивости) вычислений на основе анализа разложений матриц, аппроксимирующих производные.

Реализованный алгоритм позволяет достичь машинной точности только в случае высокой гладкости искомых решений и в областях канонической формы. В докладе намечены пути развития описанных идей для решения задач с потерей гладкости искомых функций в областях сложных форм.

Список литературы

- [1] БАБЕНКО К. И. Основы численного анализа / М.; Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2002.
- [2] BOYD J. Chebyshev and Fourier Spectral Methods. Sec. Ed., University of Michigan, 2000.
- [3] СЕМИСАЛОВ Б. В. Нелокальный алгоритм поиска решений уравнения Пуассона и его приложения // Выч. мат. и мат. физ. — 2014. — Т. 54, № 7, С. 1110–1135.

1.65. Сильченко П.Н., Кудрявцев И.В., Михнев М.М., Гоцелюк О.Б. Проблема обеспечения надежности конструкций волноводно-распределительных систем космических аппаратов связи

Работоспособность волноводно-распределительных систем космических аппаратов связи в течение гарантированного срока активной эксплуатации оценивается различными показателями надежности. Одним из них является заданное значение вероятности безотказной работы [1].

Конструкция волноводно-распределительной системы состоит из отдельных участков в виде последовательного соединения тонкостенных элементов муфтой при помощи пайки, либо фланцами путем

болтового соединения. Нарушение условия прочности или герметичности в любом соединении может вызвать отказ в работе не только рассматриваемого участка волновода, но и нарушить работоспособность системы связи всего спутника.

С точки зрения теории надежности, последовательное соединение соединяемых элементов волновода означает, что общая надежность такой механической системы будет определяться произведением надежности всех соединений. В связи с этим, к показателям надежности каждого паяного шва или болтового соединения волновода будут предъявляться повышенные требования.

Оценить надежность соединения возможно с помощью значения вероятности безотказной работы, величина которой определяется на основе сравнения действующих напряжений с допускаемыми, а также с учетом их статистического разброса. Для оценки уровня напряжений в тонком паяном шве используется разработанная нами методика, позволяющая оценивать напряженно-деформированное состояние волновоодно-распределительной системы в целом и выделять любые локальные области для расчета с требуемой точностью, в том числе и тонкого паяного шва [2]. Все этапы расчета автоматизированы и реализованы в программе на ЭВМ [3].

Список литературы

- [1] БАЖЕНОВ Ю.В. Основы теории надежности машин / Изд-во Владим. гос. ун-та, 2006. — 160 с.
- [2] Сильченко П.Н., Кудрявцев И.В., Михнев М.М., Наговицин В.Н. Методика расчета напряженно-деформационного состояния волновоодно-распределительных систем космических аппаратов // Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Техника и технологии. — 2012. — № 2, С. 150-161.
- [3] ТЕСТОЕДОВ Н.А., Сильченко П.Н., Кудрявцев И.В., Михнев М.М., Халиманович В.И., Наговицин В.Н., Гоцелюк О.Б., БАРЫКИН Е.С. Статический анализ прочностных параметров складчатых тонкостенных оболочечных конструкций волноводов с замкнутым поперечным сечением // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2012661200, дата регистрации 10.12.2012.

1.66. Сокуров А.А. О математической модели малой лежащей капли

Рассматривается трехфазная система, находящаяся в состоянии термодинамического равновесия. Она состоит из капли жидкости, однородной плоской подложки и паровой фазы. Актуальной задачей является анализ и расчет равновесной формы лежащей капли с целью определения критического угла смачивания и поверхностного натяжения жидкости. Для капель малых размеров (порядка 100 нм в диаметре) поверхностное натяжение σ на границе

раздела жидкой и газообразной фаз нельзя считать постоянной величиной. Зависимость поверхностного натяжения от средней кривизны разделяющей поверхности определяется по формуле [1]:

$$\sigma = \frac{\sigma^\infty}{1 + \delta \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)}, \quad (1)$$

где δ — толщина поверхностного слоя (длина Толмена), σ^∞ — поверхностное натяжение плоской границы, R_1 и R_2 — два главных радиуса кривизны поверхности раздела фаз.

С учетом (1) профиль лежащей капли описывается следующей системой нелинейных дифференциальных уравнений первого порядка [2]:

$$\begin{cases} \frac{dx}{d\varphi} = \frac{[1 - \delta(\lambda + cz)] x \cos \varphi}{x(\lambda + cz) - [1 - \delta(\lambda + cz)] \sin \varphi}, \\ \frac{dz}{d\varphi} = \frac{[1 - \delta(\lambda + cz)] x \sin \varphi}{x(\lambda + cz) - [1 - \delta(\lambda + cz)] \sin \varphi}, \end{cases} \quad (2)$$

где $\lambda = \frac{P_0}{\sigma^\infty}$, P_0 — давление в алекске капли, σ^∞ — поверхностное натяжение плоской границы; $c = \frac{\Delta \rho g}{\sigma^\infty}$ — капиллярная константа, $\Delta \rho$ — разность плотностей жидкой и газообразной фаз, g — ускорение свободного падения; φ — угол между касательной к профилю и горизонталью; δ — толщина поверхностного слоя (длина Толмена); (x, z) — координаты точки на профиле капли.

В данной работе проведен качественный анализ системы (2). С использованием пакета прикладных программ Matlab проиллюстрировано влияние параметра, отвечающего за размерный эффект, на форму капли.

Список литературы

- [1] РЕХВИАШВИЛИ С.Ш., Кишტიкова Е.В. О размерной зависимости поверхностного натяжения // ЖТФ. — 2011. — Т. 81, № 1, С. 148–152.
- [2] СОКУРОВ А.А., РЕХВИАШВИЛИ С.Ш. Математическое моделирование равновесных капиллярных поверхностей с учетом размерной зависимости поверхностного натяжения // Конденсированные среды и межфазные границы. — 2013. — Т. 15, № 2, С. 173–178.

1.67. Соловьев А.А. Специализированные программные системы в решении задач анализа цифровых изображений

Разработка научных и технических приложений, относящихся к различным областям знаний, может приводить к простым по постановке, но чрезвычайно сложным в решении вероятностно-комбинаторным задачам. Одним из подобных примеров является задача оценки надежности считывания случайных дискретных полей и цифровых

изображений с помощью интеграторов, обладающих несколькими пороговыми уровнями. Общее решение этой задачи в виде точных аналитических формул, отвечающих за вероятность безошибочного считывания, к сегодняшнему дню не найдено (такие соотношения известны лишь для простейшего однопорогового считывания [1], кроме того, известны некоторые асимптотические соотношения [2]).

Из-за сложностей, возникающих при попытке найти замкнутые аналитические соотношения для вероятности безошибочного считывания дискретных полей и цифровых изображений, когда такое считывание осуществляется с помощью многопороговых интеграторов, нами были предприняты усилия по поэтапному решению сформулированной задачи. Первым и важнейшим этапом являлось нахождение широкого набора аналитических формул, дающих решение задачи в частных случаях. Для достижения этой цели были разработаны специализированные методы, основанные на программном проведении аналитических преобразований.

Вторым ключевым моментом являлось то, что разработанные программные системы были реализованы на специализированных вычислительных кластерах с использованием параллельных вычислений, поскольку в большинстве случаев получить частные решения за разумное время на стандартном (пусть даже высокопроизводительном) персональном компьютере не представлялось возможным.

На основе частных решений, полученных с помощью ЭВМ, были найдены и доказаны новые общие формулы, отвечающие за вероятность безошибочного считывания случайных дискретных полей и цифровых изображений [3].

Разработанные программные системы могут быть использованы как для решения задач, связанных с анализом случайных дискретных полей и цифровых изображений, так и для решения различных задач, связанных с аналитическим расчетом многомерных интегральных выражений. Работа является примером успешного использования компьютера не только в качестве мощного вычислителя, но также в роли интеллектуального помощника, оснащенного инструментом для проведения трудоемких аналитических преобразований.

Список литературы

- [1] PARZEN E. Modern Probability Theory and Its Applications / John Wiley and Sons, Inc., New York-London, 1960.
- [2] Ефимов В. М., Искольдский А. М., Лившиц З. А., Крендель Ю. М. О характеристиках различных методов считывания изображений дискретных структур // Автометрия. — 1973. — № 1.
- [3] Резник А. Л., Ефимов В. М., Соловьев А. А., Торгов А. В. О безошибочном считывании случайных дискретно-точечных

полей // Автометрия. — 2012. — Т. 48, № 5, С. 93–103.

1.68. Субботина В.И. Математическая модель управления запасами водохранилища

При планировании цепочек поставок важно прогнозировать изменения на рынке в целях поддержания такого уровня запасов, который способен удовлетворить спрос клиентов при возможных колебаниях системы, вызванных неопределенностью спроса и задержками в поставках. [1]

Пусть $Q(t)$ – уровень запасов в хранилище в момент времени t , который непрерывно пополняется с некоторой постоянной скоростью c_0 . В систему поступают запросы на ресурс, моменты которых образуют пуассоновский поток с интенсивностью λ . Величины запросов – независимые одинаково распределенные случайные величины с известными первым и вторым моментами: a_1 и a_2 соответственно.

Модель имеет широкое применение, например, для систем водохранилищ.

В работе предлагается следующее управление: если уровень запасов выше некоторого базового уровня запасов $Q_{max} - Q_0$, мы начинаем сброс ресурса со скоростью c_1 для предотвращения переполнения, где Q_{max} – объем хранилища. Предполагается, что сброс ресурса непрерывный. Цель – стабилизировать процесс в стационарном режиме при фиксированных вероятностях переполнения и опустошения хранилища. [2]

В работе найдены основные характеристики процесса $Q(\cdot)$, получены формулы для вероятностей переполнения и опустошения.

Построена имитационная модель системы водохранилища с релейным управлением для следующих параметров: $Q_{max} = 4$, $Q_0 = 2,53$, $a_1 = 0,5$, $a_2 = 0,4$. Если объем ресурса ниже критического уровня, то предполагается, что система функционирует нормально: постоянно поступает ресурс со скоростью $c_0 = 1$ и случайные запросы на него с интенсивностью $\lambda = 1$. Условие $c_0 > a_1\lambda$ означает, что в среднем уровень воды будет пополняться. В случае, когда объем ресурса достигает критического уровня, в системе происходит сброс со скоростью $c_1 = 0,82$, то есть объем воды в водохранилище начинает в среднем уменьшаться, что следует из условия $c_0 - c_1 > a_1\lambda$.

Качество имитационной модели оценивалось на основе сравнения математического ожидания рассчитанного аналитически и рассчитанного по результатам имитационной модели. Относительная ошибка по трем реализациям составила 4,4%.

Результаты имитационного моделирования показывают, что предложенный подход к управлению, позволяет контролировать процесс $Q(\cdot)$, путем регулирования величины Q_0 и скорости сброса ресурса, а так же достичь необходимых значений вероятностей

переполнения и опустошения.

Работа выполнена в рамках государственного задания No.1.511.2014/К Министерства образования и науки Российской Федерации

Список литературы

- [1] DONG HAI ZHENG HAO, LI YAN PING Model Predictive Control for inventory Management in Supply Chain Planning // *Procedia Engineering*. — 2011. — Vol. 15, P. 1154–1159.
- [2] KITAEVA A.V., STEPANOVA N.V. Linear On/Off Inventory Control // *Proceedings, 15th Applied Stochastic Models and Data Analysis (ASMDA2013) International Conference, Mataro(Barcelona), Spain*. — 2013. — P. 497–504.

1.69. Терехов Л.С., Лаврухин А.А. Анализ, подготовка данных и вычисление как единый и единовременный процесс

Постулированное ранее динамическое соотношение неопределённостей классической физики [1, 2] приводит к алгоритму, позволяющему минимизировать как погрешности измерений, так и погрешности компьютерных вычислений.

Получено неожиданное следствие объединения принципа физики с интервальными методами вычислений. Найденный алгоритм объединяет анализ, подготовку данных, а также и решение вычислительной задачи для интегрируемой в квадрате одномерной функции с шумом в единый и единовременный процесс [3].

Найденный вычислительный алгоритм алгоритмически идентичен алгоритму измерительному. Измерительный алгоритм имеет экспериментальное подтверждение в ионосферных измерениях [4].

Пример работы алгоритма при решении задачи Коши методом Рунге-Кутты для одной быстро убывающей функции показал следующее. Число шагов уменьшено в 1,4 раза, а ошибка - в 2,2 раза по сравнению с классическим адаптивным итерационным выбором оптимального шага, который применяется в методе Рунге—Кутты [3].

Из динамического постулата следует, что при натурном измерении и численном (компьютерном) вычислении энергия проявляет два своих качества: одно — известное — обеспечивает саму возможность проведения процессов измерения и вычисления как процессов физических; другое — неожиданное, и в теории информации новое — энергия оказывается источником неустраняемого систематического компонента неопределённости как в измерениях, так и в численных вычислениях.

Список литературы

- [1] ТЕРЕХОВ Л. С. Ошибки измерения при импульсном радиозондировании слоя плазмы // *Исследования по статистической радиотехнике, дифференциальным уравнениям и алгебре: Сбор-*

ник научных трудов ИИТПМ. — 1992, Омск. — С. 45–57.

- [2] ТЕРЕХОВ Л. С. О полной погрешности радиоволновых измерений неоднородного слоя плазмы // *Геомагнетизм и Аэронавигация*. — 1998. — Т. 38, № 6, С. 142–148.
- [3] ТЕРЕКHOV L. S., LAVRUKHIN A. A. On affinity of physical processes of computing and measurements // *Book of abstracts of 15th GAMM-IMACS International Symposium on Scientific Computing, Computer Arithmetics and Verified Numerics*. — 2012. — P. 182–183.
- [4] ПИГГОТ В. Р., РАВЕР К. Руководство URSI по интерпретации и обработке ионограмм / М.: Наука, 1977.

1.70. Урманцева Н.Р. Математическое моделирование гидродинамических процессов крови головного мозга

Проведен обзор современных подходов к моделированию функционирования кровеносной системы [1]. Представлена разработанная математическая модель, в которой теория гидродинамики используется для визуализации кровотока в сосудах головного мозга, а теория некорректных задач применяется для реконструкции трехмерной картины течения при помощи ЭВМ на основании серии томографических снимков.

Настоящее исследование посвящено анализу математических задач теории переноса в разветвленной системе сосудов человеческого мозга и выявлению взаимосвязи осцилляционных электромеханических явлений на поверхности (границе) тела с гидродинамикой сосудов, а также визуализации гидродинамических процессов мозга.

Для моделирования динамики жидкости в сосудах с подвижными границами используется модель несжимаемой жидкости Навье-Стокса.

Для реконструкции течения используется связь динамики границы с картиной течения V в предположении его потенциальности, т.е. $V = \text{grad } \Phi$. В этих условиях для определения Φ решается краевая задача с граничными условиями второго рода (задача Неймана) для уравнения Лапласа. В качестве теста рассматривается модельная задача для прямоугольного параллелепипеда с подвижными границами [2, 3].

Решаемая задача приобретает статус обратной, поскольку по динамике стенок (границ) сосудов необходимо восстановить картину течения по ним крови [4].

При решении задачи исследования массив снимков, полученных при магнитно-резонансной или компьютерной томографической ангиографии, может быть использован в качестве исходных данных для реконструкции трехмерной модели картины течения при помощи ЭВМ [5].

Сформированная математическая модель даст возможность не только визуализировать движение крови по сосудам, но и расширить базу знаний о кровеносной системе, которые возможно будет получать, не прибегая к трудоемким натурным экспериментам.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, грант № 14-01-00478.

Список литературы

- [1] ПЕТРОВ И. Б. Математическое моделирование в медицине и биологии на основе моделей механики сплошных сред // Труды МФТИ. — 2009. — Т. 1, № 1, С. 5–16.
- [2] САМАРСКИЙ А. А. Теория разностных схем / М.: Наука, 1977. — 654 с.
- [3] ГОДУНОВ С. К., РЯБЕНЬКИЙ В. С. Разностные схемы / М.: Наука, 1973. — 439 с.
- [4] ТИХОНОВ А. Н., АРСЕНИН В. Я. Методы решения некорректных задач / М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1979. — 285 с.
- [5] ГАЛКИН В. А., ГАЛКИНА И. В., ГАЛКИН А. В., ЗДОРОВЦЕВ П. А., КУЧЕРОВ А. А., ОСЕЦКИЙ Д. Ю. Современные технологии математического моделирования биологических систем // Труды регионального конкурса проектов фундаментальных научных исследований, АНО "Калужский региональный научный центр им. А.В. Дерягина вып. 18.

1.71. Филина М.В. Алгоритмы точного вычисления распределений статистики Пирсона и результаты численных экспериментов

В работе проводится исследование точных распределений статистики Пирсона для различных полиномиальных схем, в том числе для нецентрального случая.

Как известно, распределение статистики Пирсона с числом исходов N и числом испытаний T , стремящимся к бесконечности, обычно аппроксимируется распределением χ^2 с $N-1$ степенями свободы. В работе [1] приведен способ вычисления точных распределений разделимых статистик, который был реализован для случая статистики Пирсона в виде программ на языке C++.

Алгоритм позволяет за приемлемое время вычислять распределение для равновероятного случая с числом исходов до нескольких сотен и числом испытаний до нескольких тысяч (ограничения связаны с размером памяти для хранения массивов данных). В неравновероятном случае с рациональными вероятностями исходов размеры допустимых параметров в несколько раз меньше. Неравновероятный случай с произвольными вероятностями исходов сложнее в реализации ввиду многократного увеличения

объема необходимой оперативной памяти для счета. Также был рассмотрен случай нецентрального распределения статистики Пирсона, когда реальные вероятности исходов отличаются от теоретических. Некоторые результаты исследования точности аппроксимации распределения статистики Пирсона распределением хи-квадрат были опубликованы в [2, 3].

Вычислительные эксперименты выявили некоторые интересные свойства разности между точной функцией распределения статистики Пирсона и соответствующей функцией распределения хи-квадрат:

- в графиках разностей проявляется «затухающая волна» с двумя локальными максимумами и двумя локальными минимумами;
- максимальные значения разности приблизительно обратно пропорциональны T ;
- при значениях аргумента, соответствующих квантилям, близким к 1, величины хвостов распределения статистики Пирсона оказываются больше соответствующих хвостов распределений χ^2 (при некоторых сочетаниях параметров — в разы);
- при фиксированном параметре нецентральности семейство точных функций распределений статистики Пирсона оказывается довольно широким, и аппроксимация функцией нецентрального распределения хи-квадрат или функцией нормального распределения (см. [4]) может оказаться неудовлетворительной.

Теоретическое обоснование экспериментальных результатов пока не получено. Алгоритмы точного вычисления функции распределения статистики Пирсона можно использовать для уточнения выбора ее критических значений.

Список литературы

- [1] ЗУБКОВ А. М. Методы расчета распределений сумм случайных величин. // Труды по дискретной математике — т. 5 — М.: Физматлит, 2002. — С. 51–60.
- [2] FILINA M. V., ZUBKOV A. M. Exact computation of Pearson statistics distribution and some experimental results. // Austrian Journal of Statistics. — 2008. — Vol. 37, No 1, P. 129–135.
- [3] FILINA M. V., ZUBKOV A. M. Tail Properties of Pearson Statistics Distributions. // Austrian Journal of Statistics. — 2001. — Vol. 40, No 1&2, P. 47–54.
- [4] BROFFITT J. D., RANGLES R. H. A Power Approximation for the Chi-Square Goodness-of-Fit Test: Simple Hypothesis Case. // JASA. — 1977. — Vol. 72, No. 359, P. 604–607.

1.72. Филина М.П., Якутенок В.А., Пономарева М.А. Непрямой метод граничных элементов для моделирования течений неньютоновской жидкости со свободной поверхностью

Работа посвящена разработке варианта непрямого метода граничных элементов [1] для моделирования класса задач о течении неньютоновской жидкости со свободной поверхностью в поле силы тяжести. Для решения системы нелинейных алгебраических уравнений применяется метод простой итерации. Данный метод требует значения источников на граничных элементах и внутри области. Заданные граничные условия и поле вектора скорости, известное с предыдущей итерации, позволяют получить неизвестные значения источников на границе. Интегралы по границе вычисляются аналитически. Для вычислений интегралов по области используются стандартные квадратурные формулы Гаусса. Внутренние источники вычисляются численно с применением конечно-разностных схем. Анализ сходимости применяемого метода представлен для широкого диапазона показателя нелинейности ($0.2 < n < 1.2$).

Проведено исследование заполнения канала степенной жидкостью. Построены установившиеся формы свободной поверхности. Полученные результаты в сравнении с данными имеющимися в литературе показали хорошую согласованность. Расчеты проведены на суперкомпьютере СКИФ «Cyberia» Томского государственного университета с привлечением средств высокопроизводительных вычислений OpenMP и LAPACK из Intel Math Kernel Library. Работа выполнена при финансовой поддержке Гранта Президента РФ (МК-3687.2014.1) и РФФИ (№ 14-08-31579 мол_а, № 12-08-00313а).

Список литературы

[1] BREBBIA C. A. The Boundary Element Method for Engineers / London: Pentech Press, 1978.

1.73. Хлестунов М.А. Аппроксимация финансовых рядов полиномами 1 и 2 степени

Работа посвящена одному разделу прикладной математики, касающийся как нелинейных динамических методов, так и анализа финансовых рядов. Этот раздел является весьма важным, поскольку имеет определяющее прогностическое значение во многих областях человеческой деятельности, том числе и в экономике.

В данной работе предлагается провести такое преобразование финансового ряда, при котором рассчитывался бы на определенном отрезке уровень отклонения от максимально заданной погрешности. Это дало бы возможность определить переходные точки, для построения новой аппроксимационной линии на последующем отрезке. Такая аппроксимация, по мнению автора, даст возможность постро-

ения линейной и нелинейной модели финансового ряда.

В предыдущей работе была предпринята попытка использования линейной аппроксимации, а в данном исследовании используется аппроксимация 2го порядка. В работе был рассмотрен многочлен 2ой степени.

Алгоритм параболической аппроксимации сводится к тому, что берется участок из N точек, затем вычисляются расчетные коэффициенты и высчитывается среднеквадратическая погрешность. В случае, если максимально заданная погрешность превышает среднеквадратическую, то к текущему интервалу добавляется еще одна точка ($N+1$) и расчет повторяется. В обратном случае считается, что данный участок закончен и начинается следующий. Каждый следующий участок берется от конца предыдущей линии, образуя непрерывный тренд.

Данная методика может являться базой для поиска повторяющихся шаблонов финансового ряда или может быть исходными данными для исследования финансовых рядов, например, с помощью нейросетей.

Исследования производились с использованием среды терминала MetaTrader, поскольку терминал снабжен конструктором стратегий, базирующимся на Си-подобном языке MQL4. Тем самым, программные модули, созданные в этой среде, позволяют оперативно проверить качество предлагаемых моделей визуально.

1.74. Цыденов Б.О. Численное исследование эффекта силы Кориолиса на характер эволюции термобара

Работа посвящена исследованию влияния силы Кориолиса, связанной с вращением Земли, на характер формирования и развития явления термобара методами математического моделирования. Под термобаром понимается узкая зона в глубоком озере умеренных широт, в которой происходит погружение имеющей наибольшую плотность воды от поверхности до дна. С целью оценки влияния силы Кориолиса на динамику распространения термобара проведены вычислительные эксперименты, в которых эта сила исключена из математической модели. Различие результатов служит доказательством значимости эффекта вращения Земли при исследовании явления термобара численными методами.

Математическая постановка задачи основана на негидростатической модели в приближении Буссинеска для конвективного течения, включающей в себя уравнения движения, неразрывности, энергии, турбулентных характеристик, баланса солёности и концентрации примеси в озере.

Решение задачи основано на методе конечного объёма, согласно которому скалярные величины (температура, солёность и т.д.) определяются в центре сеточной ячейки, в то время как компоненты векто-

ра скорости – в средних точках на границах ячеек. В целях приближения расчётной области к прибрежному профилю озера применяется метод блокировки фиктивных областей [1]: приравниваются нулю компоненты скорости в выключенной зоне за счёт использования больших значений коэффициентов вязкости в этой зоне. Численный алгоритм нахождения поля течения и температуры опирается на разностную схему Кранка – Николсон. Конвективные слагаемые в уравнениях аппроксимируются по противопотоковой схеме QUICK [2] второго порядка. Для согласования рассчитываемых полей скорости и давления разработана процедура SIMPLED [3] для течений с плавучестью, представляющая собой модификацию метода SIMPLE Патанкара [1]. Системы сеточных уравнений на каждом шаге по времени решаются методом нижней релаксации или явным методом Н. И. Булеева [4].

