

Министерство образования и науки Российской Федерации
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
Факультет Вычислительной математики и кибернетики



СОВЕТ МОЛОДЫХ УЧЁНЫХ
ВМК МГУ



**Сборник тезисов
XVIII Международной научной конференции студентов,
аспирантов и молодых учёных
«ЛОМОНОСОВ-2012»,
секция
«ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ МАТЕМАТИКА И КИБЕРНЕТИКА»**



**Москва
МГУ имени М. В. Ломоносова
9–13 апреля 2012 г.**

УДК 517.6+519.8
ББК 22
Л75

**Организационный комитет
Международной молодежной научной олимпиады «Ломоносов-2012»**

Сопредседатель
Организационного комитета
**Ректор МГУ им. М.В. Ломоносова,
академик В. А. Садовничий**

Сопредседатель
Организационного комитета
**Министр образования и науки
Российской Федерации А. А. Фурсенко**

Организационный комитет
XIX Международной научной конференции
студентов, аспирантов и молодых ученых
«Ломоносов-2012»
секции «Вычислительная математика и кибернетика»:

Моисеев Е.И. (*председатель*), **Никитин А.А.** (*ответственный секретарь*), **Нефедова Ю.С.** (*зам. отв. секретаря*), **Гончаров О.И.**, **Дарьин А.Н.**, **Дмитриев Л.В.**, **Дьяконов А.Г.**, **Капалин И.В.**, **Конушин А.С.**, **Корныхин Е.В.**, **Корухова Ю.С.**, **Майсурадзе А.И.**, **Месяц А.И.**, **Мокин А.Ю.**, **Морозов В.А.**, **Позднеев А.В.**, **Ровенская Е.А.**, **Сальников А.Н.**, **Смирнов И.Н.**, **Федорова В.С.**, **Холомеева А.А.**, **Шевцова И.Г.**

Л75

Ломоносов-2012: Материалы XIX Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых: секция «Вычислительная математика и кибернетика»; 9-13 апреля; Москва, МГУ имени М.В. Ломоносова, факультет ВМК: Сборник тезисов/Сост. Месяц А.И., Шевцова И.Г. – М.: Издательский отдел факультета ВМК МГУ (лицензия ИД 05899 от 24.09.2001), 2012. – 156с.
ISBN: 978-5-89407-477-1

В настоящий сборник вошли тезисы докладов участников Международной научной конференции «Ломоносов-2012» по секции «Вычислительная математика и кибернетика». Тематика тезисов очень разнообразна и охватывает многие актуальные проблемы современной фундаментальной науки. Все представленные в сборнике материалы были рекомендованы к публикации Экспертным советом секции. Тезисы публикуются в том виде, в котором были представлены авторами, они не редактировались, а были лишь приведены к единому формату.

УДК 517.6+519.8
ББК 22

ISBN 978-5-89407-477-1

© Издательский отдел факультета вычислительной математики и кибернетики
МГУ имени М.В. Ломоносова, 2012
© Месяц А.И., Шевцова И.Г. составление, оформление, 2012

Содержание

Компьютерная графика

<i>Алехин Владимир Юрьевич</i> Создание автоматизированных систем на основе технологии компьютерного зрения	10
<i>Афанасьев Владимир Владимирович</i> Построение сеточного разбиения для метода трассировки пучков ..	11
<i>Афанасьева Александра Евгеньевна</i> Визуализация тонких пленок	12
<i>Борисов Алексей Викторович</i> Система для автоматического оценивания качества 3D-контента ...	13
<i>Германов Константин Сергеевич</i> Оптимизация сопоставления снимков с беспилотного летательного аппарата	15
<i>Гитман Юрий Александрович</i> Восстановление неизвестных частей изображения с использованием заплаток	16
<i>Дворяков Кирилл Владимирович</i> Классификация портретных снимков по изображениям	18
<i>Динь Вьет Шанг</i> Алгоритмы подбора параметров комбинирования ациклических графов соседства в задаче распознавания текстурных изображений	20
<i>Ерофеев Михаил Викторович</i> Корректная обработка полупрозрачных границ при построении стереоизображения	22
<i>Зипа Кристина Сергеевна, Жулин Степан Сергеевич, Ильин Андрей Алексеевич</i> Оценка локального контраста изображения	23
<i>Зейналов Рамиз Шакирович</i> Сопоставление проекций ИК-маркеров для стереопары	25
<i>Картушин Иван Александрович, Ильин Андрей Алексеевич</i> Классификация сцен по фотоизображениям	26
<i>Колосова Галина</i> Разработка алгоритма создания трехмерного численного образа реального кристалла по его изображениям	28
<i>Конотоп Дмитрий Игоревич</i> Использование базовой управляющей структуры в процессе проектирования сложного технического объекта	29
<i>Лебедев Андрей Сергеевич</i> Алгоритм компенсации разности освещения на основе сплайнов ...	31

Конференция «Ломоносов – 2012»

<i>Нападовский Вячеслав Вячеславович</i> Локально-адаптивный алгоритм цветокоррекции стереопары	32
<i>Мяков Павел Андреевич</i> Фотореалистичное моделирование отражения и преломления света	34
<i>Некрасова Вера Ардалионовна</i> Технология Eye-tracking в образовательном процессе	35
<i>Пестун Максим Вадимович</i> Использование системы виртуальной реальности для изучения проблем взаимодействия вестибулярного и зрительного аппаратов	37
<i>Сумин Денис Александрович</i> Характеристики устройств отображения 3D и методика их определения	39
<i>Федоров Алексей Александрович</i> Некоторые вопросы субъективного восприятия стереоизображения	40
Численные методы, математическое моделирование и исследование операций	
<i>Вартанов Сергей Александрович</i> О структуре равновесий Нэша и их локальной устойчивости в модели эндогенного формирования коалиций	43
<i>Алексеев Дмитрий Владимирович</i> Применение изогометрического метода для численного решения эллиптических уравнений	44
<i>Ахватова Ксения Владимировна</i> Модификация метода частиц для исследования течения в двухкомпонентной среде	46
<i>Бодров Андрей Геннадьевич</i> О численном решении интегрального уравнения, возникающего в модели стационарных сообществ	47
<i>Галиев Дамир Расилович</i> Разработка программного комплекса для анализа и моделирования инвестиционных портфелей	48
<i>Потапенко Татьяна Анатольевна</i> Модифицированный метод инверсии в задачах исследования атмосферных электрических полей в условиях грозовой активности ...	49
<i>Никольский Илья Михайлович</i> Исследование сходимости некоторых методов крыловского подпространства конечной арифметике	51
<i>Малахов Кирилл Владимирович</i> Численное исследование регуляризации преобразования Радона ...	52
<i>Долматова Марина Станиславовна</i> Влияние рынка мощности на принятие инвестиционных решений в электроэнергетике	53

Оптимальное управление

<i>Артемяева Людмила Анатольевна</i> Экстраградиентный метод в седловых играх двух лиц с неточно заданными входными данными	55
<i>Баграмян Тигран Эммануилович</i> Применение теории оптимального восстановления к некоторым задачам компьютерной томографии	56
<i>Вещинская Виктория Валерьевна</i> Об одной задаче оптимального управления разработкой возобновляемых ресурсов	57
<i>Гончаров Андрей Сергеевич</i> Оптимальное управление в математической модели терапии лейкемии с фазовыми ограничениями	59
<i>Губанова Маргарита Андреевна</i> Задача оптимального управления для математической модели финансового кризиса	60
<i>Куренной Алексей Святославович</i> Об условиях регулярности для комплементарных задач	61
<i>Минаева Юлия Юрьевна</i> Построение функции цены и синтеза импульсного управления в задачах с неопределенностью	62
<i>Новикова Алина Олеговна</i> Построение множество достижимости	63
<i>Орлов Сергей Михайлович</i> Поиск оптимального решения в модели экономического роста специального вида	64
<i>Самыловский Иван Александрович</i> Оптимальный синтез в задаче Ридса-Шеппа с односторонним направлением скорости	65
<i>Степанович Валентин Анатольевич</i> Гарантированное оценивание в задаче поиска	67
<i>Стрелковский Никита Витальевич</i> Об одной агентно-ориентированной имитационной модели устойчивого развития двухзонного региона	67
<i>Усков Евгений Иванович</i> Метод модифицированных функций Лагранжа для вырожденных задач оптимизации	69