Исследования, проведенные на основе численного моделирования, показали, что сила Кориолиса на начальном этапе развития термобара препятствует его продвижению в центральную часть озера.

Список литературы

- [1] ПАТАНКАР С. Численные методы решения задач теплообмена и динамики жидкост / М.: Энергоатомиздат, 1984. — 124 с.
- [2] LEONARD B. A Stable and Accurate Convective Modeling Procedure Based on Quadratic Upstream Interpolation // Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering. — 1979. — Vol. 19, № 1, P. 59–98.
- [3] ЦЫДЕНОВ Б. О., СТАРЧЕНКО А. В. Численная модель взаимодействия систем «река – озеро» на примере весеннего термобара в озере Камлупс // Вестник Томского государственного университета. Математика и механика. — 2013. — № 5(25), С. 102–115.
- [4] БУЛЕЕВ Н. И. Метод неполной факторизации для решения двумерных и трехмерных разностных уравнений типа диффузии // Журн. вычисл. матем. и матем. физ. — 1970. — Т. 10, № 4, С. 1042–1044.

1.75. Чепур П. В. Численное моделирование вертикального стального резервуара для хранения нефти

Вертикальные цилиндрические сварные резервуары — широко используемые сооружения для хранения товарной нефти. Многолетний опыт эксплуатации резервуаров подтверждает имеющиеся случаи разрушения металлоконструкций РВС в узле сопряжения стенки и днища, приводящие, как правило, к утечке нефти и, как следствие, к значительным материальным затратам, ущербу экологии. Поэтому исследования особенностей работы конструкций резервуаров под различными сочетаниями нагрузок, оценка напряженно-деформированного состоя-

ния стенки в зоне нижнего узла позволят обеспечить повышение эксплуатационной надежности вертикальных стальных резервуаров.

Автором предлагается численная модель вертикального стального резервуара РВС-20000. Расчетная схема включает в себя действие гидростатической, ветровой нагрузок, а также учитывается вес снегового покрова кровли. В предложенной модели принимается условие абсолютно жесткого защемления стенки в уторном шве (fixed support), кровля не защемляется. Геометрическая модель резервуара строится в соответствии со значениями, принятыми в типовом проекте для РВС-20000 (ТП 704-1-60). Для задания гидростатической нагрузки выбираются параметры высоты взлива нефти, плотности. Значение ветрового давления принимается в соответствии с СП 20.13330.2011. В предложенной расчетной схеме моделируется конструкция кольца жесткости и кровли. Все силы, рассмотренные в расчетной схеме, прикладываются одновременно. Материал металлоконструкций — сталь конструкционная низколегированная 09Г2С с пределом текучести $\sigma_{0,2}=300$ МПа.

Для построения конечно-элементной сетки выбран элемент SHELL181, имеющий ряд особенностей присущих тонкостенным оболочкам, к которым относится конструкция стенки РВС. Плотность генерируемой сетки влияет на погрешность в вычислениях, поэтому определение оптимальных параметров сетки во многом определяет точность расчетов. В узлах сопряжения предлагается сгущать конечно-элементную сетку. В постпроцессорной обработке результатов получены значения эквивалентных напряжений, матрица перемещений.

Максимальные радиальные перемещения стенки согласно численному решению в программном комплексе ANSYS находятся на высоте 105 мм от уторного шва резервуара и составляют 18,2 мм. В случае аналитического решения максимальные перемещения находятся на высоте 107 мм и составляют 17,8 мм. Разница в полученных результатах составляет 1,8%. Таким образом, предложенную модель можно считать адекватной, т.к. отличие от аналитического решения составило не более 2%. Данная расчетная схема и полученная модель будут использованы автором для более сложных исследований, а именно для расчета неравномерной осадки резервуаров в неосесимметричной постановке с различными влияющими факторами.

1.76. Чубатов А. А. Использование сингулярного разложения в регуляризирующем алгоритме решения СЛАУ

Рассмотрим приближенную плохообусловленную ($\text{cond}(A) \gg 1$) переопределенную СЛАУ

$$A \cdot x = b, \|A - \bar{A}\| \leq h, \|b - \bar{b}\| \leq \delta, \quad (1)$$

где A, b — приближенные и \bar{A}, \bar{b} — точные данные,

h, δ — погрешности матрицы и правой части.

Данная задача относится к классу некорректных по Адамару. Решение системы (1) будем искать в обобщенном смысле: в виде регуляризованного по А. Н. Тихонову псевдорешения

$$(A^T \cdot A + \alpha \cdot E) \cdot x_\alpha = A^T \cdot b, \quad (2)$$

где x_α — регуляризованное решение.

Существует два пути выбора регуляризующего параметра α : априорный и апостериорный [1]. Апостериорный выбор параметра α носит итерационный характер, что приводит к необходимости многократно решать систему (2). Решение таких систем можно ускорить, если выполнить сингулярное разложение матрицы A

$$A = U \cdot S \cdot V^T,$$

где U, V — унитарные матрицы, $S = \text{diag}(\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_N)$ — диагональная матрица сингулярных чисел $\sigma_1 \geq \sigma_2 \geq \dots \geq \sigma_N \geq 0$.

Хотя, процедура сингулярного разложения является трудоемкой задачей, но это разложение делается один раз. В результате регуляризованная система (2) примет диагональный вид

$$(S^T \cdot S + \alpha \cdot E) \cdot V^T \cdot x_\alpha = S^T \cdot U^T \cdot b,$$

что дает существенный выигрыш в скорости решения на каждой итерации.

Сингулярное разложение с успехом можно использовать и при решении расширенных нормальных систем (РНС) [2]

$$\begin{pmatrix} E & A \\ A^T & O \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} r \\ x \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} b \\ 0 \end{pmatrix},$$

где E и O — единичная и нулевая матрицы, $r = b - A \cdot x$ — невязка.

В этом случае, применяя SVD разложение и регуляризацию, получим систему

$$(R^2 + \alpha \cdot E) \cdot K \cdot \begin{pmatrix} r_\alpha \\ x_\alpha \end{pmatrix} = R \cdot K \cdot \begin{pmatrix} b \\ 0 \end{pmatrix},$$

$$R = \begin{pmatrix} E & S \\ S^T & O \end{pmatrix}, \quad K = \begin{pmatrix} U^T & 0 \\ 0 & V^T \end{pmatrix},$$

которая имеет три ненулевые диагонали и допускает разбиение на независимые подсистемы порядка 2, что делает ее решение элементарным.

Список литературы

- [1] Морозов В. А. Алгоритмические основы методов решения некорректных задач // Вычисл. методы и программирование. — 2003. — Т. 45. С. 130–141.
- [2] ЖДАНОВ А. И. Регуляризация неустойчивых конечномерных линейных задач на основе расширенных систем // Ж. вычисл. матем. и матем. физ. — 2005. — Т. 45, № 11. С. 1918–1926.

1.77. Чуружасева В.В. Численное моделирование ламинарного течения в канале со сложной геометрией

Для корректного построения математических моделей и численных методов расчета течений в реках важно знать, каким образом описываются основные процессы, происходящие в водоеме. Знание структуры течения в реке очень важно для мониторинга состояния экосистемы, а также прогнозирования негативного влияния на прибрежные районы в результате паводков и сброса в реку загрязняющих веществ.

В предположении о том, что характеристики течения слабо меняются по глубине, была построена приближенная модель речного потока на основе осредненных по глубине уравнений Рейнольдса [1].

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial hu}{\partial x} + \frac{\partial hv}{\partial y} = 0;$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial hu}{\partial t} + \frac{\partial hu u}{\partial x} + \frac{\partial huv}{\partial y} = \\ = \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\mu}{\rho} h \frac{\partial u}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{\mu}{\rho} h \frac{\partial u}{\partial y} \right) - gh \frac{\partial (Zb + h)}{\partial x}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial hv}{\partial t} + \frac{\partial hvu}{\partial x} + \frac{\partial hvv}{\partial y} = \\ = \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\mu}{\rho} h \frac{\partial v}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{\mu}{\rho} h \frac{\partial v}{\partial y} \right) - gh \frac{\partial (Zb + h)}{\partial y}. \end{aligned}$$

В силу того, что при моделировании природных объектов расчетная область, как правило, имеет сложную форму и криволинейную границу, для построения дискретного аналога использовалась неструктурированная треугольная сетка. Основными их преимуществами для решения подобных задач можно назвать более точное приближение границы области, возможность сгущения вблизи особенностей течения без перестроения на всей области, возможность автоматизировать процесс построения, в то время как построение структурированной (блочной-структурированной) сетки требует ручной работы.

Дискретизация уравнений проводилась с помощью метода конечного объема на треугольной сетке. Для получения более гладкого решения в обоих случаях для расчета были выбраны разнесенные по пространству сетки: различные конечные объемы выбирались для компонент скорости и глубины [2].

С помощью разработанного численного метода было получено решение некоторых тестовых задач, иллюстрирующих различные режимы течения в канале со сложной геометрией стенок и дна, являющихся приближением задачи о течении в реке.

Работа выполнена в рамках государственного задания Минобрнауки РФ № 5.629.2014/К

Список литературы

- [1] Роди В. Модели турбулентности окружающей среды. Методы расчета турбулентных течений / М.: Мир, 1984. — С. 227–323.
- [2] Чуруксаева В. В., Старченко А. В. Численное решение уравнения конвекции-диффузии на неструктурированных сетках // Материалы 7-ой Сибирской конференции по параллельным и высокопроизводительным вычислениям / Томск: Изд-во Томского ун-та, 2014. — С. 114-120.

1.78. Шоев С.А., Булушев Е.Д. Разработка программных средств для моделирования процесса лазерной 3D микрообработки

Лазерная микрообработка применяется для обработки различных материалов и позволяет формировать структуры с субмикронным разрешением по произвольным САД-моделям. При точном задании режима обработки возможно получение изделий с высокими качественными характеристиками. Влияние регулируемых параметров системы (мощности лазерного излучения, скорости перемещения лазерного пучка, частоты импульсов и др.) на качественные характеристики с целью определения их оптимального соотношения может быть автоматизировано за счет применения математического моделирования.

Данная работа посвящена численному моделированию взаимодействия лазерных импульсов с металлами и вычислению поверхности, полученной в результате лазерной микрообработки. Для взаимодействия лазерного излучения с веществом реализованы 2 подхода. Первый подход основан на предположении, что вся энергия лазерного импульса, поглощенная веществом, расходуется только на его нагрев, плавление и испарение (обработка фемто- и пикосекундными импульсами). При заданных свойствах материала и размере пятна фокусировки производится расчет объема удаленного материала и форму кратера. Во втором подходе [1] (обработка микро- и наносекундными импульсами) производится решение классического уравнения теплопроводности методом конечных разностей. Вычисляется пространственно-временное распределение температуры в материале с учетом фазовых переходов. Считая, что удаление материала при импульсном лазерном нагреве происходит при достижении пороговой температуры испарения. В результате по испаренному материалу вычисляется форма и размер кратера.

Разработано программное обеспечение позволяющее рассчитать и визуализировать 3D геометрию поверхности при заданной траектории перемещения лазерного пучка и наборе параметров (размер пятна фокусировки, энергия и длительность импульса, перекрытие между пучками, коэффициент поглощения, показатель поглощения, температурно-

проводность, удельная теплоемкость, удельная теплота плавления и парообразования, плотность, температура плавления и испарения).

Для тестирования и верификации предложенной модели проведена серия экспериментов с использованием Nd:YAG лазера (1064нм, 3.8Вт, 10нс) по обработке нержавеющей стали лазерными импульсами с энергиями в диапазоне 38–380мкДж. Для измерения профиля полученных структур использовался лазерный конфокальный сканирующий микроскоп Carl Zeiss LSM 700. Анализ данных измерений показал, что тестирование разработанного метода моделирования на структурах затруднено из-за наличия на поверхности зоны лазерного воздействия расплавов и облоев, что затрудняет измерение.

Список литературы

- [1] DOBREY T., PHAM D.T., DIMOV S.S. A simulation model for crater formation in laser milling // Multi-Material Micro Manufacture: сборник тезисов. — 2005. — P. 155–159.

1.79. Штабель Н.В., Шурина Э.П., Штабель Е.П. Численное моделирование импульсных зондирований

Задачи импульсной электроразведки, возникающие в геофизике, описываются нестационарным уравнением второго порядка относительно вектора напряженности электрического поля. Математическое моделирование электромагнитного поля при импульсном возбуждении в задачах электроразведки требует больших вычислительных затрат, потому что импульсы в генераторной петле могут иметь достаточно большую длину (до нескольких секунд) и основное время вычислений тратится на выполнение шагов временной схемы при нестационарной постановке задачи.

В работе предлагается способ уменьшения времени вычислений электрического поля с помощью прямого и обратного преобразования Фурье. Для этого выполняется разложение генерирующего импульса по частотам и решается серия задач уравнений Гельмгольца в частотной области. В отличие от нестационарной задачи, где каждый шаг временной схемы зависит от результатов предыдущих шагов, задачи в частотной области не имеют такой зависимости, а обладают естественным параллелизмом по частотам. Это позволяет производить вычисления параллельно, что существенно ускоряет время счета. Результаты решений уравнений Гельмгольца с помощью обратного быстрого преобразования Фурье преобразовываются во временную область. В качестве временной схемы для нестационарного уравнения используется трехслойная неявная схема. В работе используется векторный метод конечных элементов на неструктурированных тетраэдральных разбиениях в качестве метода дискретизации по пространству.

*Работа поддержана интеграционными проектами
СО РАН № 98 и 130.*

1.80. Юшко О.В. Математическое моделирование шумовых эффектов в солитонных волоконно-оптических линиях связи

В настоящее время для передачи информации широко используются волоконно-оптические линии связи (ВОЛС): начиная от коротких локальных сетей, заканчивая протяжёнными межконтинентальными волоконными линиями связи. Оптоволоконно лидирует на рынке телекоммуникаций, однако, при наблюдаемом росте трафика на 40% ежегодно пропускная способность оптических систем увеличивается лишь на 20% в год. При таком развитии ситуации, уже в ближайшие несколько лет объём передаваемого трафика превысит возможности существующих технологий, а уже в 2020 году можно ожидать наступление кризиса использования ВОЛС [1].

В начале 90-х годов одним из направлений исследований в области телекоммуникаций являлись солитонные ВОЛС. Благодаря взаимной компенсации нежелательных эффектов волокна — дисперсии и нелинейного эффекта Керра, они казались перспективным направлением исследования для увеличения скорости и/или дальности передачи данных. Однако, обнаруженные вскоре эффекты временного и фазового сдвига солитонных импульсов отодвинули эти исследования на задний план. Обладая рядом преимуществ, тем не менее, традиционные линии связи подходят к пределу своих возможностей. Основное ограничение развития традиционных ВОЛС — наличие нелинейных эффектов в оптоволокне [2].

В этом контексте солитонные ВОЛС снова становятся интересным научным направлением, поскольку изучение подобных линий связи в контексте современных технологий не проводилось. Это означает, что нежелательные «солитонные» эффекты могут быть подавлены, а использование нелинейных стабильных импульсов для передачи сигнала в совокупности с современными методами когерентного детектирования и многоуровневыми методами модуляции сигнала позволит увеличить спектральную эффективность солитонных ВОЛС прошлого поколения.

Для описания распространения электромагнитного поля по оптоволокну использовалось обобщённое нелинейное уравнение Шрёдингера:

$$\frac{\partial A}{\partial z} = -i\frac{\beta_2}{2} \frac{\partial^2 A}{\partial t^2} + i\gamma|A|^2 A + iN(z, t) \quad (1)$$

где $A(z, t)$ — комплексная огибающая амплитуды поля, t — время, z — расстояние вдоль волокна, β_2 — параметр хроматической дисперсии, γ — параметр нелинейности. Член уравнения $N(z, t)$ описывает генерацию шума, возникающего вследствие оптически усиленной спонтанной эмиссии.

В работе были проанализированы основные эффекты, ограничивающие рост спектральной эффективности солитонных ВОЛС: эффекты Гордона-Хауса и Гордона-Молленауэра, проявляющиеся в случайном отклонении положения центра импульса и его фазы соответственно от начального значения. Оба эффекта возникают вследствие накопления шума усиленной спонтанной эмиссии. Было проведено численное моделирование и показано, эти эффекты частично могут быть подавлены методами цифровой обработки сигнала на приёмнике.

Кроме того, были исследованы методы «солитонного контроля», а именно, оптическая фильтрация шума усилителей. Было показано, что использование оптической фильтрации в когерентных линиях связи позволяет не только улучшить характеристики солитонных ВОЛС по сравнению с методами цифровой обработки сигнала, но так же и увеличить протяжённость ВОЛС по сравнению с традиционными линиями связи (в приближении модели Гауссова шума).

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ Солитонные технологии в когерентных линиях связи и лазерах (№14-01-31258, мол_а).

Список литературы

- [1] RICHARDSON D. J. Filling the light pipe // Science. — 2010. — Vol. 330, P. 327–328.
- [2] ESSIAMBRE R. J., KRAMER G., WINZER P. J. Capacity limits of optical fiber networks // J. of Lightw. Techn. — 2010. — Vol. 28(4), P. 662–701.

1.81. Яковенко А.В., Губайдуллин А.А. Численное исследование акустического течения в вибрирующей цилиндрической полости

Под акустическим течением (звуковым ветром) понимается направленный средний по времени перенос массы, представляющий собой устойчивые вихри и возникающий помимо колебательного движения среды в звуковом поле [1]. Акустическое течение является нелинейным эффектом и имеет вихревой характер.

В работе численно исследовано акустическое течение в вибрирующей цилиндрической полости, заполненной воздухом. Описаны случаи теплоизолированных стенок полости и стенок, поддерживаемых при постоянной температуре. Проведено сравнение с аналитическим решением задачи [2], не учитывающим изменение средней температуры в полости. Диапазон рассматриваемых частот вибрации включает как низкие частоты вибрации, когда процесс может быть описан с помощью аналитического решения, так и частоты вибрации, приводящие к сильным проявлениям нелинейных эффектов. При этом рассматриваемые частоты вибрации меньше резонансной частоты системы, и нелинейность достигается за счёт большой амплитуды. Задача решена в осесимметричной постановке.

Численный метод, применяемый для решения поставленной задачи, основан на методе контрольного объёма, аппроксимация конвективно-диффузионного потока осуществляется по степенному закону [3]. Для решения системы алгебраических уравнений используется метод переменных направлений. Численная схема является неявной, консервативной и позволяет проводить сквозной счёт течений с ударными волнами. В процессе счёта осуществляется контроль над соблюдением баланса массы и баланса энергии в расчётной области. Программный код написан на языке Fortran. Работоспособность кода проверена на ряде тестовых задач, имеющих аналитическое решение (исходная задача в линейном приближении, образование ударной волны, задача Сода для ударной трубы, отражение ударной волны от стенки). Также было проведено сравнение результатов расчётов с результатами экспериментов, описывающими волновые процессы в закрытой цилиндрической трубе, один конец которой неподвижен, а другой вибрирует за счёт синусоидального движения поршня.

Получено, что теплообмен оказывает существенное влияние на акустическое течение в «узких» трубах при частотах вибрации, много меньших резонансных, это выражается в смене направления вращения вихрей. При увеличении частоты вибрации проявляются нелинейные эффекты процесса. В случае теплоизолированных стенок полости происходит нагрев газа и повышение среднего за период давления [4]. В случае стенок, поддерживаемых при постоянной температуре, происходит понижение средних за период температуры, давления и плотности в центральной части полости. Проявление нелинейных эффектов приводит к отличию акустического течения от аналитического решения.

Работа выполнена при финансовом содействии Совета по грантам Президента Российской Федерации для государственной поддержки ведущих научных школ РФ (Грант НШ-2669.2014.1).

Список литературы

- [1] НИБОРГ В. Акустические течения // Физическая акустика / М.: Мир, 1969. – Т. 2. – Ч. Б, гл. 5. – С. 302-377.
- [2] HAMILTON M.F., ILINSKII Y.A., ZABOLOTSKAYA E.A. Thermal effects on acoustic streaming in standing waves // J. Acoust. Soc. Am. – 2003. – Vol. 114(6). P. 3092-3101.
- [3] ПАТАНКАР С. Численные методы решения задач теплообмена и динамики жидкости / М.: Энергоатомиздат, 1984. – 152 с.
- [4] ГУБАЙДУЛЛИН А.А., ЯКОВЕНКО А.В. Численное исследование поведения совершенного газа в вибрирующей цилиндрической полости с теплоизолированными стенками // Теплофизика и аэромеханика. – 2014. – Т. 21(5). С. 617-627.

2. Информационные технологии

2.1. Абушева А., Глухих И.Н. Математические модели планирования деятельности проектных организаций

Рассмотрены такие проблемы проектных организаций, как невыполнение норм выработки, систематические перегрузки и простой сотрудников, что связано, прежде всего, с неэффективным планированием деятельности.

Особенностью в годовом планировании деятельности проектной компании является планирование работы производственных отделов, для чего необходимо выявить и учесть множество факторов, которые, зачастую, недоопределены (оценка времени на проект в условиях возможной загруженности отделов параллельными работами, изменение требований к срокам со стороны заказчика, возможность появления работ вне плана и др.).

Существующие методы исследования операций не решают этой проблемы и на практике не используются в полной мере в связи со сложностью их применения.

В этих условиях создание эффективного математического, алгоритмического и программного инструментария для решения практических задач планирования топ-менеджерами проектных организаций, становится особенно актуальными.

В докладе предложена базовая модель линейного программирования для планирования работы проектной компании, а также ее различные модификации, позволяющие учитывать оценки сроков, необходимых для выполнения проектов, наличие взаимосвязанных работ между подразделениями предприятия и вероятности появления объемов работ сверх плана. Использование данных математических моделей позволит руководителю заблаговременно оценить результаты выбора им конкретных решений и воспользоваться наилучшим для имеющейся ситуации вариантом.

2.2. Адамов А.В., Бабич А.В. Универсальный метод защиты веб-приложений

Работа посвящена анализу универсальных методов обеспечения безопасности веб сайтов. В частности, рассматривается такая технология как Web Application Firewall (WAF).

По данным статистики WASC (Web Application Security Consortium) [1], более 13% сайтов могут быть скомпрометированы полностью автоматически, 80-96% из которых имеют высокую степень уязвимостей, 86% — среднюю степень уязвимостей, 37% — низкую.

WAF — это межсетевой экран, накладывающий определенный набор правил на то, как происходит взаимодействие сервера и клиента, обрабатывая

HTTP-пакеты. В основе лежит тот же принцип, что и в обычных фаерволах — контроль и анализ всех пакетов, поступающих от клиента. WAF опирается на набор правил, с помощью которого выявляется факт атаки по сигнатурам — признакам активности пользователя, которые могут означать нападение.

Основной задачей WAF является снижение угроз за счет минимизации влияния человеческого фактора на безопасность сайтов. Web Application Firewall разделяют на 2 типа: аппаратный и программный. Обработка правил в WAF может осуществляться по принципу blacklist, whitelist или смешано.

На сегодняшний день, почти все брандмауэры веб приложений призваны защитить от основных типов угроз свойственных веб сайтам:

- SQL инъекция
- Межсайтовый скриптинг (XSS)
- Межсайтовые подделки запросов (CSRF)
- Спам в комментариях
- Распределенный отказ в обслуживании (DDoS-атаки)
- Отсутствие таймаута сессии
- Обратный путь в директориях

Основной проблемой, существующей на данный момент, являются ограниченные возможности текущей технологии WAF в обеспечении защиты от широкого спектра угроз. А также возможность обхода существующих на данный момент брандмауэров [2]. Один из возможных вариантов решения указанной проблемы видится в применении методов поведенческого анализа. Принцип такого подхода в корне отличается от сигнатурного. Здесь за основу берется нормальное поведение, а целью является обнаружение отклонений. К примеру, в скрипте С чтение из таблицы А — нормально, если происходит чтение из таблицы Б, это считается аномальным. Данный подход, в теории, может закрыть недостатки существующих WAF основанных на сигнатурном анализе.

Список литературы

- [1] Статистика уязвимостей Web-приложений за 2008 год / Режим доступа: <http://ru.scribd.com/doc/21324267/WASC-Web-Application-Security-Statistics-2008-Russian>
- [2] ЕВТЕЕВ Д. Методы обхода Web Application Firewall / Режим доступа: <http://www.ptsecurity.ru/download/PT-devteev-CC-WAF.pdf>
- [3] ModSecurity / Режим доступа: <http://modsecurity.org>,
- [4] Barracuda Networks, Inc. (US) / Режим доступа: <http://barracudanetworks.com>

2.3. Аникин В. И., Карманова А. А. Кластеризация и рейтингование банков с помощью нейронной сети Кохонена в среде MS Excel

Работа посвящена применению нового алгоритма обучения нейронной сети Кохонена с помощью клеточного автомата [1] для решения задачи кластеризации и составления рейтинга банков. Произведено сравнение полученных результатов кластеризации с аналогичными результатами известной среды моделирования Deductor Studio, где используется классический алгоритм обучения сети Кохонена [2]. Особенностью данной работы является то, что нейронная сеть Кохонена была реализована чисто табличными средствами в виде итерационной табличной модели MS Excel без программирования на языке VBA, что само по себе является нетривиальной задачей [3, 4]. Табличная реализация сети Кохонена, помимо удобства и гибкости реализации без необходимости программирования, предоставила возможность удобного анализа результатов кластеризации и рейтингования банков за счет встроенных визуальных возможностей электронных таблиц. Была разработана методика разделения банков на группы по ряду их финансово-экономических показателей для получения объективной картины состояния банковской сферы в разрезе ее участников. Полученные данные дают возможность построения рейтинга банков и прогнозирования их будущего в зависимости от положения в конкретной группе с учетом статистических характеристик кластера и актуальной рыночной информации о других банках, его сформировавших. Обученная сеть Кохонена позволяет дать оценку новым банкам на рынке, относя их к одному из выявленных кластеров.

Список литературы

- [1] Аникин В. И., Тураева А. А. О возможности обучения искусственной нейронной сети Кохонена с помощью клеточного автомата // Вектор науки ТГУ. — 2011. — № 3(17). — С. 22–24.
- [2] Кохонен Т. Самоорганизующиеся карты / М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008. — 655 с.
- [3] Аникин В. И., Аникина О. В. Алгоритмическое табличное моделирование в Microsoft Excel: итерационные модели // «Информатика и образование» — 2009. — № 9, С. 88–95.
- [4] Аникин В. И., Аникина О. В. Визуальное табличное моделирование клеточных автоматов в Microsoft Excel / Тольятти: Изд-во ПВГУС, 2013. — 324 с.

2.4. Велижанин А. С., Ревнивых А. В. Применение технологий виртуализации в процессе фаззинга программных компонентов

В работе рассматривается фаззинг оперативной памяти. Данный подход основывается на внедрении потенциально опасных данных, предположительно

способных вызвать сбои в работе программного модуля, в адресное пространство исследуемого процесса. Рассмотрены основные недостатки подходов MLI [1] и SRM [1] для задачи тестирования современных Native (скомпилированного в машинный код текущей аппаратной платформы) программных решений, Managed (построенных для платформы Microsoft .NET Framework) управляемых модулей и Mixed (сочетающих в себе не только Managed, но и Native программный код) решений. В работе предложен вариант решения проблемы фаззинга адресного пространства современных программных решений основанный на применении технологии виртуализации. Данное решение позволяет не только проводить тестирование Managed и Mixed систем, но и уменьшает степень влияния внешних объектов на исследуемый процесс, что улучшает качество тестирования Native систем. В то же время данный подход является ресурсоемким.

Список литературы

- [1] Саттон М., Грин А., Амини П. Fuzzing. Исследование уязвимостей методом грубой силы. / Символ-Плюс, 2009.

2.5. Гиниятуллина О.Л. Применение энтропийного подхода к анализу спектральной отражательной способности объектов на космоснимках

Применение мультиспектральных данных дистанционного зондирования в решении задач геоэкологического мониторинга дает положительные результаты, особенно при рассмотрении больших по протяженности территорий со сложным ландшафтом. Однако в настоящее время существует ошибочная подмена таких понятий, как «дешифрирование» и «анализ» данных дистанционного зондирования. При дешифрировании снимков происходит процесс получения некоторых физических значений пространственных объектов, выраженных в виде индексов, которые отражают его состояние. Анализ данных направлен на установление возможных взаимосвязей объектов, или выделение их характерных отличительных свойств. В докладе предлагается подход к анализу спектральных отражательных свойств пространственных объектов на космоснимках с использованием энтропийного метода А.Б. Логова [1]. С помощью преобразований, связанных со значением яркости пикселя в комбинации полос снимка, получается канал синтезированных значений, которые при переводе их на эллипс позволяют отбить зоны, которые обладают ярко выраженным отклонением, либо находятся в допустимых значениях. Предложенный подход позволяет с большой достоверностью не только выделять аномальные зоны, но и определять класс отклонения, например, при анализе чистоты водной среды отбиваются

классы загрязнителей. Таким образом, мы переходим от обычного дешифрирования космоснимков к интеллектуальному анализу показателей наблюдений, что, несомненно, является в настоящее время актуальной темой исследований в данной области.

Список литературы

- [1] Логов А.Б., ЗАМАРАЕВ Р.Ю. Анализ состояния уникальных объектов Кемерово, 2011. — 194 с.

2.6. Гиниятуллина О.Л., Харлампенков И.Е. Протокол WPS как инструмент организации удаленных вычислений

В работе рассматриваются вопросы, связанные с организацией удаленных вычислений для обработки пространственных данных. Отмечается, что в настоящее время часто встречается ситуация, когда одна сторона обладает набором задач и их реализацией, а другая — свободными ресурсами, доступными в рамках сети Интернет. В связи с этим возникает потребность в поиске подходящего протокола для реализации такого взаимодействия с учетом особенностей проводимых расчетов. Так стандарт WPS (Web Processing Service) [1], разработанный Open Geospatial Consortium (OGC), является стандартом для веб-сервисов, реализующих пространственную обработку растровых и векторных данных.

Предложена следующая схема для запуска расчетных модулей на удаленной системе через протокол WPS. Пользователь через клиентское приложение взаимодействует с локальным геопорталом, содержащим средства для обработки всех пользовательских запросов, отображения пространственных и прочих данных, выполнения других бизнес-функций. Клиенту доступен каталог процедур обработки, размещенных на удаленном WPS-сервере. Локальное приложение предоставляет только интерфейс для запуска вычислений и отображения их результатов, расчеты выполняются на арендованных мощностях.

Для ускорения процесса создания новых сервисов WPS предложено создать шаблон, являющийся заготовкой для всех расчетных модулей. Шаблон включает набор классов, реализующих интерфейсы для ряда WPS-серверов и запуска приложения из командной строки. На основе предложенного решения создан модуль расчета разового пылевого загрязнения атмосферы от планируемого промышленного взрыва с учетом скорости и направления ветра, технологии проведения взрывных работ.

Таким образом предложена схема организации удаленных вычислений на основе протокола WPS. Созданное решение, опробованное на ряде расчетных модулей. Разработан прототип для быстрого написания WPS-сервисов.

Список литературы

- [1] OpenGIS Web Processing Service [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.opengeospatial.org/standards/wps>
- [2] ДАНИЛИН А.В. Технологии интеграции информационных систем на основе стандартов XML и Web-служб. // Современные технологии в информационном обеспечении науки. Сборник научных трудов — М.: Научный Мир, 2003. — 316 с. С. 134-140.
- [3] FIELDING R.T. Architectural Styles and the Design of Network-based Software Architectures / University of California, Irvine, 2000. — 162 p.
- [4] XML-RPC. [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://xmlrpc.scripting.com/>

2.7. Григорьев И. В., Мустафина С. А. Использование технологий параллельного программирования к задаче минимизации функций

Копируя действия природы, человек создает всё более и более совершенные алгоритмы оптимизации. Для их создания чаще всего служат примеры из природы, например: генетический код или поведение птиц, моделирование миграций рыб или охлаждение металла и т.д. В настоящее время на производстве и в бизнесе широко используются алгоритмы оптимизации, так как они дают возможность сэкономить не только денежные средства, но и время, которого постоянно не хватает.

Целью данной работы является разработка параллельного алгоритма метода роя частиц для решения задачи минимизации функций многих переменных. Для реализации поставленной цели была выбрана технология NVIDIA CUDA, как наиболее эффективное вычислительное средство, имеющая ряд преимуществ: доступность, легкость в изучении, поддержка практически любой современной видеокартой NVIDIA, наибольшая производительность.

В методе оптимизации роем частиц агентами являются частицы в пространстве параметров задачи оптимизации. Каждая частица имеет определенное местоположение и скорость, которая меняется на каждой итерации в пространстве поиска и характеризует определенное решение. Движение частицы определяется по следующей формуле:

$$\vec{v} \leftarrow \omega \cdot \vec{v} + C_1 \cdot \text{rnd}() \cdot (\vec{p}_{best} - \vec{x}) + C_2 \cdot \text{rnd}() \cdot (\vec{g}_{best} - \vec{x}). \quad (1)$$

Подобно птицам, перемещающимся в окружающей среде в поисках пищи или при уклонении от хищников, частицы пролетают через пространство поиска, изыскивая высококачественные решения.

Так как этот алгоритм является в большой степени алгоритмом случайного поиска, то увеличение размера роя и длительности работы алгоритма (количество итераций) очевидно повышает вероятность

нахождения корректного решения задачи, но вместе с этим значительно возрастает время работы. В связи с этим было принято решение реализовать параллельный алгоритм, основанный на островной модели параллелизма.

В работе было выполнено сравнительное исследование скорости сходимости параллельного и последовательного алгоритмов метода роя частиц. Проведенные исследования эффективности распараллеливания показали, что использование кластерных систем позволяет значительно снизить временные затраты (до 12 раз).

2.8. Демиш В. О. Интеграция информационных систем и мобильных приложений

В настоящее время мобильные технологии стремительно развиваются. Наглядной демонстрацией этого является рост количества мобильных приложений и развитие возможностей инструментов для их разработки. Параллельное распространение технологий облачных вычислений (Cloud Computing) в свою очередь обуславливает рост количества сервисов, размещенных в сети Интернет, а также расширение их функциональных возможностей. Использование мобильных устройств, как частей некоторой единой информационной системы, представленной набором интернет сервисов [1], требует решения задач синхронизации [2] и интеграции данных [3].

Варианты решения таких задач разнятся исходя из требований к разрабатываемым мобильным приложениям [4]. В работе рассмотрены подходы построения интеграционного решения, базирующиеся на удаленном вызове процедур (Remote Procedure Call, RPC) и использовании систем очередей сообщений (Message-Oriented Middleware). Для обеспечения работоспособности мобильных приложений в режиме офлайн (в случае недоступности сервисов информационной системы) предложено использование локальной очереди сообщений на стороне мобильного устройства.

Использование локальной очереди сообщений влечет за собой проблему переполнения очереди, для решения этой проблемы предложены алгоритмы оптимизации хранения сообщений и отложенного формирования содержимого сообщений.

Предложенное решение позволяет перенести традиционные подходы к интеграции информационных систем на мобильные приложения, с учетом ограничений мобильных устройств в вычислительных мощностях, памяти, и доступности других частей информационной системы.

Список литературы

- [1] NIROSHINIE FERNANDO, SENG W. LOKE, WENNY RAHAYU. Mobile cloud computing: A survey. 2012.
- [2] ДЕМИШ В. О., ПИЩИК Б. Н. Синхронизация данных в мобильных платформах // Новоси-

бирск: Вестник НГУ, Серия «Информационные технологии» — 2013. — Т. 11, № 4, С. 46–58.

- [3] Демиш В. О. Интеграция SaaS-сервисов: актуальные проблемы, интеграционные платформы // Вестник НГУ, Серия «Информационные технологии» — 2012. — Т. 2, № 2.
- [4] RANJEET SINGH, CHIRANJIT DUTTA A Synchronization Algorithm of Mobile Database for Cloud Computing // International Journal of Application or Innovation in Engineering & Management (IJAIEM) — 2013. — Vol. 2, No 3.

2.9. Дмитриев В. Л. Автоматизированная система проверки уровня знаний на основе анализа областей графических файлов

Работа посвящена разработке компьютерной программы (тестирующей системы), для проведения автоматизированного тестирования обучающихся и предоставляющей возможность вести разработку теста в любых удобных и доступных для разработчика тестов графическом или текстовом редакторах. Такие возможности программы являются отличительной чертой от других подобных существующих программ. При этом сам процесс подготовки теста максимально упрощен и понятен.

При разработке тестирующей системы учтены такие моменты, как: поддержка работы с произвольным количеством вопросов и вариантов ответов к тесту без явного указания количества верных ответов (при этом можно выбирать как один, так и несколько вариантов ответов); вопросы и варианты ответов могут быть произвольно размещены на странице теста; материалы теста можно создавать в любом удобном для разработчика редакторе (текстовом, растровом графическом, векторном графическом, и др.) [1].

Работа программы основывается на использовании графических файлов, содержащих материалы теста. Получить графическую копию теста, подготовленного в текстовом редакторе, таком, как, например, Microsoft Word, можно на основе любого конвертера в формат PDF. Для формирования и идентификации тестового материала используется механизм разметки теста на основе областей (блоков), содержащих сами вопросы, и ответы к ним (механизм разметки интуитивно понятен, и напоминает разметку областей в программе распознавания текста Abbyy FineReader). Так как тест может содержать неограниченное количество вопросов, предусмотрен порядок следования страниц теста, размещенных в виде графических файлов. При этом совершенно не важно, какого размера будут файлы, содержащие материал теста: в пределах даже одного теста файлы-страницы теста могут иметь абсолютно произвольный размер (это позволит формировать единый тест, если даже отдельные его части были подготовлены в разных редакторах).

В режиме тестирования обучающемуся необходимо отметить верные на его взгляд варианты ответов. В случае если встречается вопрос с заданием на соответствие или заданием на выставление верной хронологической последовательности, достаточно кликами мыши выставить верное расположение вариантов ответов. Таким образом, в процессе тестирования не приходится совершать каких-либо сложных манипуляций наподобие выбора и выставления цифр последовательностей, и т.д.

Список литературы

- [1] ДМИТРИЕВ В. Л. Компьютерная программа для проведения тестирования с поддержкой произвольного расположения материалов теста // Информатика и образование. — 2014. — № 2 (251), С. 74–77.

2.10. Дородных Н. О., Коршунов С. А. Web-сервис для автоматизированного формирования продукционных баз знаний на основе концептуальных моделей

Основные трудности в разработке экспертных систем и систем, основанных на знаниях, связаны с проблемой извлечения, структурирования и формализации знаний. Извлечение знаний из различных источников (онтологий, баз данных, текстов и т.д.) в том числе и из концептуальных моделей является актуальной и востребованной задачей на сегодняшний день [1].

В данной работе предлагается повысить эффективность процесса разработки продукционных баз знаний, путем автоматизированного анализа концептуальных моделей, выполненных в различных программных средствах. В качестве средства, решающего поставленную задачу, предлагается создать web-сервис, который должен обеспечивать импорт-ирование концептуальных моделей (диаграмм классов UML и OWL-онтологий), их трансформацию во внутренний универсальный формат, моделирование продукции и их отображение (трансляцию) в язык представления знаний, а также возможность совместной и распределенной работы инженеров по знаниям и системных аналитиков над проектами баз знаний.

В качестве целевого языка представления знаний выбран CLIPS (C Language Integrated Production System) [2]. Архитектура web-сервиса включает: пользовательский интерфейс, модули поддержки импорта концептуальных моделей (XMI UML и OWL DL), модуль концептуального (онтологического) моделирования баз знаний, модуль моделирования продукции в нотации RVM [3], модуль отображения продукционных моделей в формат CLIPS.

В настоящий момент создан исследовательский прототип web-сервиса. Апробация web-сервиса осуществлена на примере создания баз знаний для им-

тационного моделирования состояний сложных технических систем [4].

Список литературы

- [1] ГАВРИЛОВА Т. А., ХОРОШЕВСКИЙ В. Ф. Базы знаний интеллектуальных систем / СПб.: Питер, 2000. — 384 с.
- [2] ЧАСТИКОВ А. П., ГАВРИЛОВА Т. А., БЕЛОВ Д. Л. Разработка экспертных систем. Среда CLIPS / СПб.: БХВ-Петербург, 2003. — 608 с.
- [3] ГРИЩЕНКО М. А., ЮРИН А. Ю., ПАВЛОВ А. И. Разработка экспертных систем на основе трансформации информационных моделей предметной области // Программные продукты и системы. — 2013. — №3. — С. 143–147.
- [4] НИКОЛАЙЧУК О. А., ПАВЛОВ А. И., ЮРИН А. Ю. Система имитационного моделирования динамики состояний сложных технических систем на основе агентного подхода // Автоматизация в промышленности. — 2010. — №7. — С. 44–48.

2.11. Езангина Т. А., Гайворонский С. А. Интервально-параметрический синтез робастных регуляторов систем автоматического управления технологическими процессами

Важной проблемой современного промышленного производства является разработка и проектирование высококачественных систем автоматического управления в условиях нестабильности и неопределенности их параметров. В реальных системах управления параметры объекта часто заданы неточно, что связано с погрешностями измерений, старением оборудования, возмущениями, влияющими на характеристики объекта. Существует также системы, параметры которых могут изменяться в известных диапазонах. В обоих случаях справедливо говорить о системах управления с интервально-неопределенными параметрами. Примерами являются промышленные роботы и манипуляторы, металлорежущие и обрабатывающие станки с ЧПУ, подъемники с длинными канатами, антенные установки. Для проектирования САУ с интервально-неопределенными параметрами представляется целесообразным применять робастный подход с использованием типовых линейных регуляторов. При этом важно получить не просто устойчивую систему, а систему с допустимым быстродействием и качеством переходных процессов при любых значениях параметров из их интервалов. Поскольку быстродействие системы определяется ее степенью устойчивости, то для разработки систем автоматического управления с интервальными параметрами представляет интерес задача определения диапазонов изменения параметров робастного регулятора, при которых степень робастной устойчивости

больше заданной. Для решения поставленной задачи предлагается использовать коэффициентный метод, основанный на достаточных условиях заданной робастной степени устойчивости и робастной колебательности. Указанные достаточные условия представляют собой системы неравенств, связывающих искомые пределы коэффициентов полинома, в которые входят настройки регулятора, и коэффициентные показатели качества интервальной системы. Для проверки найденных пределов параметров регулятора проводится построение областей локализации корней интервального характеристического полинома и переходных процессов системы в наихудших режимах.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (заявка No114-08-31031).

Список литературы

- [1] ПОЛЯК Б. Т., ЩЕРБАКОВ П. С. Робастная устойчивость и управление / М.: Наука, 2002. — 303 с.
- [2] GAYVORONSKIY S. A., EZANGINA T. A. Bundled Software for the Desing of Interval Dynamic Systems // Applied Mechanics and Materials. — 2013. — Vol. 446–447, P. 1217–1221.

2.12. Жилон Р. А. Построение систем принятия решений при помощи нечетких когнитивных карт

В работе рассматривается проблема анализа и обработки предметной области в системе с заданными связями, характеризующимися неполной и неточной информацией. При решении задач таких как распознавание, прогнозирование предлагается использование нечетких когнитивных карт, что приводит к облегчению анализа заданной предметной области. Предлагается алгоритм, основанный на сведении методов обработки когнитивных карт к методам обработки искусственных нейронных систем.

Основным понятием теории когнитивных карт является концепт. Концептом называется базовый (неделимый) элемент рассматриваемой системы [1]. Пусть K множество концептов (элементов) рассматриваемой системы, а w_{ij} множество связей, каждая из которых описывает влияние одного концепта K_i (концепта-причины) на другой концепт K_j (концепт-следствие). Направленность этой связи w_{ij} означает, что концепт-источник влияет на концепт-приемник, т.е. изменение значений (состояний) концепта-источника приводит к изменению значений (состояний) концепта-приемника.

Предлагаемый алгоритм рассматривает задачу, по заданной предметной области которой составляется когнитивная карта с заданными состояниями концептов и нечеткими весами связей. Требуется получить желаемое состояние выходного концепта путем изменения состояния других влияющих на него концептов. Расчет сил влияния входных концептов на

выходной производится методами обучения много-слойного персептрона, что позволяет снизить долю субъективности экспертов в системе принятия решения. Концепты в нечеткой когнитивной карте могут принимать действительные значения из интервала $[0, 1]$. Термин «нечеткие» обозначает только то, что причинные связи (связи взаимовлияния) могут принимать не только значения 0 и 1, а лежат в диапазоне действительных чисел, отражающих «силу» влияния одного концепта на другой. Выражение

$$K_j(t+1) = f\left[\sum_{i=1}^n w_{ij}K_i(t)\right]$$

позволяет рассмотреть функционирование нечеткой когнитивной карты в дискретном времени [2].

Состояние системы описывается состоянием выходного концепта. Состояние выходного концепта получается суммой произведений состояний входных концептов на веса их влияния на выходной.

Используя последовательность этих действий для заданного выходного концепта, отражающего состояние предметной области, получаем новое состояние системы, приближая ее к желаемому результату.

Список литературы

- [1] Авдеева З. К., Ковригина С. В., Макаренко Д. И. Когнитивное моделирование для решения задач управления слабоструктурированными системами (ситуациями) // Управление большими системами. — 2007. — Выпуск 16, С. 26–39.
- [2] Kosko B. Fuzzy Cognitive Maps // International Journal of Man-Machine Studies. — 1986. — Vol. 1, P. 65–75.

2.13. Зайцев В. Н. Применение MES на горнодобывающих предприятиях с открытым способом добычи

В данной работе рассматривается эффективность применения информационных систем управления производственными процессами на горнодобывающих предприятиях с открытым способом добычи. Проводится сравнение информационных систем класса MES, анализируется имеющийся опыт внедрения MES на горнодобывающих предприятиях и предлагаются подходы к решению задачи управления горнотранспортным комплексом добывающих предприятий.

Эффективностью промышленного производства озабочены очень многие предприятия, что особенно относится к предприятиям горнодобывающей отрасли с открытым способом добычи, так как именно открытые горные работы характеризуются очень высокой стоимостью основных фондов [1]. Поэтому предприятия такого типа постоянно сталкиваются с задачей максимально эффективного использования имеющегося оборудования, уменьшения

эксплуатационных расходов и, в то же время, наращиванием объемов производства. Эффективность производственного предприятия связана с незапланированными изменениями функционирования производственного процесса, которыми могут являться отказ дробилки или поломка карьерного самосвала. Близко к решению проблем данного типа подходят системы управления производственными процессами (Manufacturing Execution System, MES) [2]. Данный класс информационных систем позволяет повысить энергоэффективность производства и получать оперативную сводку о текущем состоянии производственного процесса на основе ключевых показателей эффективности (KPI). Примерами KPI может быть процент извлечения основного сырья, обеспечение энергоресурсами [2]. Основная проблематика автоматизации управления производственным комплексом горных работ заключается в распределённой системе объектов управления с различными точкам приложения управляющих воздействий, динамическими свойствами исполняющих систем и объектов, а также неопределенностью внешних воздействий и характеристик объектов управления.

Поскольку управление горнодобывающим предприятием осуществляется в условиях неопределенности, предлагается использовать методы нечеткого моделирования и нечеткой логики для организации процесса управления. Но алгоритмизация такого класса объектов невозможна с использованием только аналитических методов и требует привлечения оперативной идентификации в системах управления, интеграции с комплексом АСУТП и комплексного имитационного моделирования.

Список литературы

- [1] Щепетов А. В., Сенкус В. В. Модернизация и реконструкция предприятий: организационно-экономический подход / М.: Издательство «Спутник+», 2011. — 86 с.
- [2] Питеркин С. В., Оладов Н. А., Исаев Д. В. Точно вовремя для России: Практика применения ERP-систем / М.: Альпина, 2002. — 368 с.

2.14. Зайцева Т. В., Игрунова С. В., Путивцева Н. П., Нестеров В. Г. Выбор инструментального средства для оценивания профессиональных компетенций

Контроль знаний является важной частью образовательного процесса в контексте Болонской системы и позволяет получить всестороннюю оценку уровня знаний студентов за счет оценивания сформированных компетенций [1]. Наиболее популярной формой контроля знаний является тестирование [2, 3]. В исследовании тестирование было рассмотрено как технологическое средство для измерения уровня знаний и инструмент, который позволил реализовать

эффективный контроль и организовать управление учебным процессом.

Целью является выбор инструментального средства для проверки степени соответствия реализации компетенций при тестировании студентов. Для достижения поставленной цели решались следующие задачи: анализ инструментов для оценивания профессиональных компетенций; обоснование методологии выбора инструментального средства из рассмотренных; разработка метода выбора.