Дифференциальные уравнения

<i>Абдукаримов Махмадсалим Файзуллоевич</i> Граничное управление смещениями на двух концах процесса вынужденных колебаний струны	71
---	----

<i>Аристов Анатолий Игоревич</i> Об одном нелинейном неоднородном соболевском уравнении	72
<i>Беликов Антон Валентинович</i> Граничное управление неоднородным стержнем за критический промежуток времени	73
<i>Гайнуллова Светлана Ришатовна</i> Каскадный поиск нулей функционала, подчиненного сходящемуся ряду	74
<i>Грачев Денис Александрович</i> Численное моделирование нелинейного режима для лагранжевых решений некоторых стохастических уравнений	75
<i>Егоров Иван Евгеньевич</i> Обобщение метода характеристик Коши для построения гладких решений уравнения Гамильтона-Якоби-Беллмана	76
<i>Кац Дмитрий Сергеевич</i> Ресургентность и асимптотики решений уравнений с вырождениями коэффициентов	78
<i>Жуковский Сергей Евгеньевич, Мингалеева Зухра Тагировна</i> Теорема о неявной функции на выпуклом множестве в окрестности аномальной точки	79
<i>Лихоманенко Татьяна Николаевна</i> О разрешимости одной нелокальной краевой задачи для уравнения Лаврентьева-Бицадзе в прямоугольнике и параллелепипеде	81
<i>Мисатюк Наталья Сергеевна</i> К вопросу об управлении группой роботов: комбинирование централизованного и децентрализованного методов	82
<i>Месяц Алексей Игоревич, Одиноков Данила Олегович</i> Метод решения задачи группового управления в условиях внешних препятствий	84
<i>Нефедов Павел Владимирович</i> Задача Трикоми для уравнения Лаврентьева-Бицадзе в случае трехмерной области	85
<i>Рогожников Алексей Михайлович</i> Аналитическое описание колебаний составного стержня	87
<i>Чурбанов Дмитрий Владимирович</i> Метод восстановления нелинейного коэффициента в задаче популяционной динамики, оценки его точности и вычислительной сложности	88

Математические методы прогнозирования и дискретная математика

<i>Беккер Александра Владимировна</i> Kernel-методы решения задачи «структура-свойство»	90
<i>Дорофеев Николай Юрьевич</i> О свойствах задач и алгоритмов нечеткой разметки элементов точечных конфигураций	92

<i>Дударенко Марина Алексеевна</i> Оценки предсказанной информативности логических закономерностей	93
<i>Жаркова Анастасия Владимировна</i> О количестве аттракторов и индексах состояний в динамической системе двоичных векторов, ассоциированных с ориентациями цикла	95
<i>Желтков Дмитрий Александрович</i> Параллельные реализации крестового метода интерполяционного приближения матриц и ТТ-крестового метода интерполяционного приближения тензоров	96
<i>Зимовнов Андрей Вадимович</i> Построение одномерного скелета пространственного объекта с использованием скелетов плоских проекций	98
<i>Исупова Ольга Олеговна</i> Согласование иерархической тематической модели с внешним рубрикаторм	100
<i>Кириллов Александр Николаевич</i> Предсказание связности графа	101
<i>Колесников Александр Александрович</i> Прогнозирование вероятности кликов на новые рекламные объявления	102
<i>Полежаев Валентин Александрович</i> Обучаемые алгоритмы выделения ссылок в научных документах ..	104
<i>Саргсян Ваге Гнелович</i> Количество $(k,1)$ -сумм в группах простого порядка	105
<i>Соколов Евгений Андреевич</i> Оценки вероятности переобучения и комбинаторные отступы объектов в задачах классификации	106
<i>Фигурнов Михаил Викторович</i> Линейная комбинация случайных лесов в задаче предсказания релевантности документов	107
<i>Суворов Михаил Андреевич</i> Методы агрегации метрических описаний на основе оптимальной матричной факторизации	109
<i>Царьков Сергей Валерьевич</i> Метод отбора N -грамм для формирования лексикона коллекции текстовых документов	111
<i>Черепова Александра Евгеньевна</i> Задача выбора пути в ориентированном графе при неполной информации	112
<i>Шанин Иван Андреевич</i> Сравнительный анализ современных технологий измерения экспрессий генов	113

<i>Чувильина Елена Владимировна</i> Простой пороговый алгоритм обнаружения QRS-комплексов ЭКГ на основе фрактальной размерности	114
--	-----

Программирование

<i>Волканов Дмитрий Юрьевич</i> Метод сбалансированного выбора механизмов обеспечения отказоустойчивости для распределённых вычислительных систем реального времени	116
<i>Бикулов Дмитрий Александрович</i> Реализация метода решёточных уравнений Больцмана для расчетов на GPU кластере	118
<i>Гладыш Сергей Викторович</i> Reputation and Trust in Online Social Networks with Location-Awareness	119
<i>Зайцев Владимир</i> Анализ социальной активности вокруг Интернет-новостей и блогов	121
<i>Карпов Илья Андреевич</i> Поиск семантически близких терминов при оценки близости текстов	122
<i>Корягин Евгений Викторович</i> Разработка интеллектуального ассистента управления автомобилем	123
<i>Найденев Никита Анатольевич</i> Формализация информационных Интернет источников для автоматизации сбора данных	126
<i>Новиков Константин Викторович</i> Алгоритм кластеризации в терминологической сети	127
<i>Прокопович Григорий Александрович</i> Процесс автоматизированного разбиения сенсорных данных на уникальные образы	127
<i>Пашков Василий Николаевич</i> Применение генетического алгоритма для оптимизации топологической структуры сети по критериям стоимости и живучести	129
<i>Подольский Владимир Эдуардович</i> Применение параллельных алгоритмов для ускорения моделирования физических процессов на вычислительных кластерах и способы уменьшения времени моделирования	130
<i>Подымов Владимир Васильевич, Зорин Даниил Александрович</i> Трансляция моделей на языке UML во временные автоматы UPPAAL для верификации RVCPB	133
<i>Сабурова Мария Ивановна</i> Технология выявления, хранения и анализа первичных и вторичных понятий в корпусе текстов	134

<i>Туманян Ани Гагиковна</i>	
Применение генетических алгоритмов для тестирования модулей ядра ОС Linux	135
<i>Чувиллин Кирилл Владимирович</i>	
Автоматическое улучшение синтезированных правил коррекции документов в формате L ^A T _E X.....	137
<i>Якишиц Артём Андреевич</i>	
Разработка проблемно-ориентированной системы автоматизированного проектирования космического аппарата наблюдения и реализация её совместной работы с PDM-системой	138
Стохастический анализ и его приложения	
<i>Гончаренко Мирослав Богданович</i>	
Позиционирование корабля «Союз» при стыковке с МКС по видеосигналу	141
<i>Климов Григорий Анатольевич</i>	
Исследование вероятностных характеристик электромиограмм и энцефалограмм	142
<i>Наумов Алексей Александрович</i>	
Универсальность некоторых моделей случайных матриц	143
<i>Назаров Алексей Леонидович</i>	
Асимптотические свойства оценок, полученных с помощью сеточных методов разделения смесей вероятностных распределений....	145
<i>Никифоров Семен Юрьевич</i>	
Определение областей активности нейронов в головном мозге	146
<i>Пекичев Павел Валентинович</i>	
Запреты в цепях Маркова.....	147
<i>Раудина Дарья Владимировна</i>	
О некотором свойстве экспонент случайных матриц	148
<i>Твердохлеб Юлия Владимировна</i>	
Метод определения оптимального вейвлета на основе исследования его АЧХ	149
<i>Хазиахметов Максим Шамилевич</i>	
Использование вейвлет-анализа в климатических исследованиях .	151
<i>Ярошенко Илья Игоревич</i>	
Проектирование программ позиционирования космических аппаратов по видеосигналу.....	152
Расписание заседаний	154
Именной указатель	155

Компьютерная графика

Создание автоматизированных систем на основе технологии компьютерного зрения

Алехин Владимир Юрьевич

Студент

Инженерный факультет Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова, Губкин, Россия

E-mail: ya.i.alibaba@gmail.com

Проблема автоматизации процессов производства и жизнедеятельности человека, связанных с распознаванием и сравнением образов, является одной из перспективных ветвей развития современных ИТ-технологий.