В ходе исследования были рассмотрены и проанализированы различные инструментальные средства, используемые педагогами и андрагогами в учебном процессе. Для принятия решения об оптимальном средстве рассматривался метод многокритериального выбора альтернатив, основанный на композиционном правиле агрегирования описаний альтернатив с информацией о предпочтениях ЛПР, которые задаются в виде нечетких суждений [4]. При выборе альтернатив для каждой находилась удовлетворительность и вычислялась точечная оценка. Выбиралась альтернатива с наибольшим значением точечной оценки. Лучшей альтернативой из рассматриваемых инструментальных средств был выбран нейросетевой имитатор.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 13-07-00075 А).

Список литературы

- [1] Путивцева Н. П., Игрунова С. В., Зайцева Т. В., Нестерова Е. В., Лекова А. Е., Наливкин К. В. Компьютерная поддержка оценки рейтинга профессиональных компетенций студентов в сфере ИКТ [Текст] // Научные ведомости БелГУ. Сер. История. Политология. Экономика. Информатика. – 2014. – №8 (179), вып. 30/1. – с. 138-145.
- [2] Зайцева Т. В., Нестерова Е. В., Игрунова С. В., Путивцева Н. П., Пусная О. П., Нестеров В. Г. Реализация адаптивного тестирования уровня знаний студентов с использованием экспертной системы «RExpert» // Наука Красноярья. – 2013. – № 3(08), С. 122–138.
- [3] Зайцева Т. В., Пусная О. П., Нестеров В. Г., Смородина Н. Н., Игрунова С. В. О разработке модели адаптивного контроля знаний // Научные ведомости БелГУ. Серия: История. Политология. Экономика. Информатика. Белгород: Изд-во БелГУ. – 2013. – № 15(158), Выпуск 27/1, С. 223–227.
- [4] Демин П. В., Кривошеев А. О., Путивцева Н. П. Об одной процедуре выбора варианта программного обеспечения для организации // Научные ведомости БелГУ. Серия: История. Политология. Экономика. Информатика. – 2010. – № 19, Выпуск 16/1, С. 141–143.
- 2.15. Зимовец О. А., Маторин С. И. Преобразование графической модели в терминах «Узел-Функция-Объект» в описании на языке XPDL. Разработан оригинальный метод системного формализованного графоаналитического моделирования административных процедур (АП), который основан на диаграммах «Basic Flowchart Shapes» (BFSh-диаграммы), системном подходе «Узел – Функция – Объект» (УФО-подход) и интеграции алгебраических средств теории паттернов Гренандера (РТ) и исчисления процессов Милнера (CCS). Предложенный метод визуального моделирования, в отличие от других существующих методов, позволяет наглядно представить в одной модели и обрабатываемые в ходе АП документы, и исполняемые процессы, и выполняющих эти процессы подразделения или сотрудников. Кроме того, данный метод, с учетом реализованной возможности формализации визуальной модели, позволил создать алгоритм минимизации визуальных (графоаналитических) моделей АП и алгоритм трансформации графоаналитических моделей АП в конструкции языка XPDL. Применение предложенного метода позволяет повысить эффективность исполнения административных регламентов и управления административными процессами, а также упростить и ускорить процесс проектирования программной системы, предназначенной для оказания государственных и муниципальных услуг населению в электронном виде. Предложен новый способ формализации представления системы в терминах «Узел», «Функция», «Объект» за счет интеграции алгебраических средств РТ и CCS. Определены и описаны алгебраические операции на функциях УФО-элементов по аналогии с операциями на процессах в CCS. Формализованы процедуры декомпозиции и агрегации элементов визуальных моделей путем использования операций исчисления функций. Разработана методика трансформации графических элементов в алгебраические выражения, что позволило предложить алгоритм минимизации графоаналитических моделей АП путем анализа их алгебраического описания. Разработаны методика и алгоритм трансформации моделей АП в выражения на языке исполнения бизнес-процессов (XPDL), что обеспечивает ускорение процесса проектирования программной системы класса BPMS, предназначенной для оказания населению государственных и муниципальных услуг в электронном виде [1].
Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (№ ~13-07-00096).

Список литературы

- [1] Зимовец О. А., Маторин С. И. Системное графоаналитическое моделирование административных процедур / Белгород: Изд-во ООО ГиК, 2014. – 134 с.

2.16. Иванов Д. В., Ширинов И. Р. Критерий для оценки параметров многомерных по входу ARX систем дробного порядка с ошибками в переменных

Аппарат дробного математического анализа имеет множество приложений таких как теория вязкоупругости, теория хаоса, электрохимических процессов, трафика в компьютерных сетях. Поэтому развитие методов идентификации систем дробного порядка является актуальной задачей.

Производные и разности дробного порядка зависят от всех предыдущих значений временного ряда поэтому идентификация моделей дробного порядка более сложна в сравнении с моделями целого порядка. Обзор методов идентификации моделей дробного порядка представлен в [1]. В настоящее время активно развиваются методы нелинейного оценивания параметров динамических систем [2, 3].

По виду параметризации шума модели можно выделить две группы моделей: модель ошибки в уравнении (ARX-модель) и модель выходной ошибки. Идентификация моделей ошибки уравнения сводится к классической задаче регрессионного анализа и может быть решена методом наименьших квадратов. В моделях ошибки в уравнении считается, что помеха проходит через часть динамической системы, что не всегда удобно для приложений. Свободной от этого недостатка является модель выходной ошибки, однако идентификация данной модели существенно сложнее. Естественным обобщением двух данных моделей является ARX-модель с помехой наблюдения в выходном сигнале.

В данной работе предложен критерий для оценивания параметров многомерных по входу ARX дробного порядка систем с помехами наблюдения во входных и выходном сигналах. Доказано, что при неограниченных условиях на сигнал и помеху, получаемые оценки будут сильно состоятельны.

Список литературы

- [1] MALTI R., AOUN M., SABATIER J., OUSTALOU A. Tutorial on system identification using fractional differentiation models // 14th IFAC Symposium on System Identification (SYSID 2006), Newcastle, Australia. — 2006. — P. 606-611.
- [2] КАЦЮБА О.А. Теория идентификации стохастических динамических систем в условиях неопределенности / Самара: СамГУПС, 2008. — 119 с.
- [3] ИВАНОВ Д.В. Рекуррентное оценивание параметров динамических систем. Модели с ошибками в переменных. / Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH, 2011. — 136 с.

2.17. Карякин И. Ю., Карякина С. В., Карякин Ю. Е. Применение MultiTouch-технологий в инженерных расчетах

Работа посвящена разработке и расширению сферы применения современных информационных и компьютерных технологий для инженерных изысканий. Сенсорные экраны в смартфонах, планшетах, терминалах и т.д. стали привычными, и никто не сомневается в удобстве их использования. Очевидно, применение сенсорных мониторов и панелей принципиально может изменить процесс компьютерного эксперимента и моделирования.

Технология MultiTouch позволяет сенсорной панели распознавать несколько касаний одновременно, что совершенствует пользовательский интерфейс. Например, позволяет совмещать перемещение объекта, изменение размеров объекта и смену его параметров. MultiTouch-технологии безусловно перспективны для любого специалиста, использующего в своей практике компьютер.

Использование сенсорного стола вместо компьютера на сегодняшний день новая технология. Нас заинтересовала оценка трудоемкости разработки функционала для реализации математических моделей с целью проведения компьютерных экспериментов и возможность переориентации уже имеющегося компьютерного приложения на сенсорную панель.

В качестве тестовой задачи рассматривалась задача расчета теплопотерь через каркасные панели с учетом инфильтрации и «мостов холода» на основе физико-математической модели процесса нестационарного теплообмена [1-3].

Для реализации приложения на сенсорной панели потребовалось использование среды разработки Microsoft Visual Studio 2010, Microsoft SQL, Server Management Studio 2008 R2 [4].

Проведенная работа показала, что готовое программное приложение можно переориентировать на сенсорную панель в целях удобства его эксплуатации и повышения коммерческой привлекательности.

Список литературы

- [1] АКСЕНОВ Б.Г., КАРЯКИНА С.В. Динамика потерь тепловой энергии через легкие ограждающие конструкции // Известия академии наук. Энергетика. — 2000. — № 4, С. 153-159.
- [2] АКСЕНОВ Б.Г., КАРЯКИНА С.В. Численное решение задачи нестационарного теплообмена в многослойных ограждающих панелях // Математическое и информационное моделирование: сборник научных трудов. Вып. 4. — Тюмень: ТЮмГУ. — 2002. — С. 102-110.
- [3] АКСЕНОВ Б.Г., СЕМЯЧКИН Б.Е., КАРЯКИНА С.В. Теплофизическое обоснование выбора вариантов конструкций легких огражда-

дений // Изв. Вузов. Нефть и газ. — 2001. — № 3, С. 185–189.

- [4] КАРЯКИН Ю. Е. Компьютерное моделирование: учебное пособие / Тюмень: ТюмГУ, 2010. — 156 с.

2.18. Кихтенко В. А. hVault: методика виртуальной интеграции геопространственных данных

Описывается технология прозрачного отображения файловых архивов геопространственной информации в реляционную базу данных. Таким образом становится возможным выполнение произвольных запросов к данным на языке SQL, что существенно ускоряет создание программного обеспечения для работы с этими данными. Ключевой особенностью технологии является отсутствие необходимости в предобработке всего архива данных, что позволяет применить её к существующим сверхбольшим архивам.

В докладе представлен опыт применения hVault в ИВТ СО РАН для информационной и вычислительной поддержки тематических исследований с использованием 100 терабайтного архива данных дистанционного зондирования. Система доступа полностью интегрирована с системой оперативной потоковой обработки спутниковых снимков, что обеспечивает пополнение базы данных всем спектром предоставляемых продуктов в течение 15 минут после приема. Сама же hVault является вычислительным ядром и обеспечивает абстракцию от конкретных форматов и физического расположения данных. На её основе построен ряд исследовательских программ, а также WMS сервер, предоставляющий доступ ко всему архиву по стандартизированному протоколу.

При разработке данной технологии использовалось исключительно свободное программное обеспечение с открытым исходным кодом, а именно: база данных PostgreSQL с пространственными расширениями PostGIS, библиотеки HDF и GDAL. WMS сервер написан на языке Go, а для разработки исследовательского ПО активно используется интерактивная среда iPython.

2.19. Колев Ж. Математическая модель притока к скважине с синусоидальным горизонтальным окончанием

Известные формулы [1-3] для расчета дебита нефтяной скважины с открытым стволом широко применяются для оценки производительности вертикальных, либо горизонтальных скважин, однако, не дают картины работы отдельных участков ствола. Многими исследователями отмечается, что приток к горизонтальному стволу нефтяной скважины имеет U-образную форму, т.е. дебит участков в середине горизонтального ствола ниже, чем на его концах. Знание дебита отдельных участков, позволяет

оценить влияние интерференции на другие участки ствола с учетом расстояния между участками и их производительности, поэтому, остается невозможным использование аналитических формул в условиях работы системы нескольких стволов, таких как скважина с забуренным боковым стволом, боковым стволом с горизонтальным участком, для многоствольной, для многозабойных вертикальных, многозабойных горизонтальных и других скважин сложной архитектуры. На основе функции для потенциала точечного стока получена система уравнений описывающая приток к скважине произвольной траектории. Идея метода состоит в описании траектории скважины последовательно расположенными прямолинейными участками, длина которых много меньше длины ствола скважины. Прямолинейные участки представляются линиями стоков, а давление на стенке каждого участка находится как суперпозиция давлений, созданных всеми участками. Проведена оценка качества предлагаемой модели, показана сходимость со значениями, которые дают известные формулы для расчета продуктивности горизонтальных скважин. На основании проведенных численных экспериментов определена область применения скважин синусоидального профиля - сильно анизотропные пласты с низкой вертикальной проницаемостью.

Список литературы

- [1] БОРИСОВ Ю. П., ПИЛАТОВСКИЙ В. П., ТАБАКОВ В. П. Разработка нефтяных месторождений с горизонтальными и многозабойными скважинами / М.: Недра, 1964. — 364 с.
- [2] GIGER F. M. Horizontal Wells Production Techniques in Heterogeneous Reservoirs // Middle East Oil Technical Conference and Exhibition. — Bahrain, 11–14 March 1985.
- [3] JOSHI S. D. Augmentation of well productivity with slant and horizontal wells // J. of Petrol Techn. — June, 1988. — P. 729–739.

2.20. Коршунов С. А., Дородных Н. О. Программное средство визуализации результатов агентного моделирования

На сегодняшний день многие системы агентного моделирования (AnyLogic, Repast Symphony, MadKit, MASON, Breve, Framsticks, NetLogo) обеспечивают двухмерную и трехмерную визуализацию результатов работы своих моделей. При этом визуальное представление модели и объектов зачастую довольно схематично и недостаточно отражает специфику какой-либо предметной области.

Возникает проблема повышения когнитивности моделей в сочетании с процедурной генерацией сцены, которая избавляет разработчика от необходимости в «ручном» наполнении сцены. Для решения этой проблемы предлагается разработать программное средство, которое позволит автоматизировать

процесс визуализации результатов агентного моделирования. Для обеспечения визуализации используется WebGL – программная библиотека, реализованная на языке JavaScript, позволяющая создавать интерактивную 3D-графику.

В данной работе описан процесс разработки программного средства визуализации результатов агентного моделирования, а также его апробация на основе алгоритма поведения роя пчел, из примера входящего в состав MadKit [1]. При этом поведение пчел реализовано с использованием декларативного подхода к описанию поведения агентов [2].

Для реализации имитационной модели в виде веб-приложения используется протокол полнодуплексной связи WebSocket. Данный протокол позволяет серверу и клиенту асинхронно обмениваться данными, что позволяет осуществить реализацию имитационной модели в виде приложения на сервере, а терминалы пользователя использовать в качестве средства отображения результатов, причем отдельные терминалы могут отображать различные аспекты процесса имитационного моделирования.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ (проект № 14-07-31298)

Список литературы

- [1] MICHEL F., FERBER J., GUTKNECHT O. The Multiagent Development Kit. URL: <http://www.madkit.org/> (дата обращения: 10.10.2014).
- [2] Столбов А. Б., Павлов А. И. Разработка системы поддержки проектирования имитационных моделей сложных систем на основе декларативного метода описания агентов // Сборник докладов шестой всероссийской научно-практической конференции «Имитационное моделирование. Теория и практика» (ИММОД-2013). — 2013. — Т. 1, С. 267–270.

2.21. Кузьмина И. А. Система автоматизированного проектирования городской распределительной сети энергоснабжения с учетом перспектив развития города

Процесс проектирования городских распределительных сетей энергоснабжения связан с необходимостью учета и расчета большого числа параметров, возможных вариантов развития и сложностью их оценки [1]. Данные обстоятельства приводят к необходимости внедрения новых технологий для решения указанной задачи [2]. Для автоматизации решения задачи перспективного развития сети энергоснабжения разработана система автоматизированного проектирования (САПР) «ELNET».

САПР «ELNET» позволяет создавать, хранить и корректировать модели городских сетей энергоснабжения, производить расчет параметров элементов сетей, находить оптимальные варианты

развития сети энергоснабжения с учетом перспектив развития города. САПР «ELNET» обладает удобным интерфейсом взаимодействия пользователя с системой и системой визуализации моделей сетей.

В основу математического аппарата САПР «ELNET» положены методы решения задачи, основанные на декомпозиции задачи на три подзадачи [3], а также метод редукции задачи к совокупности трех вложенных задач глобальной минимизации [4]. Для решения каждой из подзадач разработаны оптимизационные алгоритмы (алгоритм ограниченного перебора, генетический алгоритм, параллельный пороговый алгоритм кластеризации, алгоритм кластеризации k -средних), выполнен анализ их эффективности.

Применение САПР «ELNET» для решения задачи перспективного развития сетей энергоснабжения позволяет существенно сократить время получения и сравнения вариантов развития сети и, следовательно, дает возможность получения оптимального решения за приемлемый срок.

Список литературы

- [1] АНАНИЧЕВА С. С., КАЛИНКИНА М. А. Практические задачи электрических сетей: Учебное пособие / Екатеринбург: УрФУ, 2012. — 112 с.
- [2] CHOW J. H., WU F. F., MOMON J. A. Applied mathematics for restructured electric power systems. Optimization, control, and computational intelligence / Springer Science, 2005. — 342 p.
- [3] ЧЕРНОРУЦКИЙ И. Г. Методы принятия решений / СПб.: БХВ-Петербург, 2005. — 416 с.
- [4] Экономическая кибернетика: Учебное пособие / Донецк: Донецкий государственный университет, 1999. — 397 с.

2.22. Кургалин С. Д., Залыгаева М. Е., Максимов А., Чурсин П. Об одной модели спирографического человеко-машинного интерфейса

Бурное развитие электроники и информационных технологий позволило создать и реализовать большое количество альтернативных человеко-машинных интерфейсов (ЧМИ) разной степени сложности. Многие из них стали незаменимыми помощниками в лечебных учреждениях, так как обеспечивают единственный способ коммуникации больных с отсутствием подвижности с окружающим миром. Один из таких интерфейсов основан на методе классификации дыхательного цикла по данным терморезистивной спирографии. Он позволяет человеку путем управления вводить символьную информацию в компьютер с отображением ее на экране монитора. В работе [1] представлена математическая модель данного метода с учетом влияния помех. Для их удаления использовались два фильтра: на базе программы микроконтроллера PIC 18F4550

и «простое скользящее среднее» с окном из 100 значений. Эффективность фильтрации сигнала была показана в ходе вычислительных экспериментов. Особенностью данной модели ЧМИ является возможность предварительной калибровки системы, которая позволяет работать в разных температурных условиях, а также дешевизна в производстве ЧМИ. Апробация спирографического ЧМИ проводилась в БСМП № 1 г. Воронежа. Испытуемые были разделены на 2 группы. Первая группа — студенты-медики и пациенты больницы, не имеющие диагноза «инсульт головного мозга». В ходе испытаний каждому из 24 человек предлагалось ввести последовательность из 6 символов. Вторая группа — пациенты, перенесшие инсульт головного мозга с разными очагами поражения. Результаты испытаний показали, что средняя вероятность ошибки составляет 0.12, а стандартное отклонение 0.09, следовательно, ЧМИ отличается стабильностью и низкой вероятностью ошибки при вводе символов.

Список литературы

- [1] МАКСИМОВ А.В., КУРГАЛИН С.Д., ТУРОВСКИЙ Я.А. Спирографический интерфейс взаимодействия человека и компьютера // Информатика: проблемы, методология, технологии: Материалы XIV Межд. науч.-метод. конф. — Воронеж, 2014. — Т. 3, С. 124–128

2.23. Лобыкин А. А. Облачные решения для информационной системы обработки лидарных данных

В исследованиях дистанционного зондирования атмосферы накоплены большие объемы лидарных данных, которые необходимо хранить, осуществлять к ним доступ и проводить обработку выбранных наборов, данных с целью получения различных физических величин. С этой целью были разработаны вычислительные программные комплексы, например, в ИОА СО РАН программа RAD [1]. Лидарные данные имеют различную структуру, а программы обработки их могут не подходить по структуре данных от одной исследовательской группы к другой.

Перед автором была поставлена задача поиска подхода, позволяющего создать информационно-вычислительную среду обработки лидарных данных, учитывая выше перечисленные особенности, а также позволяющую интегрировать усилия нескольких географически отдаленных групп исследователей с помощью облачного сервиса (SaaS, программное обеспечение как сервис).

Был проведен обзор облачных платформ (PaaS), необходимых для развертки программного обеспечения как сервис (SaaS). Следует отметить, что данные решения имеют схожие функции и область применения.

Главной особенностью ИС RAD архитектуры является SOA совместимость. Как показано в работе [2] по миграции ИС в облачную среду, использование SOA значительно облегчает, и является крайне необходимым условием для миграции ИС в облачную среду.

Для реализации описанного подхода выбрана и развернута платформа Eucalyptus, которая отвечает поставленным требованиям. Сформулированы требования к архитектуре облачной информационной системы, модулям хранения лидарных данных и, на примере хранилища ИОА СО РАН осуществляется отладка облачной информационной системы RAD.

Список литературы

- [1] БОЙЧЕНКО И.В., КАТАЕВ М.Ю., МАРИЧЕВ В.Н. Информационная система для анализа данных лидарного зондирования озона // Гидрология и метеорология. — 2001. — № 12, С. 96–105
- [2] ЛОБЫКИН А.А. Миграция информационных систем в среду облачных технологий, как способ расширения функциональности на примере модели информационной системы для сбора и обработки статистической информации // IV Всероссийская конференция «Математическое моделирование и вычислительно-информационные технологии в междисциплинарных научных исследованиях». — Иркутск, 30 июня – 4 июля 2014 г. — С. 41.

2.24. Лях Т. В., Зюбин В. Е. Использование языка Рефлекс в системах управления на базе Qt

На сегодняшний день текущая практика промышленной автоматизации предполагает, что автоматизированные системы управления создаются исключительно на базе цифровой техники в виде программно-аппаратных комплексов. При этом наблюдается тенденция к усложнению программной составляющей таких систем, повышению ее функциональности и общей трудоемкости реализации. Поэтому интерес представляет поиск и создание языков программирования и программного обеспечения для описания алгоритмов управления объектами автоматизации.

Задачи автоматизации имеют ряд характерных особенностей, и потому на управляющее ПО и языки программирования накладывается ряд особых требований [1]. Процесс-ориентированный язык Рефлекс был создан для описания алгоритмов управления при решении задач промышленной автоматизации [2]. Язык предназначался для создания алгоритмов функционирования ПЛК (программируемых логических контроллеров). В 2014 году в Институте автоматизации и электрометрии СО РАН при разработке системы управления Большим солнечным вакуумным телескопом (БСТВ, поселок

Листвянка, Иркутский район) возникла необходимость встроить алгоритм, описанный на языке Рефлекс, в проект Qt. Алгоритм должен был передавать данные и команды объекту через программную прослойку: набор драйверов, общающихся непосредственно с управляемым объектом. Методика встраивания кода, сгенерированного из описания на языке Рефлекс, в управляющие системы, созданные в среде Qt, описана в данной статье.

Для достижения этой цели был разработан алгоритм настройки текстового редактора Notepad++, облегчающий разработку алгоритма и генерацию исполняемого кода. Транслятор из языка Рефлекс в язык Си был расширен модулями генерации конфигурационных файлов для бесшовной интеграции в проект Qt. Был создан модуль обмена значениями входных и выходных сигналов с драйверами элементов объекта управления. Были созданы модули обмена событийной информацией между алгоритмом управления, описанного на языке Рефлекс, и GUI, позволяющие буферизацию входных и выходных сообщений.

На языке Рефлекс был описан алгоритм управления вакуумной системой БСВТ, который был встроен в целевую SCADA-систему.

Список литературы

- [1] Зюбин В. Е. Язык Рефлекс - диалект Си для программируемых логических контроллеров // Шестая международная научно-практическая конференция "Средства и системы автоматизации" CSAF'06. — Томск, 1-3 ноября 2005 г. — Томск: ТУСУР, 2005.
- [2] Зюбин В. Е. Процесс-ориентированное программирование: Учеб.-метод. пособие / Новосиб. гос. ун-т. Новосибирск, 2011. — 192 с.

2.25. Марьин С. Двухфазное планирование выполнения композитных приложений в облачных средах

Повышение эффективности использования облачных вычислительных ресурсов является актуальной проблемой в свете стремительного роста популярности общественных облаков. Имеющиеся в этих облаках механизмы автоматического масштабирования весьма примитивны [1], а задача планирования, т.е. распределения по вычислительным ресурсам множества задач, связанных по данным, составляющих единое композитное приложение (workflow), является NP-трудной. Существующие подходы [2] не учитывают в достаточной мере фундаментальной ориентированности облачных вычислений на конечного пользователя. По сути, пользователя интересует в первую очередь цена арендуемых в облаке ресурсов, а не распределение задач по виртуальным машинам, если задачи успевают выполняться в заданный срок. Такая точка зрения позволяет рассматривать процесс планирования разделённым на две

фазы: оптимизацию выбора вычислительных ресурсов и распределение задач по выбранным ресурсам. Представленное в данной работе разделение процесса планирования позволяет подбирать алгоритм для каждой из фаз независимо - выходные данные алгоритма оптимизации ресурсов (набор используемых ресурсов) будут входными данными для алгоритма распределения задач. Эффективность планирования повышается за счёт дополнительных итераций фазы оптимизации ресурсов, использующей результаты планирования задач как оценку качества выбора ресурсов. В фазе распределения задач могут использоваться как существующие алгоритмы планирования для облаков, так и алгоритмы, разработанные без учёта специфики облачных вычислений. Для проверки эффективности разработанного подхода было произведено имитационное моделирование. Двухфазное планирование осуществлялось на основе генетического алгоритма, работающего поверх алгоритма облачного планирования IC-PCPD2 [3]. Сравнение эффективности с этим же (IC-PCPD2) алгоритмом, работающим в штатном режиме, показало уменьшение стоимости выполнения пользовательского композитного приложения в среднем на 49%.

Работа выполнена при поддержке гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских учёных № МК-6628.2014.9.

Список литературы

- [1] MAO M., HUMPHREY M. Auto-scaling to minimize cost and meet application deadlines in cloud workflows // Int. Conference High Performance Computing, Networking, Storage and Analysis. — 2011. — С. 1–12.
- [2] SINGH L., SINGH S. A Survey of Workflow Scheduling Algorithms and Research Issues // International Journal of Computer Applications. — 2013. — Т. 74, № 15, С. 21–28.
- [3] ABRISHAMI S., NAGHIBZADEH M., ЕРЕМА Д. Н. J. Deadline-constrained workflow scheduling algorithms for Infrastructure as a Service Clouds // Future Generation Computer Systems. — 2013. — Т. 29, № 1, С. 158–169.

2.26. Мельников П. В. Сокращение размерности пространства признаков для классификации гиперспектральных изображений

В настоящее время в связи с интенсивным развитием средств и технологий дистанционного зондирования все большую актуальность приобретает задача распознавания гиперспектральных изображений. Главными особенностями таких изображений являются большое количество спектральных каналов, которое может достигать нескольких сотен, и малая ширина каждого канала (порядка 3-5 нанометров) [1].

Значительное увеличение числа каналов в гиперспектральном изображении приводит к тому, что большинство существующих алгоритмов обработки мультиспектральных изображений становятся непригодными для гиперспектральных изображений. Ограничения могут быть связаны как с теоретической невозможностью работы с данными большой размерности, так и с неприемлемым увеличением времени работы или объема используемой памяти. Одним из подходов к решению этой проблемы является выделение информативных подсистем признаков, которые позволят использовать алгоритмы, хорошо зарекомендовавшие себя при обработке традиционных мультиспектральных изображений [2]. Поэтому задача выбора минимальной информативной подсистемы признаков является актуальной [3].

В данной работе предлагается процедура генерации минимальных систем информативных признаков и снижения размерности пространства признаков при распознавании гиперспектральных изображений. Предложенный подход основан на применении метода главных компонент к блокам коррелированных каналов и выборе информативных компонент путем анализа собственных чисел матрицы ковариации. Алгоритм позволяет на порядок сократить количество используемых при распознавании признаков без существенного ухудшения качества классификации.

Исследуется эффективность метода в задачах обучаемой классификации на примере распознавания гиперспектрального изображения Indian Pines с сенсора AVIRIS с помощью метода опорных векторов (SVM).

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (№ 13-07-12202-офи_м, 14-07-31320-мол-а).

Список литературы

- [1] BORENGASSER M. Hyperspectral Remote Sensing – Principles and Applications / CRC Press, 2004.
- [2] DU L. P. ET AL. Reducing dimensionality of hyperspectral data with diffusion maps and clustering with k-means and Fuzzy ART // International Journal of Systems, Control and Communications 3.3. — 2011. — P. 232–251.
- [3] BRUCE L. M., KOGER C. H., JIANG L. Dimensionality reduction of hyperspectral data using discrete wavelet transform feature extraction // IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing. — 2002. — Vol. 40, P. 2331–2338.

2.27. Мигов Д. А. Показатели надёжности для электроэнергетических сетей

Анализ надёжности электроэнергетических сетей представляет собой сложнейшую научно-техническую задачу [1-4]. При анализе надёжности сетей связи и транспортных сетей, как правило, пользуются моделями, основанными на случайных

графах с независимыми отказами элементов. В случае электроэнергетических сетей такие модели не смогут адекватно описать данную предметную область, так как надёжность таких сетей характеризуется в первую очередь рисками каскадных отключений элементов. Другими словами, случайный выход из строя одного элемента может мгновенно спровоцировать отказ еще одного или группы элементов, что в свою очередь также провоцирует к отказу других элементов, и т.д. Такие отказы являются зависимыми и являются гораздо более сложным объектом для моделирования и анализа.

Мы предлагаем осуществлять анализ надёжности с помощью нескольких стохастических характеристик в условиях зависимых отказов: вероятность того, случайный отказ некоторых элементов системы приведет к каскадному отключению значительной части сети и вероятность исправной работы электроэнергетической сети для обеспечения наперед заданного уровня функционирования. Для определения отдельных элементов сети, выход которых представляет собой наибольшую угрозу, использованы известные методы для анализа характеристики сети, известной в англоязычной литературе как «N-k contingency», что служит входными данными для разработанных методов. Исследованы различные варианты глубины каскадного отключения.

Работа выполнена при финансовой поддержке мэрии г. Новосибирска (грант № 39-14).

Список литературы

- [1] CHANG L., WUB Z. Performance and reliability of electrical power grids under cascading failures // International Journal of Electrical Power & Energy Systems. — 2011. — Vol. 33, NO 8, P. 1410–1419.
- [2] HINES P., BALASUBRAMANIAM K., SANCHEZ E. Cascading failures in power grids // IEEE Potentials. — 2009. — Vol. 28, No 5, P. 24–30.
- [3] TURITSYN K., SULC P., BACKHAUS S., CHERTKOV M. Options for control of reactive power by distributed photovoltaic generators // Proc. of the IEEE. — 2011. — Vol. 99, NO 6, P. 1063–1073.
- [4] BROWN R. E., FREEMAN L. A. A. Analyzing the reliability impact of distributed generation // IEEE Power Engineering Society Summer Meeting. — 2001. — Vol. 2, P. 1013–1018.

2.28. Мигов Д. А. Оптимальное размещение подзаряжающих устройств в беспроводных сенсорных сетях

Беспроводные сенсорные сети (БСС, wireless sensor networks) получают всё большее развитие в последние два десятилетия, что связано, в первую очередь, с многочисленными приложениями в различных областях, простотой их развертывания, и рядом других преимуществ [1-4]. Основная цель при ис-

пользовании таких сетей заключается в мониторинге различных объектов: зданий, местности, и многих других. Узлы БСС содержат некоторые датчики, которые могут быть самыми разнообразными. При практическом использовании таких сетей решающее значение имеет ограниченность заряда аккумуляторной батареи сенсоров. Это делает задачу максимального увеличения времени жизни сети наиболее актуальной при изучении БСС.

Одним из наиболее перспективных подходов к решению задачи увеличения времени жизни БСС является получение энергии из окружающей среды (energy harvesting). Для этого может быть использована энергия солнца, ветра, излучения, и другие источники [1]. Также активно ведутся работы по разработке технологий беспроводной передачи энергии, что позволит осуществлять подзарядку разряжающихся батарей сенсоров [2, 3].

Мы предлагаем некоторые подходы для оптимизации подзарядки БСС с использованием вышеуказанных технологий – нахождение оптимальных мест для осуществления беспроводной подзарядки группы сенсоров при помощи мобильного подзаряжающего устройства, выбор оптимального места для размещения станции обслуживания мобильного подзаряжающего устройства, и оптимальное размещение статических подзаряжающих устройств. Сами подзаряжающие устройства при этом могут в свою очередь получать энергию из окружающей среды. Предложенные методы основаны на методах решения известных задач из теории графов – размещение р-медиан и р-центров, модифицированных для рассматриваемого случая.

Работа выполнена при финансовой поддержке Программы фундаментальных исследований президиума РАН.

Список литературы

- [1] ZUNGERU A. M., ANG L.-M., PRABAHARAN S. R. S., SENG K. P. Radio frequency energy harvesting and management for wireless sensor networks // Green Mobile Devices and Networks: Energy Optimization and Scavenging Techniques, CRC Press. — 2012. — P. 341–368.
- [2] KURS A., MOFFATT R., SOLJACIC M. Simultaneous mid-range power transfer to multiple devices // Appl. Phys. Lett. — 2010. — Vol. 96, P. 044102-1–044102-3.
- [3] XIE L., SHI Y., HOU Y. T., LOU A. Wireless power transfer and applications to sensor networks // IEEE Wireless Communications. — 2013. — Vol. 20, No 4, P. 140–145.
- [4] MIGOV D., SHAKHOV V. Reliability of ad hoc networks with imperfect nodes // Springer Lecture Notes in Computer Science (in MACOM 2014). — 2014. — Vol. 8715, P. 49–58.
- 2.29. Миков Л. С., Гиниятуллина О. Л., Потапов В. П. Разработка системы мониторинга земной поверхности на основе радарных данных**
В работе рассматривается информационная система мониторинга земной поверхности на основе радарных данных и результатов их интерферометрической обработки. Показан интерфейс информационной системы, приведено описание её компонентов. Создание сервиса, объединяющего картографическую информацию, модели рельефа и расчётные модели смещений земной поверхности в рамках одной информационной системы, может помочь в мониторинге антропогенного воздействия на окружающую среду, последствий сейсмических событий как природного, так и техногенного характера [1]. Кроме того, такая система может стать очень важным инструментом поддержки принятия решений, связанных с обеспечением безопасности в сейсмоопасных регионах и регионах с высокой техногенной нагрузкой, так как оценка вертикальных смещений [2] показывает актуальность проблемы деформаций земной поверхности для таких региона и целесообразность осуществления постоянного мониторинга с применением технологий радарной интерферометрии.
Предполагается, что разрабатываемая информационная система будет состоять из следующих элементов: подсистема хранения радарных данных (импорт, хранение, предварительный анализ данных и ведение проектов обработки, а также хранение всех промежуточных данных); подсистема обработки радарных данных (все этапы интерферометрической обработки [3], создание новых данных на основе программного комплекса SARscape и ERDAS); подсистема анализа и визуализации цифровых моделей рельефа (ЦМР) и карт смещений земной поверхности (операции с полученными ЦМР и картами смещений, отображение данных на карте).
Разрабатываемая информационная система является инструментом научно-практического применения интерферометрической технологии обработки радарных изображений, позволяет формировать ЦМР и карты смещений, анализировать их и просматривать результаты в графическом виде, что значительно сокращает трудоемкость и повышает качество анализа данных, сокращая тем самым время и стоимость научно-исследовательских работ.

Список литературы

- [1] Потапов В. П., Миков Л. С., Гиниятуллина О. Л. Разработка элементов геоинформационной системы обработки радарных данных для задач горнопромышленного региона // Обработка пространственных данных и дистанционный мониторинг природной среды и масштабных антропогенных процессов (DPRS'2013):

Тезисы всероссийской конференции. — 30 сентября — 4 октября 2013. — Барнаул. — С. 60.

- [2] Потапов В. П., Гиниятуллина О. Л., Миков Л. С. Определение деформаций земной поверхности в сейсмоопасных районах Кузбасса по данным COSMO-SkyMed и ALOS PALSAR // Региональные проблемы дистанционного зондирования Земли: Тезисы конференции 23–26 сентября 2014. — Красноярск. — С. 35–38
- [3] NARINARAN P. Basics of interferometry / Sydney: Academic Press, 2007. — 225 с.

2.30. Миндиярова Н. Г. Использование информационных технологий в образовании

В настоящее время особую важность приобретает информатизация всех сфер жизнедеятельности человека: науки, техники, образования, производства на базе реализации возможностей информационных и коммуникационных технологий (ИКТ).

Одним из приоритетных направлений информатизации современного общества является информатизация образования. Цель информатизации образования состоит в глобальной рационализации интеллектуальной деятельности за счет использования новых информационных технологий.

В настоящее время уже создано множество программных продуктов для автоматизации учебного процесса, однако большинство из них позволяют автоматизировать лишь отдельные элементы учебного процесса, например: только хранение личных карточек студентов, или формирование выписок в диплом, или только кадровый учет, формирование расписания, и т.д.. Хотя очевидным является тот факт, что все эти процессы очень тесно друг с другом связаны, отделить их друг от друга невозможно, а, значит, и автоматизировать их отдельно друг от друга — неэффективно. Все процессы внутри учебного заведения должны автоматизироваться в комплексе, а вся информация, сопровождающая их, должна находиться в консолидированной форме в единой базе данных.

Целью данной работы является проектирование автоматизированной системы для заместителя директора общеобразовательного учреждения по учебно-воспитательной работе. Это позволит оперативно вносить, изменять и предоставлять информацию по запросам, значительно сократит временные затраты на обработку информации, уменьшит количество документации, хранящейся на бумажных носителях.

Можно еще выделить следующие пункты автоматизированного варианта решения задачи с учетом функциональных подсистем.

Делопроизводство: позволит автоматизировано вести базы данных личных дел сотрудников и учащегося контингента учреждения; формировать адресную и алфавитную книги; в динамическом режиме

создавать отчеты любых форм и содержания, в том числе стандартные статистические отчеты (ОШ-1, сверка кадров); готовить документы, необходимые для прохождения процедуры аттестации (лицензирования) учреждения.

Успеваемость: позволит вести учет успеваемости учащихся в виде абсолютных, относительных и обобщенных показателей по отчетным периодам и срезам знаний.

Аналитика:

- позволит получать данные, необходимые для мониторинга качества образовательного процесса в учреждении (степень обученности, качество знаний, успеваемость отдельно по учащимся, педагогам и дисциплинам), проведения аттестации и управления переподготовкой кадров.

- повысит степень достоверности обработки информации об успеваемости учащихся, степень защищенности информации, а также степень достоверности информации, необходимой для принятия управленческих решений.

Информационная система должна предоставлять возможность печати всех необходимых документов, что позволит отказаться от рутинной ручной работы завуча и приведёт к эффективной работе школы.

2.31. Михелёв В. В. Использование технологий параллельного программирования для сортировки данных большого объёма

В настоящее время во всех современных информационных системах данные обычно сортируются с целью облегчения последующей их обработки: поиска, добавления или исключения объектов [1]. Однако прогресс не стоит на месте, организации создают огромные объёмы данных, называемые «большие данные» («big data»- англ.).

В сущности, понятие больших данных подразумевает работу с информацией огромного объема и разнообразного состава, весьма часто обновляемой и находящейся в разных источниках в целях увеличения эффективности работы, создания новых продуктов и повышения конкурентоспособности. В связи с этим, проблема ускорения процесса сортировки стоит достаточно остро, поэтому нами были разработаны улучшенные алгоритмы сортировок с использованием технологии параллельного программирования [2, 3], проведено их исследование и разработаны рекомендации по их использованию.

В работе рассмотрены различные алгоритмы сортировок [1, 2] и приведен сравнительный анализ последовательных и параллельных алгоритмов их реализации.

Выявлено, что пузырьковая сортировка является достаточно медленным алгоритмом сортировки, однако возможно его значительно ускорить за счет распараллеливания. Для этого можно применить метод нечетной перестановки.

Алгоритм сортировки выбором — один из классических методов упорядочивания элементов последовательности. Суть алгоритма заключается в последовательном нахождении минимального значения в выборке и перестановки найденного значения в начало выборки, таким образом, получаем отсортированную последовательность. Можно распараллелить поиск минимального значения в выборке, значительно повысив эффективность алгоритма.

Быстрая сортировка является существенно улучшенным вариантом алгоритма сортировки с помощью прямого обмена, известного своей низкой эффективностью. Принципиальное отличие этого алгоритма состоит в том, что в первую очередь производятся перестановки на наибольшем возможном расстоянии и после каждого прохода элементы делятся на две независимые группы. Известно, что с ростом объема данных эффективность сортировок уменьшается. Этот факт и взят за основу параллельного алгоритма быстрой сортировки.

Полученные результаты вычислительного эксперимента показывают, что распараллеливание алгоритмов сортировки действительно приводит к увеличению их эффективности при совместном использовании технологий параллельного программирования MPI и OpenMP. Эффективность использования технологий параллельного программирования особенно высока для сортировки данных большого объема.

Научный руководитель - канд. техн. наук, профессор. Синюк В. Г.

Список литературы

- [1] Синюк В. Г., Рязанов Ю. Д. Структуры и алгоритмы обработки данных: лабораторный практикум: учебное пособие / Белгород: Изд-во БГТУ, 2009. — 196 с.
- [2] Кнут Д. Искусство программирования. Том 1. Основные алгоритмы / М., Изд-во Вильямс, 2010.
- [3] ГЕРГЕЛЬ В. Современные языки и технологии параллельного программирования / М., Изд-во МГУ, 2012.

2.32. Ниссенбаум О. В., Харченко А. М. Адаптивное определение параметров алгоритма кластеризации потоков данных, взвешенных по времени.

На основании динамического ЕМ-алгоритма [1, 2] построен алгоритм кластеризации для потока данных, взвешенных по времени поступления [3]. Алгоритм предназначен для кластеризации данных с нормальным распределением в \mathbb{R}^n , параметры которого изменяются во времени, что соответствует ситуации в реальных динамических системах, таких как компьютерные системы, сети связи и т.п. Хранения обработанных данных не требуется, алгоритм

эффективно вычислим, может применяться в системах реального времени.

В качестве весовой функции данных от времени t , прошедшего с момента поступления, выбрана экспоненциальная функция $w(t) = e^{-at}$, $t \geq 0$, обеспечивающая эффективно вычисляемый пересчет параметров кластеров в момент поступления новой точки, накопление весов точек в параметрах кластера и, как следствие, отсутствие необходимости хранения обработанных точек.

Получен адаптивный эвристический алгоритм определения параметра весовой функции a .

Проведен ряд экспериментов на имитационной модели потока с нормальной плотностью распределения кластеров с изменяющимися параметрами распределения (среднее и ковариационная матрица), с целью разработанного алгоритма.

Список литературы

- [1] CHANDRIKA J., ANANDA KUMAR K. R. Dynamic Clustering Of High Speed Data Streams // International J. of Comp. Sc. Issues. — 2012. — Vol. 9, No. 1, P. 224–228
- [2] SONG M., HONGBIN W. Highly efficient incremental estimation of Gaussian mixture models for online data stream clustering // Proceedings of SPIE 5803. — 2005. P. 174–183.
- [3] Ниссенбаум О. В. Алгоритм кластеризации потока данных с изменяющимися параметрами распределения // Вестник ТюмГУ — 2013. — № 6, С. 180–186.

2.33. Пастушков И. С. Разработка и реализация алгоритма извлечения онтологии из научного текста произвольной структуры

Проблема поиска информации — одна из вечных проблем человеческого сообщества. На протяжении своего многотысячелетнего развития его представители неустанно находятся в поиске того, где находится что-либо: пища, жилище, пастбища, дороги, сокровища и т. п. Обобщая задачи поиска, можно сказать, что человечество постоянно находится в поиске знаний.

В извлечении фактов проблемой является то, что даже если термин употребляется в документе, не факт, что из этого можно извлечь какую-либо полезную информацию.

Для извлечения фактов из текста необходимо извлечь онтологию, чтобы на её основе реализовать алгоритм фактографического поиска. В извлечении онтологии и состоит задача.

На сегодняшний день существует большое количество подходов для обработки естественного языка, но в большинстве своём, они не подходят для данной задачи. Проблема в том, что английский, для которого, в основном, такие системы создаются, как и большая часть романо-германских языков, не обладает настолько сложной морфологией, как русский.

Система извлечения морфологий должна основываться на обучаемом алгоритме без учителя, поскольку даже тексты авторов одного направления могут обучить алгоритм противоположным вещам. В данной работе, на основе морфологического анализа текста с помощью метода опорных векторов и словаря корпуса русского языка, а также последующего применения метода случайных блужданий был получен список семантически связанных слов, опираясь на который можно построить онтологию для конкретного документа, что в свою очередь является основой для реализации алгоритма фактографического поиска.

В качестве результата данной работы:

- Разработан и реализован морфологический анализатор для русского языка ;
- Разработан и реализован алгоритм извлечения слов с заданной семантической связностью;
- Проведена исследовательская работа по изучению различных алгоритмов фактографического поиска.

Разработка производилась на языке Python.

В перспективе:

- На основе полученных результатов реализовать алгоритм фактографического поиска
- Сделать поиск масштабируемым, что позволит проводить поиск более, чем по одному документу
- Оптимизировать исходный код для большей производительности

Список литературы

- [1] СОЕЛНО L.P., RICHERT W. Building Machine Learning Systems with Python
- [2] МАННИНГ К.Д., РАГХАВАН П., ШЮТЦЕ Х. Введение в информационный поиск / Вильямс, 2011.

2.34. Плебан И. В. Система для автоматизации печати документов

На данный момент мы можем наблюдать широкое распространение разнообразных терминалов: от различных платежных до фототерминалов. И это не удивительно, ведь такой подход значительно облегчает работу с некоторыми системами. В качестве примера можно рассмотреть покупку билета на вокзалах. Использование терминалов совместно с традиционным способом обслуживания уменьшает очереди в кассах вокзала, а, следовательно, уменьшает затраты времени на приобретение билета.

Так как терминалы могут устанавливаться практически везде, они получили такое широкое распространение. Но на этом потенциал применения терминалов не заканчивается. Огромное количество социальных взаимодействий фиксируется каким-либо документом, в жизни каждого человека возникает необходимость в срочной печати. А так как услуга печати предоставляется ограниченным числом

учреждений, то возникает проблема осложнения и понижения оперативности печати из-за необходимости поиска такого учреждения. Целью данной работы является создание такого программного обеспечения для терминала, который бы упростил и ускорил процесс печати документов.

Для достижения поставленной цели необходимо: спроектировать программное обеспечение, реализовать его и протестировать в рамках КузГТУ. Система автоматизации процесса печати документов на данный момент находится на стадии разработки. Функциональные блоки приложения:

1. основное окно с деревом каталогов и файлов;
2. окно ввода данных банковской карты;
3. окно настройки параметров печати.

В главное окно приложения выводится информация о подключенных носителях, а также, элементы управления, отвечающие за предпросмотр и печать документов основных форматов (текстовые файлы Word, электронная таблица Excel, изображения и электронные книги) на этих носителях. Информация выводится в виде дерева.

По завершению разработки системы планируется ее внедрение и тестирование в рамках КузГТУ. В результате, такое приложение позволит не только ускорить и упростить процесс печати документов, но и минимизировать число ошибок, исключить необходимость задействования в работе сотрудников. А также, оно позволит получать большему количеству учреждений прибыль со срочной печати документов.

2.35. Плебан И. В. Система управления поручениями для образовательных учреждений

Система управления поручениями КузГТУ – это веб-приложение, которое предназначено для организации распределения поручений между участниками какой-либо группы. Данная система позволяет создавать поручения как одному, так и нескольким работникам сразу, комментировать, просматривать все отправленные и полученные поручения, а также отслеживать их выполнение и составлять отчеты за определенный период.

Разработанный продукт представляет собой веб-приложение, обладающее простым и понятным интерфейсом и необходимым функционалом, а именно:

- регистрация и авторизация с ограничением прав доступа;
- создание новых поручений, как одному человеку, так и группе лиц с назначением главного ответственного;
- разбиение поручения на подпоручения, а также перенаправление поручения другому ответственному лицу;

- редактирование и удаление поручений;
- отслеживание уровня выполнения поручений;
- комментирование поручений;
- назначение даты завершения задачи;
- просмотр всех сотрудников организации;
- создание заметок («напоминалок»);
- анализ продуктивности работы вуза;
- отображение актуальных задач пользователя в удобочитаемом виде;
- формирование отчетов за год, квартал и месяц о выполненных и невыполненных поручениях.

2.36. Постарнак Д., Шапцев В.А. Планирование экспериментов по исследованию алгоритма вероятностной нейронной сети адаптивного резонанса

В докладе обосновывается план эксперимента по оценке эффективности оригинального метода распознавания образов [1], обеспечивающего ускорение классификации на базе нейронных сетей адаптивного резонанса (PART [2, 3]).

Принципиальной основой эксперимента является фиксация результатов распознавания графических образов после обучающей процедуры и различного рода зашумлённостей (искажений) образов. Число попыток распознавания определяется методами математической статистики. Показателями, оцениваемыми в процессе набора статистики, являются:

- точечная оценка вероятности успешного распознавания;
- интервальная оценка этой вероятности;
- степень устойчивости этих показателей к изменению характера шума;
- вариативность первых всех показателей при изменении класса образов.

Представляются интересными зависимости этих показателей от объёма обучающей выборки и полноты данных об объектах. В процессе экспериментов будет фиксироваться время работы алгоритма для оценки требуемой производительности вычислителя.

Цель выступления – обсуждение корректности постановки задачи.