Область компьютерного зрения - это молодое и перспективное направление. И, хотя существуют более ранние работы, можно сказать, что только с конца 1970-х годов началось интенсивное изучение проблемы компьютерного зрения, так как возросшая мощность компьютеров позволила управлять обработкой больших наборов данных, работать с изображениями. Однако эти исследования обычно начинались с других различных областей, и, следовательно, нет стандартной формулировки проблемы компьютерного зрения. Также нет стандартной формулировки того, как должна решаться проблема компьютерного зрения. Вместо этого существует масса методов для решения различных строго определённых задач компьютерного зрения, где методы часто зависят от задач и редко могут быть обобщены для широкого круга применения. Многие из методов и приложений все ещё находятся в стадии фундаментальных исследований, но все большее число методов находит применение в коммерческих продуктах, где они часто составляют часть более большой системы, которая может решать сложные задачи. В большинстве практических применений компьютерного зрения компьютеры предварительно запрограммированы для решения отдельных задач, но методы, основанные на знаниях, становятся все более общими.

Разработчиком проекта была написана библиотека классов, которая позволяет решать различные задачи, связанные с распознаванием и сравнением образов. Было создано программное обеспечение с использованием этой библиотеки для решения следующих задач:

Визуальная авторизация пользователя по полученному фрейму видеопотока.

Анализ движения на изображении, полученном с WEB или IP камер.

Распознавание дорожных знаков.

Тестирование конечного программного обеспечения показало отличные результаты на различных данных.

Разработчиком проекта были предложены следующие пути реализации данной разработки:

Программно-аппаратная система визуальной авторизации, основанная на сравнении биометрических точек лица человека, позволяющая ограничить доступ к определённым ресурсам, помещениям.

Программно-аппаратная система эффективного видеонаблюдения, с записью лишь информативной части видео-потока, как инструмент снижения затрат на установку сервера видеонаблюдения.

Программно-аппаратная система распознавания дорожных знаков при движении автомобиля, как модуль современного бортового компьютера отечественного автомобиля.

Реализация данного проекта позволит улучшить эффективность существующих технологических процессов и в последствии вывести современное производство на качественно новый инновационный уровень.

Построение сеточного разбиения для метода трассировки пучков

Афанасьев Владимир Владимирович

Студент

Факультет ВМК МГУ имени М.В.Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: VVAfanasjev@mail.ru

Большой вклад в реалистичность изображений трёхмерных сцен вносит корректная визуализация прозрачных объектов. Для решения этой задачи можно использовать метод трассировки пучков, который более эффективен, чем трассировка лучей [1]. Трассировка пучков находит применение в таких областях, как синтез изображений драгоценных камней [2], сцен с преломляющимися объектами. Данный метод состоит в отслеживании хода пучков лучей через сцену. Он основан на том, что множество лучей с близкими траекториями может быть описано одним пучком. Каждый пучок имеет основание-многоугольник и боковую ограничивающую поверхность с линейными образующими. Начальный пучок – область обзора камеры. Далее пучок рекурсивно подразбивается на гранях модели, с которыми пересекается. Для этого модель проецируется вдоль лучей пучка на его основание, отсекается вышедшая за границу основания и потому невидимая часть. Оставшиеся грани становятся основаниями новых пучков, на которые разбивается исходный. Новые пучки отражаются и преломляются на соответствующих гранях трёхмерной модели. Процесс повторяется. Отсечение – наиболее вычислительно затратная часть алгоритма, оно определяет общую производительность.

Разработан алгоритм отсечения, основанный на обходе отсекающего многоугольника вдоль границы. На вход принимается двумерная полигональная модель с выпуклыми гранями и выпуклый многоугольник-отсекатель. На выходе получается двумерная полигональная модель, которая состоит из вершин исходной модели и пересечения её граней с отсекателем. Для отсечения используется дополнительная информация о смежности рёбер и граней модели. Алгоритм работает в 3 этапа: определение всех точек пересечения границы отсекателя и рёбер исходной модели; занесение в результирующую модель граней, лежащих целиком внутри многоугольника; обход границы и занесение в результирующую модель пересечения соответствующих граней с отсекателем.

Данный алгоритм работает существенно быстрее, чем классический алгоритм отсечения, состоящий в пересечении всех граней исходной модели с отсекателем. Это достигнуто за счёт того, что пересечения производятся только с частью граней модели. Также первая часть алгоритма, требующая наибольшее количество вычислений, легко реализуема на графическом процессоре, так как содержит только однотипные операции без ветвлений. В дальнейшем планируется оптимизация разработанного алгоритма и его реализация на графическом процессоре.

Литература

1. Paul S. Heckbert, Pat Hanrahan. Beam Tracing Polygonal Objects. // Computer Graphics, volume 18, number 3, July 1984
2. Stephane Guy, Cyril Soler. Graphics Gems Revisited. Fast and Physically-Based Rendering of Gemstones. // SIGGRAPH, 2004

Визуализация тонких пленок

Афанасьева Александра Евгеньевна

Студент

Факультет ВМК МГУ имени М.В.Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: afedorova@graphics.cs.msu.ru

Украшения и ювелирные изделия часто покрывают одним или несколькими слоями пленки – чрезвычайно тонкого слоя вещества порядка нескольких сотен или тысяч нанометров толщиной, благодаря которому мы видим на поверхности изделий радужные разводы. Как правило, для этого приходится применять достаточно дорогие и сложные технологии. Поэтому часто осуществляется предварительное моделирование и последующая визуализация изделий (для того, чтобы выяснить, какой формы лучше сделать изделие, какие покрытия, с какой толщиной и в какой последовательности следует наносить).

В настоящей работе была поставлена задача быстрой и точной визуализации пленочных покрытий на поверхности ювелирных изделий. Внешний вид подобного изделия обусловлен, как правило, ин-

терференцией и дисперсией, происходящими внутри пленки. Обычные средства растеризации не позволяют в чистом виде учесть волновые эффекты, а без их корректного учета физически точная визуализация невозможна. В статье [1] была предложена модель пленки и алгоритм визуализации, однако реализация медленная и недоступная.

Визуализация изделий с тонкопленочными покрытиями в данной работе концептуально была разбита на два этапа: расчет модели освещения материала и расчет коэффициентов цвета для пленки, отражающих интерференцию лучей в пленке по формулам, предложенным в статье [1]. При моделировании и визуализации покрытий использовались такие их свойства, как материалы изделий, материалы покрытий, толщина покрытий, спектры материалов, учитывалась модель пленки – с однократным или многократным отражением лучей от внутренних и внешних границ слоев. В рамках работы для получения картин алгоритм расчета коэффициентов пленки был встроен в модульный трассировщик PBRT 2.0 ([2]). Таким образом, для определенного набора материалов покрытий и для любых положений камеры и наблюдателя мы можем получить изображение объекта, покрытого пленкой. Далее, по данным изображениям (полученным для разных положений камеры и источника света) планируется восстановить двулучевую функцию отражательной способности (ДФО) покрытия. Данный подход позволит в дальнейшем использовать полученную ДФО совместно с уже имеющимися средствами растеризации для ускоренной визуализации тонкопленочных покрытий.

Литература

1. H. Hirayama, K. Kaneda, H. Yamashita, Y. Monden. An accurate illumination model for objects coated with multilayer films. // *Computers & Graphics*, Volume 25, Issue 3, Pages 391-400, June 2001.
2. Matt Pharr, Greg Humphreys. *Physically Based Rendering: From Theory to Implementation*. // *Annals of Physics*, 2004.