Список литературы

- [1] ПОСТАРНАК Д. В. Критический анализ моделей нейронных сетей // Вестник ТюмГУ. — 2012. № 4, С. 162-167.
- [2] ТЕРЕХОВ С. А. Лекции по теории и приложениям искусственных нейронных сетей // Лаборатория искусственных нейронных сетей НТО-2. Снежинск: ВНИИТФ, 1998.
- [3] ПОСТАРНАК Д. В. Метод выбора направления для ускорения классификации с помощью вероятностной нейронной сети адаптивного

резонанса // Математическое и информационное моделирование: сборник научных трудов. — 2013. — № 13, С. 218-229.

2.37. Путивцева Н.П., Игрунова С.В., Зайцева Т.В., Переверзева О. Об особенностях моделировании уровня загрязнённости трансграничных водных объектов

Работа посвящена исследованию особенностей моделирования и прогнозирования уровня загрязнённости трансграничных водоемов.

Особенности трансграничных водных объектов связаны с тем, что отдельные участки, находящиеся на территории разных государств, подвергаются специфическим воздействиям и характеризуются различным уровнем загрязнённости. В связи с этим возникает вопрос, каким образом осуществлять моделирование данных объектов: либо строить систему независимых линейных уравнений, либо системы одновременных уравнений для случая, когда изменения параметров загрязнённости водоема на различных его участках являются взаимозависимыми, либо построением авторегрессионных моделей временных рядов.

Рассмотрены два подхода:

1. модели авторегрессии, оценивающие влияние предыдущего состояния процесса на будущее;
2. тест Чоу, проверяющий, привело ли изменение характера динамики изучаемого показателя к изменению параметров тренда.

Для проведения сравнительного анализа влияния вредных веществ на разных участках трансграничных водоемов привлекались эксперты-гидрологи, экспертные суждения которых обрабатывались с использованием матриц парных сравнений и шкалы метода анализа иерархий Саати. Для обработки экспертных суждений и получения групповых экспертных оценок был разработан программный модуль.

Список литературы

- [1] Виноградов Ю.Б., Виноградова Т.А. Современные проблемы гидрологии: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / М.: Издательский центр "Академия 2008.
- [2] Ясинский С.В. Формирование гидрологического режима водосборов малых равнинных рек: автореф. дисс. д-ра геогр. наук: 25.00.27. М.: 2009.
- [3] ПУТИВЦЕВА Н.П., ИГРУНОВА С.В., ПЕТИНА М.А., МАМАТОВ Р.А. Архитектура программной поддержки и данных мониторинга водных ресурсов Вопросы радиоэлектроники // Серия Электронная вычислительная техника. Вып. 1. — Москва. — 2013.

- [4] Зайцева Т.В., Игрунова С.В., Путивцева Н.П., Пусная О.П., Манзуланич М.Ю. Компьютерная технология генерации правил для гибридных продукционно-фреймовых экспертных систем // Вопросы радиоэлектроники, Сер. ЭВТ. — 2011. — Вып. 1.

2.38. Рахимова Р. Информационная система "Ипподром"

В работе выполнено проектирование и создание автоматизированного рабочего места менеджера ипподрома. Информационная система реализована в среде Microsoft Access. Для удобства управления базами данных использован структурированный язык запросов SQL.

Актуальность выбранной темы исследования представляет решение проблемы, связанной с повышением эффективности работы менеджера ипподрома. Созданная программа решает задачи, связанные с хранением, управлением и обработкой большого объема информации, что намного упрощает работу менеджера.

Развитие как технических, так и программных средств на современном этапе обеспечивает возможности создания базы данных очень высокого уровня, с развитыми средствами анализа, высочайшей надежностью. И, одновременно, с интуитивно понятным интерфейсом, позволяющим работать с ней сотрудникам, не обладающим глубокими, профессиональными знаниями компьютеров и программирования.

Современные СУБД, в частности, MS Access, позволяют создать реляционную, распределенную базу данных, полностью исключающую избыточность данных и обеспечивающую ее целостность.

Объектом исследования является рабочее место менеджера ипподрома: ежедневные задачи, функции и обязанности. Целью данной работы является проектирование и разработка базы данных и приложения к ней, автоматизирующей работу менеджера ипподрома.

Для достижения поставленной цели решены следующие задачи:

- проанализирована предметная область;
- составлена ER-диаграмма и логическая схема;
- создана база данных для сбора, хранения и обработки необходимой информации в Microsoft Office Access;
- реализованы возможности обновления, добавления и удаления данных с помощью языка SQL.

Особое место отведено созданию простого и удобного интерфейса, не требующего дополнительного обучения для работы с ней. Программное приложение предназначено для использования непосредственно на рабочем месте менеджера ипподрома.

Все необходимые данные, входящие в информационную систему, помещаются в таблицы. Для ввода и отображения информации используются формы. Предусмотрено выполнение проверки корректности данных при вводе. Обеспечение доступа к данным в связанных таблицах выполнено с помощью подчиненных форм.

Используются различные отчеты, позволяющие форматированное представление данных на экране, вывод в печать или в файл. Отчеты позволяют извлечь из базы данных нужные сведения и представить их в виде, удобном для восприятия.

Созданная информационная система увеличит эффективность работы менеджера ипподрома, а также может использоваться в методических целях.

2.39. Розов А. С. Оценка степени безопасности программ в специализированных языках программирования

Несмотря на то что большая часть программного обеспечения в настоящее время разрабатывается с использованием языков программирования общего назначения, таких как Java и C++, в областях, требующих высокой надежности и сопровождаемости программных систем, широко распространено использование специализированных языков программирования. Преимущества специализированных языков — повышенная надежность программ, читаемость кода, простота сопровождения и модификации. Эффективное использование языка в значительной мере зависит от стиля программирования. При этом синтаксис языка не может гарантировать качество текста программ и их безопасность. Это обуславливает интерес к методикам получения численных оценок безопасности кода.

Проблема оценки безопасности рассматривается на примере разработки языка iC [1], выполненного как расширение языка C. Язык iC реализует концепцию процесс-ориентированного программирования, и предназначен для решения задач автоматизации на микроконтроллерных платформах. Анализ безопасности программ на iC предлагается разделить на три уровня: уровень гиперпроцесса, уровень процесса, и уровень состояния. На уровнях гиперпроцесса и процесса оценка безопасности программы может быть получена путем вычисления цикломатической сложности (McCabe). Оценку безопасности кода на уровне состояния предлагается выполнять следующим образом. Каждой синтаксической конструкции языка присваивается коэффициент S_i , соответствующий базовой безопасности этой конструкции, и коэффициент S_{ci} , зависящий от контекста (значения коэффициентов лежат в области от 0 до 1). Наличие коэффициента S_{ci} обусловлено зависимостью уровня безопасности конструкции от контекста ее использования. Общая безопасности участка кода вычисляется как произведение безопасностей всех входящих в него конструкций.

Полученные таким образом оценки безопасности могут быть использованы для выявления проблемных участков кода и последующего указания на них программисту, например, путем цветового выделения небезопасного синтаксиса. В продолжение работы предполагается разработка критериев задания коэффициентов S_i и S_{ci} , разработка методик анализа контекста использования синтаксических конструкций, и исследование эффективности применения полученных оценок для увеличения общего качества кода.

Список литературы

- [1] Розов А. С. Опыт использования процессориентированного подхода при автоматизации на платформе Arduino // XIII Всероссийская конференция молодых ученых по математическому моделированию и информационным технологиям, Новосибирск, 15–17 октября. — 2012. — С. 60–61.

2.40. Рылов С. А. Иерархический плотностной алгоритм кластеризации мультиспектральных изображений и его реализация на графических процессорах NVIDIA

Одним из основных подходов к автоматической сегментации изображений является использование алгоритмов кластеризации, которые можно разделить на две большие группы – иерархические и неиерархические. Неиерархические алгоритмы позволяют получить фиксированное разбиение данных, а иерархические – систему вложенных разбиений, соответствующих различным уровням иерархии. Характерной проблемой традиционных иерархических алгоритмов является их высокая вычислительная сложность (порядка (N^3)), поэтому "напрямую" для обработки изображений они не применяются.

В докладе представлен вычислительно эффективный иерархический плотностный алгоритм кластеризации для сегментации многоспектральных изображений. В основу его положен сеточный подход, описанный в работе [1]. Элементами иерархии выступают «компоненты связности», которые соответствуют локальным модам плотности распределения данных. Для построения иерархической структуры вводится специальное расстояние между компонентами связности на основе оценки плотности распределения данных. Такая схема позволяет избежать присущих иерархическим методам проблем, связанных с наличием пересекающихся кластеров [2], и уменьшить их вычислительную сложность.

В последние годы для повышения устойчивости и качества результатов кластеризации активно применяются ансамблевые методы. Однако в настоящее время практически отсутствуют работы, посвященные построению ансамблей иерархических

разбиений [3]. В данной работе предложен метод комбинирования результатов работы иерархического алгоритма, полученных при различных масштабах сетки. Разработанный на его основе ансамблевый иерархический алгоритм позволяет значительно повысить качество и устойчивость результатов кластеризации, что подтверждают экспериментальные исследования на модельных данных и спутниковых изображениях.

Доступность и непрерывно возрастающая производительность графических процессоров делают их привлекательными для применения в задачах, связанных с обработкой изображений. В данной работе предлагается технология реализации разработанного алгоритма кластеризации на графических процессорах NVIDIA с помощью технологии CUDA [4]. Приводится анализ производительности алгоритма и сравнение его с реализацией на центральном процессоре, а также с параллельной реализацией на CPU с помощью стандарта OpenMP.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 14-07-31320-мол_а).

Список литературы

- [1] Куликова Е. А., Пестунов И. А., Синявский Ю. Н. Непараметрический алгоритм кластеризации для обработки больших массивов данных // Тр. 14 конф. «Математические методы распознавание образов». Изд-во MAKS Press, 2009. С. 149–152.
- [2] Lu Y., Wan Y. PHA: A fast potential-based hierarchical agglomerative clustering method // Pattern Recognition. 2013. Vol. 46, No 5, P. 1227–1239.
- [3] Mirzaei A., Rahmati M. A novel hierarchical-clustering-combination scheme based on fuzzy-similarity relations // IEEE Trans. Fuzzy Syst. 2010. Vol. 18, No 1, P. 27–39.
- [4] Боресков А. В. Параллельные вычисления на GPU. Архитектура и программная модель CUDA / М.: Изд-во Московского университета, 2012.

2.41. Сизов М. М., Зюбин В. Е. Инструментальные средства создания гибридных систем управления на основе архитектуры Zynq

В настоящее время наблюдается тенденция использования на одном кристалле комбинации ARM-процессора и FPGA (Например: архитектура Zynq [1]). Наличие FPGA позволяет реализовывать гибридные системы управления — системы, использующие цифровые, аналоговые и мультимедиа сигналы управления.

Гибридные системы управления, использующие алгоритмы технического зрения, обладают меньшей стоимостью единичной проверки по сравнению с че-

ловеком и поэтому применяются при контроле качества в промышленности.

В общем случае реализация на FPGA алгоритмов обработки изображений связана с большой трудоемкостью, поскольку предполагает использование языков описания аппаратуры (HDL). Поэтому практический интерес представляет создание специализированных высокоуровневых инструментальных средств, ориентированных на разработку алгоритмов технического зрения.

Авторами предлагается общая архитектура системы обработки данных, состоящая из двух частей: процессорная часть (интерфейс на ОС Linux), и программируемая логика. В программируемой логике происходит обработка видеопотока. Алгоритм обработки представлен в dataflow-парадигме и состоит из блоков улучшения изображения (напр. свертка) и конечного автомата. Результаты выполнения алгоритма передаются в процессорную часть, которая позволяет оператору системы получить данные по Ethernet.

При разработке алгоритма, пользователь в разработанном ПО выбирает блоки обработки изображения и описывает работу конечного автомата.

В качестве примера рассматривается задача обеспечения контроля качества при нанесении изоляции на оптоволокно (скорость процесса – десятки м/мин [2]).

В настоящее время, авторами разрабатывается прототип системы обработки данных, и проблемно-ориентированный язык, позволяющий разрабатывать алгоритмы обработки изображений.

Список литературы

- [1] Xilinx Zynq 7000 datasheet. [Электронный ресурс]: Режим доступа: http://www.xilinx.com/support/documentation/data_sheets/ds187-XC7Z010-XC7Z020-Data-Sheet.pdf
- [2] DICK J. S. Review of common rubber factory problems and published causes and solutions - part i // Rubber world. — 2006. — Vol. 234, No. 5, P. 13–17.

2.42. Скачков Д. М. Географический поиск в "негеографических" информационных системах

В работе описывается технология реализации географического поиска информации в так называемых «негеографических» информационных системах, т.е. в информационных системах, которые не были предназначены для использования географического поиска изначально, к таковым, например, относятся: электронные каталоги, базы данных научно-технической информации, архивы с информацией о цифровых и нецифровых объектах. Тот факт, что эти системы не были предназначены для

работы с географической информацией, еще не говорит, что эта информация там не содержится, ведь хранящиеся документы зачастую содержат упоминания различных географических объектов. Географическая информация в таких системах хранится в текстовых полях, и доступна только для простого текстового поиска, в то время, как более эффективно использовать для такого рода поиска географические сервисы.

В работе для решения данной задачи предлагается использование метапоисковой машины, т.е. поисковой системы, формирующей поисковую выдачу из результатов поиска в других системах. Особенностью описываемой технологии является то, что отсутствует необходимость изменять внутреннее устройство информационной системы для реализации в ней географического поиска, так как поиск реализуется за счёт внешней метапоисковой машины. Метапоисковая машина преобразует географический поисковый запрос в текстовый посредством тезауруса ретроспективного геокодирования [1], что позволяет производить географический поиск в информационных системах, не имеющих географической поисковой функциональности без изменения самих систем.

Данный подход был экспериментально реализован в платформе интеграции распределенных гетерогенных источников данных ZooSPACE [2]. Модуль географического поиска предполагается использовать в проекте по разработке открытой краеведческой цифровой библиотеки г. Новосибирска. В качестве платформы для проекта используется открытое программное обеспечение для организации хранилищ цифровых материалов – DSpace [3]. В DSpace присутствует возможность географического поиска, но только по материалам, которые были проиндексированы географическими координатами заранее. Однако в источниках, из которых предполагается заполнять библиотеку географические метаданные отсутствуют. Поэтому подход с использованием метапоисковой машины в данном случае видится наиболее приемлемым, так как не требует присутствия географических метаданных в хранящихся документах.

Работа поддержана мэрией г. Новосибирска (грант №53-14).

Список литературы

- [1] Скачков Д. М., Жижимов О. Л. Об интеграции географических метаданных посредством ретроспективного тезауруса // Информатика и ее применения. — 2012. — Т. 6, № 3, С. 42–50.
- [2] Жижимов О. Л., Федотов А. М., Шокин Ю. И. Технологическая платформа массовой интеграции гетерогенных данных // Вестник НГУ. Сер.: Информационные технологии. — 2013. — Т. 11, № 1., С. 24–41.

- [3] DSpace is a turnkey institutional repository application [Электронный ресурс]: Режим доступа: <http://www.dspace.org> (дата обращения: 1.10.2014).

2.43. Соловьёв П. И. Разработка алгоритма расположения подписей

Работа посвящена разработке алгоритма расположения подписей географических объектов на карте. В традиционной картографии данная задача занимает до 20% времени от всей подготовки печатной карты [1].

При расположении подписей на бумажной печатной карте учитывают четыре следующих правила:

- Подпись должна четко соответствовать элементу, к которому она относится;
- Пересечение подписей между собой должно быть минимально;
- Пересечение подписей с другими географическими объектами должно быть минимально;
- Подписи размещаются эстетически привлекательно.

Формально задачу можно сформулировать следующим образом. Задано множество географических объектов (точек и полигонов), которому соответствуют множество символов и множество подписей. Требуется расположить подписи так, чтобы исключить их пересечения между собой и с символами других объектов.

Рассматриваемую задачу можно отнести к классу NP-полных задач [2, 3]. В общем случае задачу можно решить лишь полным перебором всех возможных комбинаций расположений подписей. На практике перебор всех возможных вариантов потребует больших временных затрат, так как асимптотика данного алгоритма в худшем случае составляет P^N операций, где P — количество рассматриваемых позиций для каждой подписи, N — количество подписей.

Для размещения текстовых элементов к пространственным объектам на всей области карты разработан «Площадной алгоритм расположения подписей». Суть алгоритма заключается в поиске групп подписей, не влияющих на взаимное расположение друг друга, после чего выполняется расположение подписей в каждой группе.

Для расположения надписей в группе был разработан алгоритм, основывающийся на поиске неконфликтной области. Неконфликтная область — область, на которую претендует только рассматриваемая подпись, среди всех подписей расположенных за ней в группе.

Предполагается, что в результате работы алгоритма будет создан косметический слой точечных объектов. Географические точки, содержащиеся в нём, будут являться фиктивными, и служить лишь для позиционирования подписей. Информация о каж-

дой подписи (гарнитура шрифта, размер) будут храниться в атрибутивной таблице данного файла. Таким образом, сгенерированный файл можно будет добавить к исходным файлам в любой ГИС системе, оставив подписи к объектам лишь в сгенерированном файле, скрыв при этом отображение самих точек.

Алгоритм реализован и проходит тестирование. Планируется, что предлагаемый алгоритм ускорит процесс подготовки печатных карт.

Список литературы

- [1] Геоинформационные системы и технологии [Электронный ресурс]: <http://gistechnik.ru/book/000.pdf> «Сибирский федеральный университет». — 2014.
- [2] FORMANN W. A packing problem with applications to lettering of maps // In Proc. 7th Annual Symposium on Computational Geometry. — 1991. — P. 281–288.
- [3] KAKOULIS K. G., TOLLIS I. G. On the complexity of the edge label placement problem // Computational Geometry. — 2001. — Vol. 18, P. 1–17.

2.44. Феропонтова Н. М. Обнаружение кратной разладки в ARCH-процессах

Проблема скорейшего обнаружения разладок возникает во многих прикладных задачах теории управления, фильтрации и прогнозирования, в задачах анализа временных рядов в экономике, финансах и др. Для описания процессов с разладкой используются различные модели с дискретным и непрерывным временем. В данной работе рассматривается задача обнаружения разладки в моделях с дискретным временем типа ARCH в интерполяционной постановке. Разладка заключается в том, что в некоторые неизвестные моменты времени неизвестные параметры модели изменяются скачком. При этом разладка может быть одиночной, т.е. происходит лишь одно изменение параметров, или кратной, когда таких изменений несколько, причем их число неизвестно.

В работе применяются две процедуры обнаружения разладки — BASTA и CUSUM. Метод BASTA — это метод бинарной сегментации трансформированного ARCH-процесса, который реализуется в два этапа [1]. Этап бинарной сегментации (второй этап алгоритма) представляет собой итерационную процедуру, выполняющую поиск разладок.

Алгоритм CUSUM получил широкое применение в задачах обнаружения разладок в моделях авторегрессионного типа, а для данной задачи используется модификация для ARCH-моделей [2].

Реализованы обе процедуры и проведено экспериментальное исследование их свойств. Проводится их сравнение в трех модельных случаях: процесс без

разладки, с одиночной и с двумя разладками. Также алгоритмы проведены на реальных данных компании «Газпром», полученные результаты проанализированы.

Работа выполнена на кафедре ВМиММ ФПМК ТГУ.

Список литературы

- [1] FRYZLEWICZ P., SUBBA R. S. BaSTA: consistent multiscale multiple change-point detection for ARCH processes // Journal of the Royal Statistical Society. — 2013. — 35 с.
- [2] KOKOSZKA P., LEIPUS R. Change-point estimation in ARCH models // Bernoulli. — 2000. — Vol. 6(3), P. 513–539.
- [3] BASSEVILLE M., NIKIFOROV I. V. Detection of abrupt changes theory and application / New Jersey: Prentice Hall in Information and System Sciences, 1993.

2.45. Хабибулин Р.Ш., Гудин С.В. Алгоритм управления пожарной безопасностью на нефтегазовых объектах с использованием информационной системы FireRisks

В связи со значительным материальным ущербом от пожаров на нефтегазовых объектах остается актуальным вопрос о создании информационных систем поддержки принятия решений (СППР) по управлению пожарной безопасностью на подобных объектах, включающих базы данных с информацией о принятых мероприятиях по снижению потенциальных, социальных и индивидуальных пожарных рисков.

FireRisks — информационная web-система, разработанная на языке программирования PHP и предназначенная для расчета пожарных рисков на производственных объектах. Разработан алгоритм управления пожарной безопасностью на нефтегазовых объектах с применением разработанной информационной системы. На данном этапе разрабатывается система интеллектуальной поддержки принятия решения в виде отдельного программного модуля, состоящего из следующих элементов:

1. База данных;
2. Блок добавления решений;
3. Блок взаимодействия с пользователем;
4. Блок анализа мероприятий;
5. Блок принятия решения;
6. Блок принятия решения;

В базе данных хранятся возможные решения (мероприятия) по снижению пожарного риска на территории объекта или прилегающей к нему территории, а также набор условий, при которых данное решение эффективно.

Блок добавления решений содержит визуальный редактор, при помощи которого можно внести новое

решение и набор условий, при которых это решение можно рассматривать.

Блок анализа мероприятий осуществляет отбор решений хранящихся в базе данных при совпадении необходимых условий.

Блок взаимодействия с пользователем содержит диалоговое окно, при помощи которого пользователь может задать какие именно пожарные риски необходимо снизить.

Блок анализа предлагаемых решений определяет список возможных решений.

Блок визуализации принимаемых решений, взаимодействуя с геоинформационным модулем системы FireRisks, отображает зоны пожарного риска на объекте и прилегающих к нему территорий на карте Google maps или заранее загруженной подложке (файл графического формата).

2.46. Хабибулин Р.Ш., Шихалев Д. Программная реализация алгоритмов управления эвакуацией людей при пожаре

Недостаточность развития существующих систем управления эвакуацией, в частности, при оценке безопасности путей эвакуации, а также алгоритмов непосредственного управления эвакуацией ведет к необходимости поддержки принятия решений по управлению эвакуацией людей при пожаре [1].

Разработана математическая модель и алгоритм определения направлений безопасной эвакуации людей при пожаре из зданий (на примере торгового центра). При построении математической модели были рассмотрены условия беспрепятственности и своевременности процесса эвакуации, которые, в свою очередь, были формализованы в соответствующие критерии. Для оценки предложенной математической модели и алгоритма проведено компьютерное моделирование процесса эвакуации на научно-исследовательской платформе JuPedSim.

Результаты проведенной оценки показали, что применение предложенной математической модели и алгоритма, за счет равномерного распределения людей к эвакуационным выходам и не допущения образования скоплений людей высокой плотности, позволяет уменьшить время эвакуации примерно на 60% (или в 2,7 раза).

Предложена структура информационной системы поддержки принятия решений (СППР) по управлению эвакуацией и ее основные элементы, определены цель и задачи такой системы, разработаны механизмы взаимодействия с системами комплексной безопасности зданий.

Разработан динамический указатель путей эвакуации при пожаре и программное обеспечение для системы управления эвакуацией людей при пожаре, позволяющее проводить оценку безопасности путей движения людей во время эвакуации при пожаре. Предложены стратегии к управлению эвакуацией,

которые реализованы в СППР и могут быть использованы ЛПР в ходе его деятельности.

Список литературы

- [1] ШИХАЛЕВ, Д. В., ХАБИБУЛИН, Р. Ш. Системы управления эвакуацией в зданиях торговых развлекательных центров // Пожаровзрывобезопасность. — 2013. — № 6, С. 61–65.

2.47. Хмелев Е. Р., Глухих И. Н. Оптимизация выдачи контента в динамическом Интернет-проекте

В докладе рассмотрена проблема оптимизации выдачи контента в динамическом интернет-проекте, которая связана с отсутствием данных о **неидентифицированных** пользователях.

Необходимость оптимизации выдачи информации для неидентифицированных пользователей, которые заходят на ресурс как правило впервые, является особенно актуальной для повышения эффективности контентного интернет-проекта, что подразумевает достижение некоторых целей его владельца. Существующие модели и алгоритмы оптимизации (персонализации) поисковой выдачи в поисковых системах используют накопленную этими системами огромную базу знаний о пользователях, которая позволяет учитывать их интересы и предпочтения. Однако другие интернет-проекты лишены такой возможности, что ведет к необходимости поиска новых решений рассматриваемой проблемы.

В докладе предложены модели и алгоритмы, направленные на оптимизацию поисковой выдачи контента на основе анализа действий множества неидентифицированных пользователей, формализованно представление контента, введены критерии оптимизации с учетом целей владельца интернет-проекта, предложены способы учета и обработки неопределенности информации.