Система для автоматического оценивания качества 3D-контента

Борисов Алексей Викторович

Студент

Факультет ВМК МГУ имени М.В.Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: www.borisov.al@gmail.com

За последние 4 года количество производимых (в год) стереофильмов увеличилось в 5 раз, и если 5 лет назад 3D-эффект воспринимался как «фокус», то в настоящее время это лишь инструмент

для более качественного погружения в картину. Некачественный 3D-эффект может стать причиной плохого впечатления о фильме. В настоящее время не известно способов комплексно оценить качество 3D-картин.

Нами был реализован прототип системы для автоматической оценки качества стерео-видео и продемонстрирована её работоспособность. Материалом для тестирования послужили трейлеры известных 3D-фильмов.

Основные проблемы при съёмке с помощью стереокамеры связаны с процессом калибровки: расположением камер, настройкой, синхронизацией запуска.

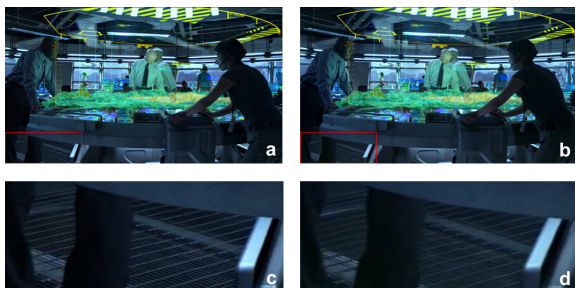
Проблемы некорректного расположения камер детектируются с помощью простого анализа результатов алгоритмов Motion Estimation или Optical Flow. Метод оценки несоответствия по цвету между левым и правым ракурсами основан на работах [1,2]. Алгоритм обнаружения областей, отличающихся по резкости, описан ниже. Причина возникновения таких областей – по-разному настроенные фокусы.

Алгоритм обнаружения различий по фокусу состоит из трёх этапов: выделения высоких частот, их сопоставления и выделения компактных областей. Для выделения высоких частот мы вычитаем из исходного кадра результат билатеральной фильтрации этого кадра. Мы используем билатеральный фильтр вместо фильтра Гаусса, чтобы избежать выделения границ объектов. Сопоставление высоких частот осуществляется на основе алгоритма Motion Estimation [3]. Для обеспечения надёжности карты высоких частот предварительно размываются с помощью фильтра Гаусса. Результатом первого и второго этапов является карта штрафа. Мы производим отсечение, оставив 15% самых опасных областей. Алгоритм Connected Components Labeling используется для поиска связанных областей. Для каждой области вычисляется значение штрафа, учитывающее площадь области и среднее значение области по карте штрафа. Результат метрики – максимальное значение штрафа. Предложенный метод позволил выявить артефакты в известных 3D-фильмах (см. Рис. 1)

Литература

1. Kenji Yamamoto and Ryutaro Oi. Color correction for multi-view video using energy minimization of view networks // *International Journal of Automation and Computing*, vol. 5, no. 3, pp. 34-245, 2008.
2. J.J. Yu, H.D. Kim, H.W. Jang, and S.W. Nam. A hybrid color matching between stereo image sequences // *Proceedings of 3DTV-Conference 2011*, pp. 1-4, 2011.
3. Karen Simonyan, Sergey Grishin, Dmitriy Vatolin and Dmitriy Popov. Fast video super-resolution via classification // *Graphicon*,

Иллюстрации



Пример несоответствия между ракурсами (а, b) по фокусу в трейлере "Аватар". (с, d) – проблемная область

Оптимизация сопоставления снимков с беспилотного летательного аппарата

Германов Константин Сергеевич

Аспирант

*Факультет прикладной математики Московского авиационного института,
Москва, Россия*

E-mail: prov_p@mail.ru

На сегодняшний день задача получения достоверной и актуальной информации о состоянии местности является ключевой для многих отраслей, в том числе: геодезической, метеорологической, служб ЧС. Одним из способов решения данной задачи является получение и обработка снимков с беспилотного летательного аппарата (БПЛА).

Однако процесс наложения снимков является достаточно непростой задачей. Связано это как с погрешностями в телеметрии, неблагоприятными факторами при съемке, так и с особенностями рельефа и др. Таким образом, при наложении серии снимков часто не совпадают части объекта на разных снимках – образуются разрывы дорог, несовпадения краев зданий и т.д. Чтобы устранить данные дефекты, было предложено использовать один из алгоритмов сшивки изображений ([2]). Для обнаружения контрольных точек использовался алгоритм SURF ([1]). В дополнении к данному методу для более точного наложения полученной сшивки изображений на рельеф мною было предложено генерировать часть контрольных точек из карты высот местности. Локальные максимумы и минимумы выделены в контрольные точки и по ним к снимкам также применялся алгоритм сшивки.

Данный метод позволил значительно повысить качество наложения снимков. Также повысилось и время на обработку одного снимка. В качестве оптимизации времени также применялся следующий подход: часть снимков, имеющих большее перекрытие с предыдущими, обрабатывалась программой во вторую очередь. Все сделанное в целом помогло повысить оперативность и достоверность наложения полученных снимков.

Литература

1. Н. Bay, А. Ess, Т. Tuytelaars, L. van Gool Speeded-up Robust Features (SURF) // Computer Vision and Image Understanding (CVIU) 2008. Vol. 110. No. 3. pp. 346-359.
2. The code project: <http://www.codeproject.com/Articles/95453/Automatic-Image-Stitching-with-Accord-NET>

Восстановление неизвестных частей изображения с использованием заплаток

Гитман Юрий Александрович

Студент

Факультет ВМК МГУ имени М.В.Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: oratuomi@gmail.com

Восстановление изображения (image inpainting), часть которого повреждена или неизвестна — это такое заполнение неизвестной области, чтобы случайный наблюдатель не мог по результату понять, что тот был частично синтезирован.

Приложения данной техники обширны. Удаление объектов из видео и фотографий, генерация текстур произвольного разрешения по известному образцу, конвертация 2D видео в мультиракурсное или восстановление цветного изображения по черно-белому. В отдаленной перспективе также сжатие изображений.

Произвольное изображение может быть декомпозировано на суммарную структурную (sketch) и текстурную (texture) части. Структурная часть содержит линии границ объектов (isophotes) и плавные градиенты цвета или монотонные области внутри замкнутых сегментов, текстурная — колебания высокой частоты. Мы разработали алгоритм на основании базовой идеи, сформулированной в статье [1]. Алгоритм использует самоподобие текстур изображения, восстанавливая неизвестную область блоками, таким образом, чтобы минимизировать заметность границ между соседними блоками. При этом структура изображения восстанавливается неявным образом через управление приоритетами восстановления блоков (Блоки расположенные вдоль линий структуры имеют больший приоритет).

Мы исследовали возможные усовершенствования алгоритма путем аффинного отображения пространства блоков.

Для устранения эффекта блочности добавляемый блок смешивается с уже известным изображением.

Также предложен альтернативный способ оценить структурную значимость блока — провести восстановление изображения без текстур [2] и использовать в качестве оценки градиенты полученного изображения.

Результаты тестирования показали, что алгоритм дает похожие или чуть лучшие результаты, чем доступные для тестирования (в том числе коммерческие) продукты.

Конечным этапом исследования будет разработка дополнительного модуля для программы Adobe Photoshop, позволяющего удалять объекты с фотографий и производить замену фона.

Результаты будут опубликованы на сайте compression.ru.

	Мост	Листья	Деревья
Наш результат	29.7626	28.7364	41.8711
Exinpaint	29.5656	27.6585	41.8430
Msu Image Restoration	27.2124	28.3726	39.8766
Resynthesizer	28.4495	28.2455	40.4523
Microsoft Digital Image Starter	28.5983	29.9917	43.7682

Результаты сравнения (PSNR)

Иллюстрации



Наш результат (слева), результат Msu Image Restoration (по центру) и маска для восстановления (справа)

Литература

1. A. Criminisi, P. Perez, K. Toyama, “Region Filling and Object Removal by Exemplar-Based Image Inpainting,” in IEEE Transaction on Image Processing, Vol. 13, pp. 1200–1212, 2004.
2. D. Tschumperle, “Fast Anisotropic Smoothing of Multi-Valued Images Using Curvature-Preserving PDE’s,” in International Journal of Computer Vision, Vol. 68, pp. 65–82, 2005.

3. O. Le Meur, J. Gautier, C. Guillemot, “Exemplar-Based Inpainting Based on Local Geometry,” in ICIP IEEE International Conference on Image Processing, pp. 3401–3404, 2011.
4. J. Wu, Q. Ruan, G. An, “Exemplar-Based Image Completion Model Employing PDE Corrections,” in Journal Informatica, Vol. 21, pp. 259–276, 2010.
5. N. Komodakis, G. Tziritas, “Image Completion Using Efficient Belief Propagation Via Priority Scheduling and Dynamic Pruning,” in IEEE Transaction on Image Processing, Vol. 16, pp. 2649–2661, 2007.

Классификация портретных снимков по изображениям

Дворяков Кирилл Владимирович

Студент

Факультет ВМК МГУ имени М.В.Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: delphin92@list.ru

Появление камер на мобильных устройствах дало новый виток любительской фотографии. Теперь если нужно запечатлеть неожиданный интересный кадр, сфотографировать важное объявление или просто сфотографироваться с друзьями, можно не носить с собой фотоаппарат - достаточно мобильного телефона, который всегда под рукой. Однако качество снимков, как правило, оставляет желать лучшего.

Отчасти эта проблема решается аппаратно - установкой в новых моделях мобильных устройств камер с более чувствительными матрицей, просветлением оптики и т.д. Мы же предлагаем автоматизированный программный подход к улучшению полученных изображений. Конкретно речь пойдет об одном из самых популярных в любительской фотографии типов композиции - портретных снимках.

Обычно фотографы выделяют несколько типов портретов, отличных по ракурсу. Для того, что бы применять те или иные алгоритмы автоматической коррекции и улучшения изображений, для начала надо знать, с каким типом портрета мы работаем. Это и является темой данной работы.

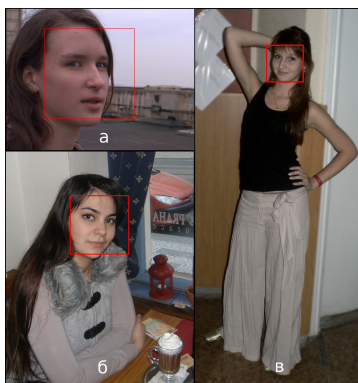
Основными классами являются лицевой, поясной, и ростовой портрет.

Нами был разработан алгоритм классификации, основанный на машинном обучении. В качестве признаков выступают положение и размеры лица на фотографии. Предполагается, что этих данных достаточно для определения класса изображения (рис. 1-3). При этом благодаря небольшому числу признаков и сравнительно простым принципам работы классификатор получился достаточно быстрым, чтобы работать на мобильных устройствах.

Для получения положения и размеров лиц используется модуль распознавания лиц библиотеки OpenCV. Классификация производится методом опорных векторов (SVM), обучающая выборка подготавливается на основе экспертных данных.

Сначала тестировалась обучающая выборка методом скользящего контроля (cross-validation). Затем производилось тестирование классификатора на независимой тестовой выборке. Полученные результаты - 70-80% от общего числа изображений правильно отнесены к тому или иному классу.

Иллюстрации



(а) Лицевой портрет. Лицо большого размера и находится близко к центру. б) Поясной портрет. Лицо меньшего размера и находится выше центра. в) Ростовой портрет. Лицо небольшого размера и находится сверху.

Литература

1. Ming-Hsuan Y., Kriegman D.J., Narendra A. Detection Faces in Images: a Survey // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. 2002. Vol 24. No 1.
2. Osuna E., Freund R., Girosi F. Training Support Vector Machines: an Application to Face Detection // Proceedings of CVPR. June 17-19. 1997.
3. Hsu C.-W., Lin C.-J. A Comparison of Methods for Multiclass Support Vector Machines // IEEE Transactions on Neural Networks. 2002. Vol 13. No 2.

Алгоритмы подбора параметров комбинирования ациклических графов соседства в задаче распознавания текстурных изображений

Динь Вьет Шанг

Аспирант

Факультет кибернетики Тульского государственного университета, Тула, Россия

E-mail: dvietsang@yahoo.com

В классической теории распознавания образов объекты рассматриваются независимо друг от друга. При обработке данных часто нужны скоординированные решения об объектах, связанных в единый массив. Объекты могут быть упорядочены вдоль оси времени, частоты, одной или нескольких пространственных координат. Элементы массива рассматриваются как «смежные», «соседние», «упорядоченные». Взаимосвязи между ними представлены графом соседства с ненаправленными ребрами без петель. В линейно упорядоченных массивах граф соседства является цепью.

Скрытые марковские модели оказались эффективны при обработке линейно упорядоченных массивов с цепочечным соседством их элементов [12]. Но для графов соседства общего вида, содержащих, как правило, циклы, задача распознавания марковских случайных полей является весьма трудоемкой [5,7,9,14] и обладает свойствами задачи класса NP.

В [1,2,10,11] предложена модель марковского случайного поля в виде марковской цепи, управляющей сменой скрытых классов распознаваемых объектов. Был предложен эффективный алгоритм распознавания, который выполняется за три прохода по графу соседства элементов взаимосвязанного массива, когда граф соседства не содержит циклов.

Марковская матрица условных вероятностей переходов является параметром предложенной в [1,2,10,11] модели. В [1,2] было показано, что в частном случае такая матрица может быть задана только одним значением ее диагонального элемента. Но диагональный элемент задавался эвристически без поиска его оптимального значения.

Как правило, в прикладных задачах графы соседства элементов массива данных содержат циклы. Например, в растровых изображениях естественное отношение соседства пикселей является решеткой, которая не является ациклическим графом. Очевидно, что древовидная редукция такого графа соседства существенно искажает взаимосвязи элементов в массиве данных. Чтобы уменьшить потери, связанные с древовидной аппроксимацией исходного графа соседства, был предложен алгоритм комбинирования ациклических графов, каждый из которых обладает коэффициентом важности, называемым его весом. Для нахождения оптимальных весов графов был

разработан алгоритм определения весов графов [3,4,6].

В данной работе предложены алгоритмы одновременного подбора диагонального элемента матрицы переходов для заданного ациклического графа и весов графов в их линейной комбинации. Проведенные эксперименты показывают, что с помощью новых алгоритмов достигается лучшее качество распознавания, сравнимое с TRW-S [8,13], который сегодня считается одним из эффективных алгоритмов распознавания изображений.

Автор благодарит Правительство Социалистической Республики Вьетнам, Тульский Государственный Университет и научного руководителя профессора, д.ф.-м.н. Двоенко С.Д. за поддержку данной работы.