2.48. Черников А. Н. Модуль для учета и контроля насосного оборудования для информационной системы предприятия, ведущего добычу полезных ископаемых методом СПВ

К перспективным методам разработки месторождений полезных ископаемых можно отнести скважинное подземное выщелачивание (СПВ) [1]. При СПВ добыча полезных ископаемых ведется путём их избирательного растворения на месте залегания и последующего извлечения на поверхность в виде химических соединений, образованных в зоне реакции [2].

Сложность управления процессом СПВ связана с недостатком информации о состоянии продуктивного горизонта, отсутствии своевременной достоверной информации по большому количеству объектов, а также необходимостью оперативного анализа большого количества разнородных пространственно

распределенных данных о параметрах технологического процесса. В связи с этим целесообразно использование современных информационных технологий для повышения эффективности управления процессом СПВ [3].

Для решения задачи оптимального управления работой добычного комплекса разработана информационная система, содержащая модули для оперативного, тактического и стратегического уровней управления добычным комплексом [3].

В настоящей работе представлен модуль учета и контроля насосного оборудования для информационной системы предприятия, ведущего добычу полезных ископаемых методом СПВ. Модуль функционирует в рамках информационной системы добычного комплекса и содержит диалоги, позволяющие оператору вводить информацию об используемых в работе насосах, двигателях и насосных установках, а так же выполнять проверки допустимости ввода той или иной информации на уровне БД (базы данных) и на уровне самой программы.

Разработанный модуль используется в информационной системе по управлению добычей полезных ископаемых методом СПВ. Так же он может быть использован в нефтегазовой промышленности, и в других сферах, где широко применяются насосные агрегаты.

Список литературы

- [1] ЛАВЕРОВ Н. П. Подземное выщелачивание полиэлементных руд.
[2] ДЕМЕНТЬЕВ А. А., БАБКИН А. С., ИСТОМИН А. Д., НОСКОВ М. Д., КЕСЛЕР А. Г., ЧЕГЛОКОВ А. А. Инновационная технология управления разработкой гидрогенных месторождений урана методом скважинного подземного выщелачивания // Вестник Российской академии естественных наук. — 2013. — № 7, С. 28–35.
[3] ИСТОМИН А. Д., НОСКОВ М. Д., КЕСЛЕР А. Г., НОСКОВА С. Н., ЧЕГЛОКОВ А. А. Программный комплекс для управления разработкой месторождения полезных ископаемых методом скважинного подземного выщелачивания // Горный информационно-аналитический бюллетень, 2011. — № 8, С. 376–381.

2.49. Черникова Я. Е., Назаров А. А. Нестационарные RQ-системы с приоритетом поступающих заявок

В 70-ые годы в теории массового обслуживания начинают интенсивно рассматриваться системы с повторными вызовами. Это обусловлено их широкими практическими приложениями в математическом моделировании телекоммуникационных сетей. Первые математические результаты, касающиеся систем с повторными вызовами, были опубликованы в 40-х гг. прошлого века. Системы такого рода

были рассмотрены Вилкинсоном и Коэном. Наиболее полное и глубокое исследование различных процессов в системах с повторными вызовами проведено в работах Artalejo J.R. [1-3] и Фалина Г.И. [4]. Исследованиями систем с приоритетами занимались Cobham, Phipps, Schrage, Jaiswal, Madan, Simon, Takagi, Choi и Chang. Также исследователями RQ-систем с приоритетами являлись K. Altinkemer, I. Bose и R. Pal., Rengnanathan.

В выше упомянутых работах, приоритет рассматривается в том смысле, что имеется два типа входящих клиентов. Мы же рассмотрим систему, в которой присутствует один тип заявок и если при поступлении заявка обнаруживает прибор занятым, то она вытесняет обслуживаемую и в этом смысле является приоритетной.

В данной работе исследование RQ-систем с приоритетом поступающих заявок проводилось методом асимптотического анализа в условии большой задержки. Было найдено распределение вероятностей числа заявок в источнике повторных вызовов и состояний прибора в нестационарном режиме.

Работа выполнена в рамках государственного заказа No. 1.511.2014/К Министерства образования и науки Российской Федерации.

Список литературы

- [1] ARTALEJO J. R. A Classified Bibliography of Research on Retrial Queues: Progress in 1990–1999 // Top. — 1999. — Vol. 7, Issue 2, P. 187–211.
- [2] ARTALEJO J. R. Accessible Bibliography on Retrial Queues // Mathematical and Computer Modeling. — 1999. — Vol. 30, Issue 1–2, P. 1–6.
- [3] ARTALEJO J. R. Accessible Bibliography on Retrial Queues: Progress in 2000–2009 // Mathematical and Computer Modeling. — 2010. — Vol. 51, P. 1071–1081.
- [4] FALIN G. I. A Survey of Retrial Queues // Queuing Systems. — 1990. — Vol. 7, P. 127–167.

2.50. Чудинов С.С. Универсальная концептуальная схема данных

Работа посвящена созданию программных продуктов, а конкретно - проблеме выбора разработчиками концептуальной схемы данных. Предлагается готовая схема данных, которая позволяет полностью перенести предметную область объекта информационной автоматизации, не разрабатывая при этом с нуля всю базу данных.

В основе готовой схемы данных лежит объектная модель данных, которая позволяет представить сущности предметной области в виде экземпляров классов, тем самым убирая семантический провал между данными и их объектными представлением в среде разработки. При этом, подразумевается, что между самими объектами существуют связи, которые также являются экземплярами специального класса, позволяющего не только указать на на-

личие отношения между объектами, но определить тип и вид взаимодействия, время взаимодействия и др. Таким образом, на связь в предложенной схеме данных, накладывается основная семантическая роль. В общем случае, объекты и связи между ними образуют граф.

Для возникновения объектов и связей между ними, а также для их уничтожения, в схеме данных, существуют правила. Правила также являются экземплярами специального класса «Правило», с помощью которых описываются условия для связей и самих объектов. Правила являются очень важным связующим звеном схемы данных, именно они определяют механизмы взаимодействия объектов друг с другом, а также целостность данных. Для проверки непротиворечивости данных правилам и правилам самим себе, предлагается использовать параллельные алгоритмы обработки графов: Флойда, Прима и др.

Предложенная схема данных расширяет объектную модель данных с помощью внедрения в нее специальных стационарных классов «Связь» и «Правило».

Также в работе рассмотрены варианты реализации концептуальной схемы данных: реляционные и объектные [1] СУБД, механизмы ORM (объектно-реляционного связывания). Для реализации системы правил, в качестве основы, предлагается OWL [3] — язык для описания онтологий в семантической паутине, а в частности его модификация OWL RL.

Список литературы

- [1] КУЗНЕЦОВ С.Д. [Электронный ресурс] «Объектно-ориентированные базы данных - основные концепции, организация и управление: краткий обзор» // Москва, 2011. URL: http://citforum.ru/database/articles/art_24.shtml
- [2] РУБАНОВ В.В. Способы отображения объектов в реляционных базах данных // Труды Института системного программирования РАН. — 2002. — Т. 3.
- [3] ДЕБОРА Л., МАКГИННЕС OWL-язык Web онтологий. Краткий обзор. Рекомендация W3C-10.02.2004, URL: http://sherdim.ru/pts/semantic_web/REC-owl-features-20040210_ru.html

2.51. Чуруксаев П.В. Алгоритм автоматического определения участков поворота на основе данных GPS-съемки автомобильных дорог

Существующее программное решение позволяет лишь частично автоматизировать данный процесс поэтому основной целью создания новой программы является автоматизация определения границ участков поворотов.

Алгоритм поиска участков поворота сводится к выделению на заданной части дороги участков пря-

мых и участков, не являющихся таковыми. Второй тип участков обозначается как «участки поворота» и для них определяется радиус поворота (в каждом таком случае может быть выделено несколько различных кривых). Такой алгоритм является, на наш взгляд, наиболее эффективным с точки зрения безошибочности определения нужных участков, кроме того он прост в реализации и универсален.

Исходные данные подаются на вход программе в виде последовательности точек дороги с GPS-координатами. Эти данные считываются, при этом GPS-координаты преобразуются в координаты на плоскости (в проекцию Меркатора). Далее вся дорога разбивается на последовательность участков, которые определяются следующим образом: в текущий участок дороги добавляются новые точки до тех пор, пока добавляемая точка лежит на прямой, на которой лежат все точки данного участка. Принадлежность точки прямой проверяется величиной угла отклонения последнего отрезка дороги и прямой текущего участка дороги, построенной как аппроксимация набора точек прямой. Как только новая точка перестает лежать на прямой текущего участка дороги, начинается выделение нового участка, начинающегося с предыдущей точки, и текущая точка добавляется к нему. В результате вся дорога будет разделена на прямые участки, и участки, не являющиеся прямыми (в последнем случае каждый участок будет состоять из 2 точек).

Участки, не являющиеся прямыми, располагающиеся последовательно, объединяются в единый участок (участок неопределённого поворота). Далее каждый такой участок разделяется на участки отдельных поворотов, представляющих из себя сегменты окружности (для первых трёх точек участка определяется центр окружности, а для каждой последующей точки проверяется, лежит ли она на этой же окружности: если не лежит, то с данной точки начинается новый поворот). Для каждого найденного участка поворота определяются: точки начала и конца поворота (его границы) и его радиус, что и является конечной целью.

Предложенное решение позволяет в значительной степени автоматизировать процесс выделения опасных участков на дороге при разработке проектов организации дорожного движения и вовремя информировать водителей о приближении к ним с помощью установки предупреждающих дорожных знаков, а также знаков, ограничивающих скорость и запрещающих обгон.

2.52. Шаншаков А., Ломазова В.И., Нестерова Е.В. Экспертные информационные технологии при оценивании проектов

Оценка технических (технологических, экономических, социальных и др.) проектов, как правило, производится не только на основе измеряемых

техничко-экономических характеристик, но и с использованием оценочных суждений основанных на опыте и интуиции специалистов рассматриваемой предметной области - экспертов.

В рамках формализации процедуры экспертного оценивания (для ее последующей автоматизации) выделяются три основных этапа:

- этап информационного моделирования проектов, в рамках которого на основе статистических данных и экспертных знаний специалистов формируется иерархия атрибутов проекта с указанием их типов и диапазонов возможных значений. При этом использовались не только детерминированные и статистические, но и лингвистические типы атрибутов. Для приведения модели к удобному для использования виду производилось преобразование значений атрибутов к безразмерным значениям за счет применения неравномерных бальных шкал.

- этап выбора алгоритма многокритериального оценивания проектов, в рамках которого сначала определяется общий методологический подход и оценочные критерии (например, для оценки проектов в сфере регионального здравоохранения могут быть использованы принципы, предложенные в [1, 2]), затем - метод в рамках выбранного подхода (например, метод анализа иерархий [3]), после чего выбираются параметры метода, а уже затем — алгоритм оценивания. На этом этапе также принимают участие эксперты, но уже в области системного анализа, так как осуществление выбора только на основе формальных параметров решаемой задачи, позволяет повысить объективность принимаемых решений.

- этап расчета оценок проектов на основе данных построенной информационной модели с использованием выбранных алгоритмов.

Результаты опытной эксплуатации исследовательского прототипа информационно-аналитической системы оценки проектов в сфере регионального здравоохранения могут свидетельствовать о правомочности предложенного подхода к формализации процедуры оценивания.

Исследование выполнено в рамках проекта «Оценка научно-инновационного обеспечения региональных программ в сфере профилактики и лечения сердечно-сосудистых заболеваний» (2013.07.04), поддержанного Грантом на проведение НИР по приоритетным направлениям социально-экономического развития Белгородской области (2013-14 гг.).

Список литературы

- [1] НЕСТЕРОВА Е. В. Многокритериальное оценивание инновационных проектов в здравоохранении на основе анализа этапов жизненного цикла // Научные ведомости БелГУ. — 2014. — № 8(179), Выпуск 30/1, С. 146–153.

- [2] Ломазов В. А., Нестерова Е. В. Критерии оценки инвестиционных инновационных проектов в сфере здравоохранения // Экономика, статистика и информатика. Вестник УМО. — 2013. — № 4, С. 145–149.
- [3] Ломазов В. А., Прокушев Я. Е. Решение задачи экономичного многокритериального выбора на основе метода анализа иерархий // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: История. Политология. Экономика. Информатика. — 2010. — Т. 7, № 14-1-1, С. 128–131

2.53. Шаншаков А., Монина А. А. Построение семантической модели предметной области по теме "Компьютерные игры"

Данная работа посвящена созданию семантической модели по теме «Компьютерные игры» для последующего построения экспертной системы, предназначенной для выбора компьютерной игры в зависимости от потребностей пользователя.

Первым этапом выполнения данной работы является определение исходных (I) и выходных данных (O). Исходные данные – это данные подлежащие обработке и интерпретации. Выходные данные – это результат работы системы [1].

(I) – описание желаемых качеств игры.

(O) – конкретная игра подходящая пользователю.

На втором этапе происходит составление словаря терминов и наборов ключевых слов.

На третьем этапе строится пирамида знаний. Методы построения пирамиды знаний обязательно включают использование наглядного материала – рисунков, схем, кубиков [2].

На четвертом этапе определяются отношения между понятиями и структурируются знания. Так, понятие «компьютерная игра» объединяет множество различных понятий, но все они имеют определенный гемплей, сюжетную составляющую, и массу других деталей, позволяющих определить их жанры и поджанры [3]. Существует ряд методов выявления понятий предметной области в общем словаре терминов, который составлен на основании сеансов извлечения знаний. При этом важно выявление не только самих понятий, но и их признаков. Сложность заключается в том, что для многих понятий практически невозможно однозначно определить их признаки, это связано с различными формами репрезентации понятий в памяти человека. Так например, однозначно разграничить такие признаки как «аркадный симулятор» и «аркада» довольно сложно. В ходе работы были выделены основные параметры и понятия по теме «Компьютерные игры». Осуществлена возможность выбора различных наборов параметров необходимых пользователю, а также установлены зависимости между этими понятиями.

Список литературы

- [1] Гаврилова Т. А., Хорошевский В. Ф. Базы знаний интеллектуальных систем. Учебник для вузов / СПб.: Питер, 2001.
- [2] Джарратано Д., Райли Г. Экспертные системы: принципы разработки и программирование / М.: Издательский дом Вильямс, 2006. — 1152 с.
- [3] Липков А. И. Ящик Пандоры: феномен компьютерных игр в мире и в России / М., 2008. — С. 81–91.
- [4] Яблоков К. М. Исторические компьютерные игры как способ моделирования исторической информации / КомКнига/УРСС, 2007. — 303 с.

Алфавитный указатель

Абрамов Александр Сергеевич

*Российский государственный университет нефти
и газа им. И.М.Губкина (Москва), Россия*
Andril999@mail.ru

Программа/тезисы: стр. 10, 16

Абрамов Тимофей Владимирович

*Институт нефтегазовой геологии и геофизики
им. А.А. Трофимука СО РАН (Новосибирск),
Россия*

abramovtv@ipgg.sbras.ru

Программа/тезисы: стр. 7, 16

Абушева Алина Абушевна

*Тюменский государственный университет
(Тюмень), Россия*
spyaaa@mail.ru

Программа/тезисы: стр. 15, 58

Авдюшенко Александр Юрьевич

*Институт вычислительных технологий СО РАН
(Новосибирск), Россия*
ovalur@gmail.com

Программа/тезисы: стр. 7, 16

Агафонцев Александр Александрович

*Новосибирский государственный технический
университет (Новосибирск), Россия*
agfn@inbox.ru

Программа/тезисы: стр. 15, 17

Адамов Андрей Владимирович

*Тюменский государственный университет
(Тюмень), Россия*

Программа/тезисы: стр. 15, 58

Алексеев Мария Александровна

*Томский государственный университет
(Томск), Россия*
masha_af6@mail.ru

Программа/тезисы: стр. 10, 17

Аникин Валерий Иванович

*Поволжский государственный университет
сервиса (Тольятти), Россия*
anikin_vi@mail.ru

Программа/тезисы: стр. 12, 59

Антонова Анастасия Юрьевна

*Томский государственный университет систем
управления и радиоэлектроники (Томск), Россия*
wind94@inbox.ru

Программа/тезисы: стр. 14, 18

Астракова Анна Сергеевна

*Институт вычислительных технологий СО РАН
(Новосибирск), Россия*
anna.astrakova@gmail.com

Программа/тезисы: стр. 7, 18

Афанаскин Иван Владимирович

*Научно-исследовательский институт системных
исследований РАН (Москва), Россия*
info@ivanafanaskin.ru

Программа/тезисы: стр. 10, 19

Бабич Андрей Владимирович

*Тюменский государственный университет
(Тюмень), Россия*
andrey.post@gmail.com

Программа/тезисы: стр. 15, 58

Баранникова Дарья Дмитриевна

*Тюменский государственный университет
(Тюмень), Россия*
lusy_and_jam@mail.ru

Программа/тезисы: стр. 6, 20

Бельмещев Николай Федорович

*Тюменский государственный университет
(Тюмень), Россия*
weqsmachine@gmail.com

Программа/тезисы: стр. 14, 20

Березин Антон Александрович

*Уральский федеральный университет
(Екатеринбург), Россия*
berezinant@gmail.com

Программа/тезисы: стр. 14, 39

Березкова Елена Андреевна

*Институт вычислительных технологий СО РАН
(Новосибирск), Россия*
elena.berezkova@gmail.com

Программа/тезисы: стр. 13, 21

Бондарева Любовь Васильевна

*Кемеровский государственный университет
(Кемерово), Россия*
l.v.kemerova@mail.ru

Программа/тезисы: стр. 6, 21

Борзенко Евгений Иванович

*Томский государственный университет
(Томск), Россия*

Программа/тезисы: стр. 5, 31

Бородин Станислав Леонидович

*Тюменский филиал Института теоретической
и прикладной механики им. С.А. Христиановича
СО РАН (Тюмень), Россия*
borodin@ikz.ru

Программа/тезисы: стр. 14, 22

Булусев Евгений Дмитриевич

*Институт автоматики и электрометрии
СО РАН (Новосибирск), Россия*

Программа/тезисы: стр. 14, 56

Бухаров Александр Викторович

*Институт вычислительных технологий СО РАН
(Новосибирск), Россия*
buharovsasha@yandex.ru

Программа/тезисы: стр. 14, 22

Вакула Игорь Александрович

*Институт математики и механики УрО РАН
(Екатеринбург), Россия*
igor.vakula@gmail.com

Программа/тезисы: стр. 14, 39

Варавва Артем Игоревич

*Тюменский государственный университет
(Тюмень), Россия*
artevvar@yandex.ru

Программа/тезисы: стр. 6, 23

Велижанин Анатолий Сергеевич

*Тюменский государственный нефтегазовый
университет (Тюмень), Россия*
Anatoliy.Velizhanin@gmail.com

Программа/тезисы: стр. 8, 59

Водолазская Ирина Васильевна

*Астраханский государственный университет
(Астрахань), Россия*

Программа/тезисы: стр. 6, 26

Водорезов Дмитрий Дмитриевич

*Тюменский государственный нефтегазовый
университет (Тюмень), Россия*
vodorezov@gmail.com

Программа/тезисы: стр. 5, 23

Волик Мария Владимировна

*Финансовый университет при Правительстве РФ
(Владикавказ), Россия*
volikmv@mail.ru

Программа/тезисы: стр. 5, 24

Ворон Елена Сергеевна

*Тюменский государственный университет
(Тюмень), Россия*

Программа/тезисы: стр. 14, 34

Вьюнник Наталья Михайловна

*Кемеровский государственный университет
(Кемерово), Россия*
kot.gerasim@yandex.ru

Программа/тезисы: стр. 5, 24

Вяткин Александр Владимирович

*Институт вычислительного моделирования
СО РАН (Красноярск), Россия*
vyatkin@icm.krasn.ru

Программа/тезисы: стр. 7, 32

Вяткин Александр Владимирович

*Институт вычислительного моделирования
СО РАН (Красноярск), Россия*
vyatkin@icm.krasn.ru

Программа/тезисы: стр. 6, 25

Гайворонский Серней Анатольевич

*Томский политехнический университет
(Томск), Россия*

Программа/тезисы: стр. 12, 63

Ганченко Георгий Сергеевич

*Кубанский государственный университет
(Краснодар), Россия*
ganchenko@math.kubsu.ru

Программа/тезисы: стр. 29, 25

Герасимова Александра Юрьевна

*Астраханский государственный университет
(Астрахань), Россия*
alexandrash92@mail.ru

Программа/тезисы: стр. 6, 26

Гильманов Салават Ахатович

*Стерлитамакский филиал Башкирского государ-
ственного университета (Стерлитамак), Россия*
salawatt@mail.ru

Программа/тезисы: стр. 26

Гиниятуллина Ольга Леоновна

*Кемеровский филиал Института вычислитель-
ных технологий СО РАН (Кемерово), Россия*
skiporol@mail.ru

Программа/тезисы: стр. 7, 11, 60, 72

Глинских Вячеслав Николаевич

*Институт нефтегазовой геологии и геофизики
им. А.А. Трофимука СО РАН
(Новосибирск), Россия*

Программа/тезисы: стр. 7, 28

Глухих Игорь Николаевич

*Тюменский государственный университет
(Тюмень), Россия*

Программа/тезисы: стр. 15, 58, 82

Глухов Александр

*Иркутский государственный технический
университет (Иркутск), Россия*
lapshin@ist.u.edu

Программа/тезисы: стр. 15, 27

Головастикова Никита Владимирович

*Самарский государственный аэрокосмический
университет им. академика С.П. Королёва
(Самара), Россия*
nikita.golovastikov@gmail.com

Программа/тезисы: стр. 10, 27

Горбатенко Вадим Александрович

*Институт нефтегазовой геологии и геофизики
им. А.А. Трофимука СО РАН
(Новосибирск), Россия
vad-gorbatenko@yandex.ru
Программа/тезисы: стр. 7, 28*

Горбачева Екатерина Витальевна

*Кубанский государственный университет
(Краснодар), Россия
katya1911@list.ru
Программа/тезисы: стр. 10, 29*

Гоцелюк Ольга Борисовна

*Сибирский федеральный университет
(Красноярск), Россия
Программа/тезисы: стр. 11, 48*

Григорьев Игорь Владимирович

*Стерлитамакский филиал Башкирского государственного университета (Стерлитамак), Россия
grigoryevigor@mail.ru
Программа/тезисы: стр. 61*

Грученкова Алеся Анатольевна

*Тюменский государственный нефтегазовый университет (Тюмень), Россия
Alesya2010-11@yandex.ru
Программа/тезисы: стр. 13, 29*

Губайдуллин Амир Анварович

*Тюменский филиал Института теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича СО РАН (Тюмень), Россия
Программа/тезисы: стр. 9, 13, 57*

Гудин Сергей Витальевич

*Академия государственной противопожарной службы МЧС России (Москва), Россия
Программа/тезисы: стр. 12, 81*

Гусев Олег Игоревич

*Институт вычислительных технологий СО РАН (Новосибирск), Россия
gusev_oleg_igor@mail.ru
Программа/тезисы: стр. 6, 29*

Демиш Всеволод Олегович

*Новосибирский государственный университет (Новосибирск), Россия
v.demish@gmail.com
Программа/тезисы: стр. 7, 61*

Дмитриев Владислав Леонидович

*Башкирский государственный университет (Уфа), Россия
admwel@yandex.ru
Программа/тезисы: стр. 30, 62*

Дмитриева Татьяна Львовна

*Иркутский государственный технический университет (Иркутск), Россия
Программа/тезисы: стр. 10, 13, 38, 43*

Долгая Анна Андреевна

*Институт вулканологии и сейсмологии (Петропавловск-Камчатский), Россия
adolgaya@kscnet.ru
Программа/тезисы: стр. 14, 30*

Дородных Никита Олегович

*Институт динамики систем и теории управления СО РАН (Иркутск), Россия
tualatin32@mail.ru
Программа/тезисы: стр. 62, 67*

Дьякова Ольга Алексеевна

*Томский государственный университет (Томск), Россия
olga.dyakova.1992@mail.ru
Программа/тезисы: стр. 5, 31*

Езангина Татьяна Александровна

*Томский политехнический университет (Томск), Россия
eza-tanya@yandex.ru
Программа/тезисы: стр. 12, 63*

Ерохин Александр Павлович

*Московский авиационный институт (Москва), Россия
a-erokhin@yandex.ru
Программа/тезисы: стр. 15, 32*

Есипов Денис Викторович

*Институт вычислительных технологий СО РАН (Новосибирск), Россия
esipov@ict.sbras.ru
Программа/тезисы: стр. 9, 32*