Литература

1. Двоенко С.Д., Копылов А.В., Моттль В.В. Задача распознавания образов в массивах взаимосвязанных объектов. Постановка задачи и основные предположения // Автоматика и телемеханика. 2004. 1. С. 143–158.
2. Двоенко С.Д., Копылов А.В., Моттль В.В. Задача распознавания образов в массивах взаимосвязанных объектов. Алгоритм распознавания // Автоматика и телемеханика. 2005. 12. С. 162–176.
3. Двоенко С.Д., Савенков Д.С. Эффективное распознавание взаимосвязанных объектов на основе ациклических марковских моделей // Сб. докл. конф. ММРО–13. М.: МАКС Пресс, 2007. С. 302–305.
4. Двоенко С.Д., Савенков Д.С., Шанг Д.В. Комбинирование ациклических графов соседства в задаче распознавания марковских случайных полей // Сб. докл. конф. ММРО–14. М.: МАКС Пресс, 2009. С. 441–444.
5. Bishop C.M. Pattern Recognition and Machine Learning. N.Y.: Springer, 2006. 738 p.
6. Dvoenko S.D., Savenkov D.S. The Effective Recognition Procedure Based on Tree-Like Markov Models // Proc. 9th Int. Conf. on Pattern Recognition and Information Processing, PRIP'2007. Minsk, 2007. V.1. P. 98–100.
7. Geman S., Geman D. Stochastic Relaxation, Gibbs Distributions, and the Bayesian Restoration of Images // IEEE Trans. on PAMI. 1984. V. 6. P. 721–741.
8. Kolmogorov V. Convergent Tree-Reweighted Message Passing for Energy Minimization // IEEE Trans. on PAMI. 2006. V. 10. P. 1568–1583.
9. Li S.Z. Markov Random Field Modeling in Image Analysis. L: Springer-Verlag, 2009. 371 p.
10. Mottl V.V., Dvoenko S.D., Levyant V.B., Muchnik I.B. Pattern Recognition in Spatial Data: A New Method of Seismic Explorations for Oil and Gas in Crystalline Basement Rocks // Proc. 15th ICPR'2000. Spain, Barcelona, 2000. V. 3. P. 210–213.
11. Mottl V.V., Dvoenko S.D., and Kopylov A.V. Pattern Recognition in Interrelated Data: The Problem, Fundamental Assumptions, Recognition Algorithms // Proc. 17th ICPR'2004. Cambridge, England, UK, 2004. V. 1. P. 188–191.
12. Rabiner L.R. A Tutorial on Hidden Markov Models and Selected Applications in Speech Recognition // Proc. IEEE, 77. 1977. V. 2. P. 257–286.
13. Szeliski R., Zabih R., Scharstein D., Veksler O., Kolmogorov V., Agarwala A., Tappen M., Rother C. A Comparative Study of Energy Minimization Methods for Markov Random Fields with Smoothness-Based Priors // IEEE Trans. on PAMI. 2007. V. 6. P. 1068–1080.
14. Wainwright M.J., Jordan M.I. Graphical Models, Exponential Families, and

Variational Inference // Foundations and Trends in Machine Learning. 2008. V. 1. P. 1–305.

Корректная обработка полупрозрачных границ при построении стереоизображения

Ерофеев Михаил Викторович

Студент

Факультет ВМК МГУ имени М.В.Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: mik-erofeeb@yandex.ru

В настоящее время все большей и большей популярностью пользуются фильмы в стерео формате. На данный момент значительная часть контента для них производится не путем стереосъемки, а с помощью процедуры конвертации из моно формата в стерео формат. В данной работе рассматривается проблема обработки полупрозрачных краев при конвертации в стерео формат с использованием карт глубины [4].

Карта глубины – монохромное изображение, ставящее в соответствие каждому пикселу исходного изображения его относительную удаленность от наблюдателя. Сама концепция использования карт глубины предполагает однозначное определение удаленности каждой точки от наблюдателя, что является некорректным для точек вблизи границ объектов, которые зачастую являются смесью цвета переднего и заднего плана и не могут быть однозначно отнесены ни к одному из планов. Такая обработка граничных точек зачастую приводит к уничтожению полупрозрачного края объекта и возникновению излишне резкой границы объекта с фоном на одном из ракурсов и излишне мягкой границы на другом ракурсе (рис. 1). Несоответствие резкости границы на левом и правом ракурсе ведет к снижению комфорта при просмотре стерео. Аналогичная задача рассматривается в [2], но предложенный авторами метод имеет слишком большую вычислительную сложность для обработки видео высокого разрешения.

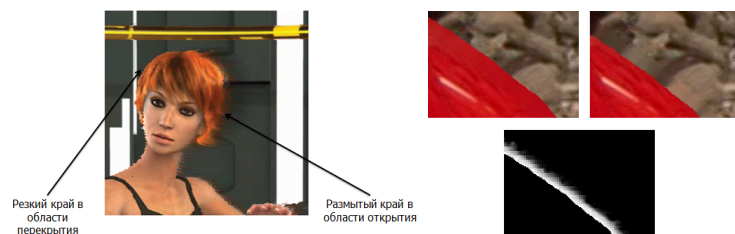
Предлагаемый метод призван решить обозначенную проблему путем вычисления истинного цвета переднего плана, истинного цвета заднего плана (рис. 2) и коэффициента прозрачности (рис. 2) для каждой точки вблизи границы. Полученная информация позволяет выполнить корректный сдвиг объектов, сохранив полупрозрачную границу объекта. Основные шаги метода: вычисление глубины переднего и заднего планов, экстраполяция цветов переднего и заднего планов, вычисление коэффициента прозрачности аналогичным методом [1] [3]. Более того, информация об истинном цвете фона может быть использована для частичного заполнения областей, которые не были видны на исходном изображении, но попали в поле зрения наблюдателя на одном из сгенерированных ракурсов.

Предложенный метод позволяет существенно улучшить качество итогового стереоизображения в случае умеренно текстурированного фона.

Литература

1. Gong, M., Wang, L., Yang, R., And Yang, Y.-H., 2010. Real-time video matting using multichannel poisson equations. Graphics Interface 2010.
2. Hasinoff, S.W., S. B. Kang, and R. Szeliski: 2004, 'Boundary matting for view synthesis'. In: IEEE Workshop on Image and Video Registration. Washington, DC.
3. Jian Sun, Jiaya Jia, Chi-Keung Tang, and Heung-Yeung Shum. Poisson matting. ACM Trans. Graph., 23(3):315–321, 2004.
4. L. Zhang & W. J. Tam, "Stereoscopic image generation based on depth images for 3D TV," IEEE Transactions on Broadcasting, Vol. 51, pp. 191-199, 2005.

Иллюстрации



Пример некорректной обработки граничных точек (слева); передний план, задний план, карта прозрачности(справа).

Оценка локального контраста изображения

Зипа Кристина Сергеевна, Жулин Степан Сергеевич, Ильин Андрей Алексеевич

Студент, Кандидат наук, Соискатель

Факультет ВМК МГУ имени М.В.Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: krisgrey@mail.ru, zstep@yandex.ru, ailyin@graphics.cs.msu.ru

Зрение позволяет человеку выделять из всего окружающего многообразия значимые черты и формы, оставляя за пределами восприятия незначительные подробности. Этому способствуют биологические механизмы контрастного восприятия, такие как механизм латерального торможения. Моделирование преимуществ зрительной системы помогает при решении задач обработки изображений (например, задачи улучшения контраста).

Во многих случаях определение контраста представляет из себя отношение разницы освещенности к средней освещенности, что объясняется законом Вебера-Фехнера. Простые модели контраста (контраст по Веберу, контраст по Микельсону, средне-квадратичный контраст) весьма условны и не могут использоваться в задаче моделирования восприятия локального контраста человеком. Модели более сложного вида ([1], [2] и [3]) либо недостаточно точно моделируют процессы зрительной системы, либо не обеспечивают достаточной универсальности входных данных.

В данной работе в качестве оценки контраста изображения предлагается использовать не число, а *карту локального контраста* (LC)- матрицу размером с исходное изображение, элементы которой могут принимать значения от 0 до 1. Предполагается, что угловой размер изображения при наблюдении не превосходит 20° , то есть оно целиком проецируется на центральную область сетчатки.

Для описания зависимости контрастной чувствительности от пространственных частот используют функцию контрастной чувствительности (CSF – Contrast Sensitivity Function). Она показывает, какой минимальный контраст (по Микельсону) необходим для восприятия синусоиды данной пространственной частоты. Пример графика функции представлен на рисунке 1.

Предложенный метод использует данные замеров CSF и состоит в следующем. Сначала входное изображение (I) переводится в пространство Фурье (преобразование F), где раскладывается на частотные компоненты (ch) с помощью логарифмических фильтров Габора ($\log Gabor$). Эти компоненты затем суммируются по Минковскому в исходном пространстве с весами, соответствующими функции контрастной чувствительности для центральной частоты текущей полосы (f_{ch}). Для нормализации матрица делится на фиксированное значение максимума CSF. Обобщенно работа метода описывается формулой:

$$LC(x, y) = \frac{1}{\max_f CSF(f)} \left(\sum_{ch=1}^k \left(CSF(f_{ch}) F^{-1} \left(\log Gabor(ch) \cdot F(I(x, y)) \right) \right)^{min_k} \right)^{\frac{1}{min_k}}$$

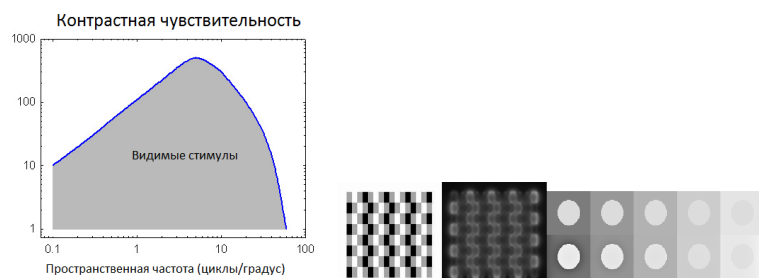
Метод работает на широком классе данных, позволяет выделить части изображения, сильнее влияющие на восприятие, а следовательно не только увеличить контрастность конкретного изображения, но и сделать выводы об информативности для зрения человека

различных деталей. Примеры работы метода представлены на рисунке 2.

Литература

1. Eli Peli, «Contrast in complex images» (1990) // J. Opt. Soc. Am. A/Vol. 7, No. 10
2. Andrew B. Watson, Albert J. Ahumada, Jr. «A standard model for foveal detection of spatial contrast» (2005) // Journal of Vision (2005) 5, 717–740
3. Meese, T. S. “Spatially extensive summation of contrast energy is revealed by contrast detection of micropattern textures.” (2010). // Journal of Vision, 10(8):14, 1–21

Иллюстрации



Пример графика функции контрастной чувствительности (слева), Исходное изображение и карта локального контраста (по центру). Исходное изображение и изображение с повышенной контрастностью (справа).

Сопоставление проекций ИК-маркеров для стереопары

Зейналов Рамиз Шакирович

Аспирант

Факультет ВМК МГУ имени М.В.Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: ramiz.zeynalov@gmail.com

В работе рассматривается задача поиска межвидовых соответствий для проекций инфракрасных маркеров на экраны двух камер. Как правило, для этого используются дескрипторы особых точек SIFT и SURF (Bay, 2008, 346-359). Однако их применение не во всех задачах может привести к адекватным результатам – не всегда есть информация о текстуре. В этой работе предлагается новый метод получения соответствий, основанный на использовании эпиполярных ограничений (Hartley, 2000). Для повышения надёжности метода используется схема голосования. Задача заключается в том, чтобы по

известным наборам проекций точек для каждой из двух камер на наборе кадров при имеющихся калибровках восстановить последовательность положений точек в пространстве, выполнив операцию триангуляции (Hartley, 1994) для всех соответствий. По калибровкам восстанавливаются фундаментальные матрицы, которые позволяют ограничить область поиска соответствующей проекции на другой камере для данной проекции эпиполярной линией. Таким образом, введя порог, характеризующий размер окрестности эпиполярной линии для поиска соответствующих проекций, можно найти набор возможных соответствий для данной проекции. Эта операция выполняется на каждой паре кадров стереопоследовательности для каждой проекции. В результате получается набор возможных соответствий для пары кадров, причём в этот набор входят соответствия, противоречащие друг другу. Затем из этого списка поочерёдно выбирается соответствие с минимальной ошибкой репроекции, после чего из списка удаляются все несовместимые соответствия. Это выполняется до тех пор, пока список не станет пуст. Эта операция выполняется для всех пар кадров последовательности, что приводит к отдельным наборам соответствий для каждой пары кадров. Для получения единого набора соответствий для всей последовательности применяется схема голосования: вводится матрица размерами M_1 на M_2 , где M_i – количество уникальных точек, встретившихся на камере i . Для каждого встретившегося соответствия увеличиваем элемент матрицы $M_{i,j}$ на единицу. Затем, пока матрица M не пуста, находим максимальный элемент. Пусть это будет элемент M_{i_0,j_0} . Тогда обнуляем всю строку i_0 и весь столбец j_0 и добавляем в единый список соответствий. Описанный алгоритм тестировался на объектах, помеченных небольшим (порядка 10) количеством маркеров. При этом была продемонстрирована высокая скорость и хорошая точность работы предложенного алгоритма.

Литература

1. H. Bay, T. Tuytelaars, L. V. Gool, SURF: Speeded Up Robust Features, 2008, CVIU'08, Vol. 110, No. 3, pp. 346-359
2. R. Hartley, P. Sturm, Triangulation, 1994
3. R. Hartley, A. Zisserman. Multiple view geometry in computer vision. Cambridge, UK, 2000. Cambridge University Press

Классификация сцен по фотоизображениям

Карпухин Иван Александрович, Ильин Андей Алексеевич

Студент, Соискатель

Факультет ВМК МГУ имени М.В.Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: karpuhini@yandex.ru

В области обработки цифровых изображений актуальна задача автоматической коррекции и улучшения фотографий, направленная

на устранения неточностей бытовой фотоаппаратуры и на общее повышение выразительности снимков. Известен ряд алгоритмов, позволяющих корректировать изображения в автоматическом режиме (удаление шума, повышение насыщенности, цветокоррекция). Однако, данные алгоритмы, как правило, не универсальны. Для профессиональной автоматизированной коррекции и ретуши разных типов изображений (например, пейзажей или снимков в помещениях) требуется применение различных комплексных подходов по фотокоррекции. В данной работе предложен устойчивый и быстрый алгоритм автоматического определения типа сцен по фотоизображениям.

Наиболее распространенным и развивающимся направлением в задачах классификации являются методы машинного обучения ([1],[3]). Однако существующие методы используются в другой области. Наиболее распространенной областью применения таких алгоритмов является удобный поиск нужных снимков в больших коллекциях фотографий ([2]). Такая постановка задачи сказывается как на самих классах изображений, так и на способах анализа их принадлежности. В условиях фотообработки эти алгоритмы не обладают достаточной эффективностью: они требуют больших вычислительных затрат, используют неподходящие классы изображений, а также, не вычисляют параметров алгоритмов коррекции фотографий.

В целях решения данной проблемы нами был разработан новый метод, основанный на подсчете характеристик участков изображения. Наш алгоритм разбивает изображение на участки и определяет их принадлежность к одному из заданных классов. Затем, информация, полученная с разных участков изображения суммируется и выдвигается решение о классе изображения в целом.

Наш метод дает ряд преимуществ. Во первых, мы используем собственный набор классов (к примеру, в отдельную группу выделены портретные снимки). Во вторых, он учитывает невысокую производительность фото-устройств. В третьих, используются параметры EXIF фотографии. Также, наш метод ориентирован не на высокую точность классификации, а на качество обработки изображений.

Мы протестировали алгоритм классификации на классах, среди которых:

1. Изображения, снятые в помещении;
2. Изображения, снятые в городе и на природе;
3. Портреты людей.

На указанных классах достигается точность классификации 80-90%.

Литература

1. Szummer M., Picard R. W . Indoor/Outdoor Image Classification. 1998

2. Serrano N., Savakis A., Luo J . A computationally efficient approach to indoor/outdoor scene classification
3. Fitzpatrick P. Indoor/outdoor scene classification project.

Разработка алгоритма создания трехмерного численного образа реального кристалла по его изображениям

Колосова Галина

Студент

Физико-технический институт Северо-восточного федерального университета, Якутск, Россия

E-mail: Galcho_@mail.ru

Целью исследования является разработка алгоритма создания трехмерного образа кристалла по его изображениям. Для достижения цели были поставлены следующие задачи: изучение графических и вычислительных средств пакета MathCad, получение графических данных о кристалле с помощью видеокамеры, преобразование видеофайла в ряд графических файлов, ввод данных в пакет MathCad и преобразование в численные данные, обработка изображений, создание алгоритма и его реализация. В работе разработан алгоритм создания трехмерной модели кристалла по изображениям его проекций. Преобразование графических данных проекций кристалла в численные и их обработка проводились с помощью математического пакета Mathcad. В качестве примера представлена разработка алгоритма создания трехмерных образов кристаллов простых конфигураций: пирамида, октаэдр, параллелограмм и его реализация. Для автоматизированного ввода геометрических характеристик кристалла необходимо иметь его изображения . Их можно сделать с помощью цифровой видеокамеры, вращая объект. Файлы должны иметь расширение jpg. или bmp, поэтому полученный видеофайл преобразуется с помощью конвертора в ряд графических файлов. Они вводятся в пакет MathCad и преобразуются в численные данные в иде матрицы. Обработка этих данных производится с помощью программных и вычислительных средств пакета, в результате которой определяются геометрические характеристики и координаты проекций кристалла. Трехмерный компьютерный образ кристалла создается графическими средствами пакета MathCad.