Ефремов Александр Александрович

*Институт вычислительного моделирования СО РАН (Красноярск), Россия
aedampir@gmail.com
Программа/тезисы: стр. 7, 32*

Жилов Руслан Альбердович

*Институт прикладной математики и автоматизации (Нальчик), Россия
kavkaze@inbox.ru
Программа/тезисы: стр. 63*

Зайцев Владимир Николаевич

*Новокузнецкий филиал-институт Кемеровского государственного университета (Новокузнецк), Россия
vn.zaytsev@yandex.ru
Программа/тезисы: стр. 64*

Зайцева Татьяна Валентиновна

*Белгородский государственный национальный
исследовательский университет
(Белгород), Россия
zaitseva@bsu.edu.ru
Программа/тезисы: стр. 64, 76*

Залыгаева Марина Евгеньевна

*Воронежский государственный университет
(Воронеж), Россия
zalygaeva@math.vsu.ru
Программа/тезисы: стр. 12, 68*

Зимин Антон Игоревич

*Институт вычислительных технологий СО РАН
(Новосибирск), Россия
annzzim@yandex.ru
Программа/тезисы: стр. 6, 33*

Зимовец Ольга Анатольевна

*Белгородский государственный национальный
исследовательский университет
(Белгород), Россия
OZimovets@bsu.edu.ru
Программа/тезисы: стр. 65*

Зюбин Владимир Евгеньевич

*Институт автоматики и электрометрии
СО РАН (Новосибирск), Россия
zyubin@iae.nsk.su
Программа/тезисы: стр. 7, 69, 78*

Иванов Дмитрий Владимирович

*Самарский государственный университет путей
сообщения (Самара), Россия
dvi85@list.ru
Программа/тезисы: стр. 66*

Ивашко Александр Григорьевич

*Тюменский государственный университет
(Тюмень), Россия
Программа/тезисы: стр. 9*

Игошин Дмитрий Евгеньевич

*Тюменский филиал Института теоретической
и прикладной механики им. С.А. Христиановича
СО РАН (Тюмень), Россия
igoshinde@gmail.com
Программа/тезисы: стр. 9, 33, 44*

Игрунова Светлана Васильевна

*Белгородский государственный национальный
исследовательский университет
(Белгород), Россия
Программа/тезисы: стр. 64, 76*

Идимешев Семен Васильевич

*Конструкторско-технологический институт
вычислительной техники СО РАН (Новосибирск),
Россия
idimeshev@gmail.com
Программа/тезисы: стр. 14, 34*

Кадочникова Лилия Михайловна

*ООО «Тюменский нефтяной научный центр»
(Тюмень), Россия
Программа/тезисы: стр. 9, 40*

Казанцева Татьяна Евгеньевна

*Тюменский государственный университет
(Тюмень), Россия
t.kazanceva@rambler.ru
Программа/тезисы: стр. 14, 34*

Канаметова Дана Асланбиевна

*Институт прикладной математики
и автоматизации (Нальчик), Россия
danocha_999@mail.ru
Программа/тезисы: стр. 35*

Кареева Евгения Дмитриевна

*Институт вычислительного моделирования
СО РАН (Красноярск), Россия
Программа/тезисы: стр. 7, 32*

Карманова Александра Александровна

*ООО "НетКрэкер" (Тольятти), Россия
turaeva.alexandra@gmail.com
Программа/тезисы: стр. 12, 59*

Карнаков Петр Владимирович

*Новосибирский государственный университет
(Новосибирск), Россия
petr.karnakov@gmail.com
Программа/тезисы: стр. 6, 35*

Карякин Иван Юрьевич

*Тюменский государственный университет
(Тюмень), Россия
karyakin_y@mail.ru
Программа/тезисы: стр. 15, 66*

Карякин Юрий Евгеньевич

*Тюменский государственный университет
(Тюмень), Россия
karyakin_y@mail.ru
Программа/тезисы: стр. 15, 66*

Карякина Светлана Валентиновна

*Тюменский государственный архитектурно-
строительный университет (Тюмень), Россия
Программа/тезисы: стр. 15, 66*

Киярова Лианна Алисаговна

*Институт прикладной математики
и автоматизации (Нальчик), Россия
tatarova.lianna@mail.ru
Программа/тезисы: стр. 36*

Кириченко Александр Алексеевич

Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (Кемерово), Россия

Программа/тезисы: стр. 5, 24

Кихтенко Владимир Андреевич

Институт вычислительных технологий СО РАН (Новосибирск), Россия

kva911@gmail.com

Программа/тезисы: стр. 7, 67

Колев Жеко

Тюменский государственный нефтегазовый университет (Тюмень), Россия

jackkolev@gmail.com

Программа/тезисы: стр. 10, 67

Коршунов Сергей Андреевич

Институт динамики систем и теории управления СО РАН (Иркутск), Россия

grey.for@gmail.com

Программа/тезисы: стр. 62, 67

Кудрявцев Илья Владимирович

Сибирский федеральный университет (Красноярск), Россия

kudrilya@rambler.ru

Программа/тезисы: стр. 11, 48

Кузьмина Инна Анатольевна

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана (Москва), Россия

kuzminainna@yandex.ru

Программа/тезисы: стр. 7, 68

Кумыков Тембулат Сарабиевич

Институт прикладной математики и автоматизации (Нальчик), Россия

macist20@mail.ru

Программа/тезисы: стр. 37

Кургалин Сергей Дмитриевич

Воронежский Государственный Университет (Воронеж), Россия

Программа/тезисы: стр. 12, 68

Кутищева Анастасия Юрьевна

Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН (Новосибирск), Россия

Kutischeva.Anastasia@yandex.ru

Программа/тезисы: стр. 13, 37

Кутрунов Владимир Николаевич

Тюменский государственный университет (Тюмень), Россия

Программа/тезисы: стр. 9

Куцепалов Александр Сергеевич

Кубанский государственный университет (Краснодар), Россия

Программа/тезисы: стр. 10, 38

Лаврухин Андрей Александрович

Омский государственный университет путей сообщения (Омск), Россия

lavruhinaa@gmail.com

Программа/тезисы: стр. 11, 51

Лاپин Василий Николаевич

Институт вычислительных технологий СО РАН (Новосибирск), Россия

Программа/тезисы: стр. 6, 35

Ле Дат Чан Минь

Иркутский государственный технический университет (Иркутск), Россия

jinzai_ron@yahoo.com

Программа/тезисы: стр. 13, 38

Леонова Светлана Игоревна

Уральский федеральный университет (Екатеринбург), Россия

leonova.svetlana.111@yandex.ru

Программа/тезисы: стр. 14, 39

Лиханова Юлия Викторовна

Институт вычислительных технологий СО РАН (Новосибирск), Россия

yulia.likhanova@gmail.com

Программа/тезисы: стр. 10, 39

Лобыкин Антон Андреевич

Томский филиал Института вычислительных технологий СО РАН (Томск), Россия

lobykin88@gmail.com

Программа/тезисы: стр. 8, 69

Ломазова Валентина Ивановна

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (Белгород), Россия

Программа/тезисы: стр. 84

Лунев Борис Валентинович

Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН (Новосибирск), Россия

Программа/тезисы: стр. 7, 16

Лях Татьяна Викторовна

Институт автоматики и электрометрии СО РАН (Новосибирск), Россия

antsys_nsu@mail.ru

Программа/тезисы: стр. 7, 69

Максимов Алексей

*Воронежский государственный университет
(Воронеж), Россия*
suggestor@inbox.ru

Программа/тезисы: стр. 12, 68

Марков Сергей Игоревич

*Институт нефтегазовой геологии и геофизики
им. А.А. Трофимука СО РАН (Новосибирск),
Россия*

www.sim91@list.ru

Программа/тезисы: стр. 6, 40

Марьин Сергей

*Санкт-Петербургский государственный универ-
ситет информационных технологий, механики и
оптики (Санкт-Петербург), Россия*
sergey.maryin@gmail.com

Программа/тезисы: стр. 8, 70

Маслова Валентина Юрьевна

ООО «Газпромнефть НТЦ» (Тюмень), Россия
valentinamaslova@rambler.ru

Программа/тезисы: стр. 9, 40

Маторин Сергей Игоревич

*Белгородский государственный национальный
исследовательский университет
(Белгород), Россия*
matorin@bsu.edu.ru

Программа/тезисы: стр. 65

Мельников Павел Владимирович

*Институт вычислительных технологий СО РАН
(Новосибирск), Россия*
pvm96@yandex.ru

Программа/тезисы: стр. 11, 70

Мигов Денис Александрович

*Институт вычислительной математики
и математической геофизики СО РАН
(Новосибирск), Россия*
mdinka@rav.sscs.ru

Программа/тезисы: стр. 71

Миков Леонид Сергеевич

*Кемеровский филиал Института вычислитель-
ных технологий СО РАН (Кемерово), Россия*
mikov@ict.sbras.ru

Программа/тезисы: стр. 7, 72

Микушина Валентина Алексеевна

*Томский государственный университет
(Томск), Россия*
mikushina_93@mail.ru

Программа/тезисы: стр. 14, 41

Миндиярова Насима Гайнуллина

*Стерлитамакский филиал Башкирского государ-
ственного университета (Стерлитамак), Россия*
gkama@mail.ru

Программа/тезисы: стр. 73

Мифтахов Эльдар Наилевич

*Уфимский государственный авиационный тех-
нический университет, филиал в г. Ишимбай
(Ишимбай), Россия*

Программа/тезисы: стр. 42

Михайлова Екатерина Игоревна

*Институт нефтегазовой геологии и геофизики им.
А.А. Трофимука СО РАН (Новосибирск), Россия*
mik_kat@ngs.ru

Программа/тезисы: стр. 13, 41

Михайлова Татьяна Анатольевна

*Стерлитамакский филиал Башкирского государ-
ственного университета (Стерлитамак), Россия*
T.A.Mihailova@yandex.ru

Программа/тезисы: стр. 42

Михайлова Ульяна Алексеевна

*Финансовый университет при Правительстве РФ
(Владикавказ), Россия*

Программа/тезисы: стр. 5, 24

Михелёв Владимир Владимирович

*Белгородский государственный национальный
исследовательский университет
(Белгород), Россия*
keeper121@ya.ru

Программа/тезисы: стр. 73

Михнев Михаил Михайлович

*Сибирский федеральный университет
(Красноярск), Россия*

Программа/тезисы: стр. 11, 48

Монина Алла Александровна

*Белгородский государственный национальный ис-
следовательский университет (Белгород), Россия*

Программа/тезисы: стр. 85

Мусакаев Наиль Габсалямович

*Тюменский филиал Института теоретической
и прикладной механики им. С.А. Христиановича
СО РАН (Тюмень), Россия*

Программа/тезисы: стр. 14, 22

Мустафина Светлана Анатольевна

*Стерлитамакский филиал Башкирского государ-
ственного университета (Стерлитамак), Россия*

Программа/тезисы: стр. 42, 61

Назаров Анатолий Андреевич

*Томский государственный университет
(Томск), Россия*

Программа/тезисы: стр. 8, 82

Нарожнов Виктор Валерьевич

*Институт прикладной математики
и автоматизации (Нальчик), Россия*

narojnov.victor@gmail.com

Программа/тезисы: стр. 42

Нгуен Ван Ты

*Иркутский государственный технический
университет (Иркутск), Россия*

nguyentuad@gmail.com

Программа/тезисы: стр. 10, 43

Нгуен Дык Банг

*Иркутский государственный технический
университет (Иркутск), Россия*

ducbang@mail.ru

Программа/тезисы: стр. 11, 43

Нестеров Валерий Георгиевич

*Белгородский государственный национальный
исследовательский университет
(Белгород), Россия*

Программа/тезисы: стр. 64

Нестерова Елена Викторовна

*Белгородский государственный национальный
исследовательский университет
(Белгород), Россия*

nesterova@bsu.edu.ru

Программа/тезисы: стр. 84

Никонова Ольга Александровна

*Тюменский государственный университет
(Тюмень), Россия*

olga.nic199233@gmail.com

Программа/тезисы: стр. 9, 44

Ниссенбаум Ольга Владимировна

*Тюменский государственный университет
(Тюмень), Россия*

onissenbaum@rambler.ru

Программа/тезисы: стр. 8, 74

Новиков Евгений Александрович

*Институт вычислительного моделирования
СО РАН (Красноярск), Россия*

Программа/тезисы: стр. 13, 47

Обухов Александр Геннадьевич

*Тюменский государственный нефтегазовый
университет (Тюмень), Россия*

Программа/тезисы: стр. 6, 20

Падин Егор Александрович

*Тюменский государственный университет
(Тюмень), Россия*

243526@mail.ru

Программа/тезисы: стр. 10, 44

Пастушков Илья Сергеевич

*Новосибирский государственный университет
(Новосибирск), Россия*

pas2shkov.ilya@gmail.com

Программа/тезисы: стр. 74

Переварюха Андрей Юрьевич

*Санкт-Петербургский институт информатики и
автоматизации РАН (Санкт-Петербург), Россия*

madelf@pisem.net

Программа/тезисы: стр. 15, 44

Переверзева Оксана

*Белгородский государственный национальный
исследовательский университет
(Белгород), Россия*

Программа/тезисы: стр. 76

Плебан Ирина Викторовна

*Кузбасский государственный технический универси-
тет (Кемерово), Россия*

plebanirina@gmail.com

Программа/тезисы: стр. 75

Полякова Анна Петровна

*Институт математики им. С.Л. Соболева
СО РАН (Новосибирск), Россия*

anna.polyakova@ngs.ru

Программа/тезисы: стр. 11, 45

Пономарева Мария Андреевна

*Томский государственный университет
(Томск), Россия*

Программа/тезисы: стр. 6, 53

Постарнак Дмитрий

*Тюменский государственный университет
(Тюмень), Россия*

dmil852@yandex.ru

Программа/тезисы: стр. 11, 76

Потапов Вадим Петрович

*Кемеровский филиал Института вычислитель-
ных технологий СО РАН (Кемерово), Россия*

Программа/тезисы: стр. 7, 72

Путивцева Наталья Павловна

*Белгородский государственный национальный
исследовательский университет
(Белгород), Россия*

Программа/тезисы: стр. 64, 76

Рахимова Римма

*Стерлитамакский филиал Башкирского государ-
ственного университета (Стерлитамак), Россия*

kombarsk@mail.ru

Программа/тезисы: стр. 77

Ревнивых Александр Владимирович

*Тюменский государственный нефтегазовый
университет (Тюмень), Россия*

Программа/тезисы: стр. 8, 59

Рикун Юлия Александровна

*Томский государственный университет
(Томск), Россия
yulirik.93@mail.ru*

Программа/тезисы: стр. 14, 45

Родионова Алена Валентиновна

*Сибирский федеральный университет
(Красноярск), Россия
alevaro@mail.ru*

Программа/тезисы: стр. 5, 46

Розов Андрей Сергеевич

*Институт автоматики и электрометрии
СО РАН (Новосибирск), Россия
deadproger@gmail.com*

Программа/тезисы: стр. 8, 77

Рыбков Михаил Викторович

*Институт вычислительного моделирования
СО РАН (Красноярск), Россия
mixailrybkov@yandex.ru*

Программа/тезисы: стр. 13, 47

Рылов Сергей Александрович

*Институт вычислительных технологий СО РАН
(Новосибирск), Россия
RylovS@mail.ru*

Программа/тезисы: стр. 11, 78

Сабуров Роман Сергеевич

*Тюменский государственный университет
(Тюмень), Россия
sibiozik@yahoo.com*

Программа/тезисы: стр. 9, 33

Светов Иван Евгеньевич

*Институт математики им. С.Л. Соболева
СО РАН (Новосибирск), Россия
svetovie@math.nsc.ru*

Программа/тезисы: стр. 11, 47

Семисалов Борис Владимирович

*Конструкторско-технологический институт
вычислительной техники СО РАН (Новосибирск),
Россия*

ViBiS@ngs.ru

Программа/тезисы: стр. 14, 48

Сизов Михаил Михайлович

*Институт автоматики и электрометрии
СО РАН (Новосибирск), Россия
sizov.m.m@gmail.com*

Программа/тезисы: стр. 8, 78

Сильченко Петр Никифорович

*Сибирский федеральный университет
(Красноярск), Россия*

Программа/тезисы: стр. 11, 48

Скачков Данил Михайлович

*Институт вычислительных технологий СО РАН
(Новосибирск), Россия
danil.skachkov@gmail.com*

Программа/тезисы: стр. 11, 79

Сокуров Аслан Артурович

*Институт прикладной математики
и автоматизации (Нальчик), Россия
aslan_s_07@mail.ru*

Программа/тезисы: стр. 49

Соловьев Александр Анатольевич

*Институт автоматики и электрометрии
СО РАН (Новосибирск), Россия
solowey@rambler.ru*

Программа/тезисы: стр. 11, 49

Соловьёв Павел Игоревич

*Тюменский государственный университет
(Тюмень), Россия
scrou@yandex.ru*

Программа/тезисы: стр. 15, 80

Сохошко Сергей Константинович

*Тюменский государственный нефтегазовый
университет
(Тюмень), Россия*

Программа/тезисы: стр. 13

Субботина Валентина Игоревна

*Томский государственный университет
(Томск), Россия
valsubbotina@mail.ru*

Программа/тезисы: стр. 14, 50

Татосов Алексей Викторович

*Тюменский государственный университет
(Тюмень), Россия*

Программа/тезисы: стр. 6, 23

Терехов Лев Сергеевич

*Омский филиал Института математики
им. С.Л. Соболева СО РАН (Омск), Россия*

Программа/тезисы: стр. 11, 51

Ульянов Михаил Васильевич

*Институт проблем управления РАН, Московский
государственный университет (Москва), Россия*

Программа/тезисы: стр. 5

Урманцева Нелли Руслановна

*Сургутский государственный университет
(Сургут), Россия
nel-u@yandex.ru*

Программа/тезисы: стр. 6, 51

Федотов Анатолий Михайлович

*Институт вычислительных технологий СО РАН
(Новосибирск), Россия*

Программа/тезисы: стр. 5

Феропонтова Наталья Михайловна

*Томский государственный университет
(Томск), Россия*

feropontova.natalia@gmail.com

Программа/тезисы: стр. 12, 80

Филина Марина Викторовна

*Математический институт им. В.А. Стеклова
РАН (Москва), Россия*

mfilina@mi.ras.ru

Программа/тезисы: стр. 15, 52

Филина Мария Петровна

*Томский государственный университет
(Томск), Россия*

filina.mari@mail.ru

Программа/тезисы: стр. 6, 53

Фионов Андрей Николаевич

*Институт вычислительных технологий СО РАН
(Новосибирск), Россия*

Программа/тезисы: стр. 13

Хабибулин Ренат Шамильевич

*Академия государственной противопожарной
службы МЧС России (Москва), Россия*

kh-r@yandex.ru

Программа/тезисы: стр. 12, 81, 81

Харлампов Иван Евгеньевич

*Кемеровский филиал Института вычислитель-
ных технологий СО РАН (Кемерово), Россия*

ivan87kharlampenkov@gmail.com

Программа/тезисы: стр. 7, 60

Харченко Анастасия Михайловна

*Тюменский государственный университет
(Тюмень), Россия*

supermcghost@gmail.com

Программа/тезисы: стр. 8, 74

Хасматулина Наталья Юрьевна

*Кубанский государственный университет
(Краснодар), Россия*

n.khasmatulina@gmail.com

Программа/тезисы: стр. 10, 25

Хлестунов Михаил Алексеевич

*Томский государственный университет систем
управления и радиоэлектроники (Томск), Россия*

sammolu@mail.ru

Программа/тезисы: стр. 15, 53

Хмелев Евгений Радомирович

*Тюменский государственный университет
(Тюмень), Россия*

lestat.nur@gmail.com

Программа/тезисы: стр. 15, 82

Цыденов Баир Олегович

*Томский государственный университет
(Томск), Россия*

tsydenov@math.tsu.ru

Программа/тезисы: стр. 6, 53

Чепур Петр Владимирович

*Тюменский государственный нефтегазовый
университет (Тюмень), Россия*

chepur_p_v@mail.ru

Программа/тезисы: стр. 10, 54

Черников Александр Николаевич

*Томский государственный университет систем
управления и радиоэлектроники (Томск), Россия*

a.chernikov@astra.ws

Программа/тезисы: стр. 82

Черникова Яна Евгеньевна

*Томский государственный университет
(Томск), Россия*

evgenevna.92@mail.ru

Программа/тезисы: стр. 8, 82

Черный Сергей Григорьевич

*Институт вычислительных технологий СО РАН
(Новосибирск), Россия*

Программа/тезисы: стр. 6, 7, 18, 35

Чиркунов Юрий Александрович

*Новосибирский государственный технический
университет (Новосибирск), Россия*

Программа/тезисы: стр. 14, 20

Чистяков Виктор Филимонович

*Институт динамики систем и теории управления
СО РАН (Иркутск), Россия*

Программа/тезисы: стр. 11, 43

Чубатов Андрей Алексеевич

*Армавирская государственная педагогическая
академия (Армавир), Россия*

chaa@inbox.ru

Программа/тезисы: стр. 7, 54

Чудинов Сергей Сергеевич

*Тюменский государственный университет
(Тюмень), Россия*

chudinov@utmn.ru

Программа/тезисы: стр. 15, 83

Чурсин Павел

*Воронежский Государственный Университет
(Воронеж), Россия*

Программа/тезисы: стр. 12, 68

Чуруксаев Петр Валерьевич

*Томский государственный университет
(Томск), Россия*

petr.churuksaev@mail.ru

Программа/тезисы: стр. 11, 83

Чуруксаева Владислава Васильевна

*Томский государственный университет
(Томск), Россия*
Chu.VV@mail.ru

Программа/тезисы: стр. 5, 55

Шаншаков Александр

*Белгородский государственный национальный
исследовательский университет
(Белгород), Россия*
schanschakov@gmail.com

Программа/тезисы: стр. 84, 85

Шапцев Валерий Алексеевич

*Тюменский государственный университет
(Тюмень), Россия*

Программа/тезисы: стр. 9, 76

Шарый Сергей Петрович

*Институт вычислительных технологий СО РАН
(Новосибирск), Россия*

Программа/тезисы: стр. 5

Ширинов Ильдар Раджабович

*Самарский государственный университет путей
связи (Самара), Россия*

Программа/тезисы: стр. 66

Шихалев Денис

*Академия Государственной противопожарной
службы МЧС России (Москва), Россия*

Программа/тезисы: стр. 12, 81

Шоев Сергей Александрович

*Институт автоматизации и электрометрии
СО РАН (Новосибирск), Россия*
shoevserega@mail.ru

Программа/тезисы: стр. 14, 56

Штабель Евгений Павлович

*Институт нефтегазовой геологии и геофизики им.
А.А. Трофимука СО РАН (Новосибирск), Россия*

Программа/тезисы: стр. 13, 56

Штабель Надежда Викторовна

*Институт нефтегазовой геологии и геофизики им.
А.А. Трофимука СО РАН (Новосибирск), Россия*
orlovskayanv@ipgg.sbras.ru

Программа/тезисы: стр. 13, 56

Шурина Элла Петровна

*Институт нефтегазовой геологии и геофизики им.
А.А. Трофимука СО РАН (Новосибирск), Россия*

Программа/тезисы: стр. 13, 56

Шурина Элла Петровна

*Новосибирский государственный технический
университет, ИНГГ (Новосибирск), Россия*

Программа/тезисы: стр. 13, 41

Юшко Олеся Викторовна

*Институт вычислительных технологий СО РАН
(Новосибирск), Россия*
olesya.yushko@gmail.com

Программа/тезисы: стр. 10, 57

Яковенко Анна Владимировна

*Тюменский филиал Института теоретической
и прикладной механики им. С.А. Христиановича
СО РАН (Тюмень), Россия*
annyakovenko@yandex.ru

Программа/тезисы: стр. 9, 57

Якутенок Владимир Альбертович

*Томский государственный университет
(Томск), Россия*

Программа/тезисы: стр. 53

О снятии ответственности

Вся информация об участниках конференции представлена в соответствии с данными системы «Конференция». Данные об участниках конференции в системе «Конференция» вводятся пользователем, подающим заявку на участие, самостоятельно. Ответственности за достоверность этих данных организаторы конференции и администраторы системы «Конференция» не несут.

Программа и тезисы

Операторы электронной верстки:
Лиханова Ю.В., Васева И.А.

Формат 60x84/8. Объем 6 усл. печ. л.
Подписано к печати 21.10.2014
Тираж 110 экз. Заказ № 637
Отпечатано ООО НПО «ДиЛай»
630091 г. Новосибирск ул. Фрунзе, д. 5