Литература

1. MathCAD PLUS 6.0. Финансовые, инженерные и научные расчеты в среде Windows 95. Перевод с англ. М.:Информационно-издательский дом «Филинь», 1996.
2. Эндрюс. Применение вычислительных машин для обработки изображений.

3. Яншин. Анализ и обработка изображений. Принципы и алгоритмы.
4. Мартинес. Обработка изображений.

Использование базовой управляющей структуры в процессе проектирования сложного технического объекта

Конотоп Дмитрий Игоревич

Аспирант

*КПИ Факультет авиационных и космических систем Национального технического университета Украины, Киев, Украина
E-mail: konotop.dmitriy@gmail.com*

Предлагается методика параметрического проектирования сложного технического объекта с использованием базовой управляющей структуры.

Базовая управляющая структура (БУС) – это совокупность исходных конструкторских данных для разработки сложного технического объекта (СТО) на примере виртуального макета (ВМ) самолета в CAD/CAM/CAE-среде. Базовая управляющая структура обеспечивает возможность оптимального управления ВМ самолета на всех этапах проектирования с использованием современных компьютерных информационных технологий.

Процесс проектирования ВМ самолета в CAD/CAM/CAE-среде включает в себя четыре основных этапа [1-3]:

- Принятие технических решений;
- Разработка модели мастер-геометрии (ММГ) самолета – определение базовых систем координат, теоретических поверхностей и мест установки основных силовых элементов конструкции самолета;
- Разработка модели распределения пространства (МРП) самолета, которая включает в себя твердотельные модели компонентов конструкции, систем и оборудования в соответствии с этапами эскизного и технического проектирования;
- Разработка модели полного электронного определения изделия (МПЭОИ) самолета, которая соответствует этапу рабочего проектирования.

Базовая управляющая структура разрабатывается на основе принятых технических решений и данных ММГ. Базовая управляющая структура является основой для разработки МРП и МПЭОИ ВМ самолета и предназначена для:

- Создания структуры изделия;

- Предварительного кинематического анализа подвижных частей агрегатов;
- Разработки моделей компонентов конструкции, систем и оборудования;
- Взаимной увязки компонентов конструкции, систем и оборудования.

Базовая управляющая структура ВМ самолета включает в себя следующие основные компоненты:

- Мастер-геометрию;
- Схемы конструкции;
- Кинематические схемы подвижных частей агрегатов;
- Компонентные схемы систем и оборудования.

Подход к проектированию СТО с использованием БУС может быть реализован в различных CAD/CAM/CAE-средах. Автор принимал участие в разработке ВМ самолета с использованием БУС в среде CATIA V5.

Данная методика позволяет оперативно реагировать на изменения в структуре ВМ самолета, отслеживать принятые в ходе проектирования технические решения на всех этапах проектирования путем управления геометрическими параметрами БУС. Эффективность использования этой методики обеспечивает сокращение сроков проектирования, снижение себестоимости разработки СТО и повышение его качества.

Автор выражает благодарность научному руководителю к.т.н., доц Зинченко В. П. и вед. инж.-прогр. Сидоренко О. П. за помощь в написании тезисов.

Литература

1. Егер С. М. и др. Основы автоматизированного проектирования самолетов: Учеб. пособие для студентов авиационных специальностей вузов. / С.М. Егер, Н.К. Лисейцев, О.С. Самойлович. - М: Машиностроение, 1986. - 232 с.
2. Информационные технологии в наукоемком машиностроении: Компьютерное обеспечение индустриального бизнеса/ Под общ. ред. А.Г. Братухина.- К.: Техніка, 2001. - 728 с.
3. D. Konotop, I. Budinska, V. Zinchenko, E. Gatial. Multi-agent-based conception of a modern aircraft design. // Proceedings of 5th Workshop on Intelligent and Knowledge Oriented Technologies. Bratislava, Slovakia, 2010 – p. 125 – 128.

Алгоритм компенсации разности освещения на основе сплайнов

Лебедев Андрей Сергеевич

Аспирант

Факультет ВМК МГУ имени М. В. Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: andrewlebedev@yandex.ru

В настоящее время существует большое число систем поиска и распознавания объектов по фотоизображениям. Часто анализ исходных фотографий сильно затруднен из-за неравномерного освещения. Например, данная проблема возникает при анализе отсканированного текста. Для правильного распознавания текста необходимо компенсировать разность освещения исходной фотографии.

Все алгоритмы компенсации освещения построены на идее представления исходного изображения в виде суммы (или произведения) компенсированной фотографии и неравномерного освещения. Основная задача состоит в адекватном моделировании неравномерного освещения. Наиболее известны методы с применением низкочастотного фильтра [1] и адаптивной бинаризации [2]. В зависимости от используемых параметров данные методы учитывают освещение либо локально, либо грубо аппроксимируя глобальное освещение (см. Рис. 1б, 1в).

Нами был разработан алгоритм, устраняющий недостатки подходов [1,2]. Основная идея метода состоит в восстановлении фона изображения в виде сплайна заданной гладкости. На первом этапе происходит выбор точек для построения сплайна. Далее в этих точках изображение аппроксимируется т.н. RBF - сплайном [3] с заданным значением гладкости. Затем для каждой точки вычисляется максимум из значения яркости исходного изображения и аппроксимации сплайна. Полученные значения снова аппроксимируются сплайном, вычисляется максимум, весь процесс итеративно повторяется.

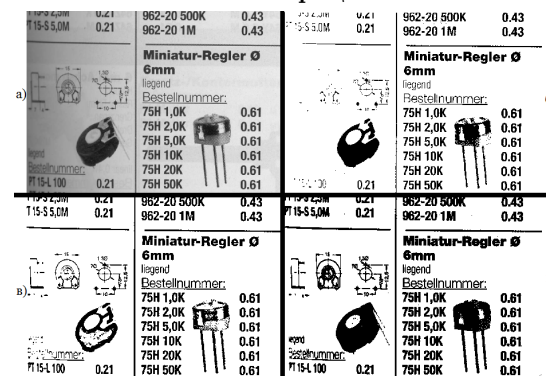
В результате данный алгоритм позволяет глобально учитывать освещение и более гибко учитывать его изменение. Результат применения разработанного алгоритма и сравнение его с алгоритмами из [1, 2] представлены на Рис. 1.

Литература

1. Vijverberg J.A., Loomans M.J.H., Koeleman, C.J. Global illumination compensation for background subtraction using Gaussian-based background difference modeling // Proceedings of the 2009 Sixth IEEE International Conference on Advanced Video and Signal Based Surveillance. 2009. P. 448-453.
2. Shafait F., Keysers D., Breuel T.M. Efficient implementation of local adaptive thresholding techniques using integral images // Document Recognition and Retrieval XV, V.6815. 2008. No. 1. P. 35-40.

3. Wahba G. Spline models for observational data. Society for Industrial Mathematics, 1990.

Иллюстрации



а) исходное изображение; б) результат фильтрации низких частот; в) результат адаптивной бинаризации; г) результат алгоритма на основе сплайнов

Локально-адаптивный алгоритм цветокоррекции стереопары

Нападковский Вячеслав Вячеславович

Студент

Факультет ВМК МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: napadovskiy@gmail.com

В настоящее время в связи с широким распространением 3D-стереофильмов встаёт вопрос об оценке качества 3D-видео. Из-за несовершенства матриц камер, используемых при съёмке, очень часто можно увидеть серьёзные различия по цвету между левым и правым ракурсами. Эти различия негативно сказываются на впечатлении от просмотра 3D и могут вызывать головную боль у зрителей.

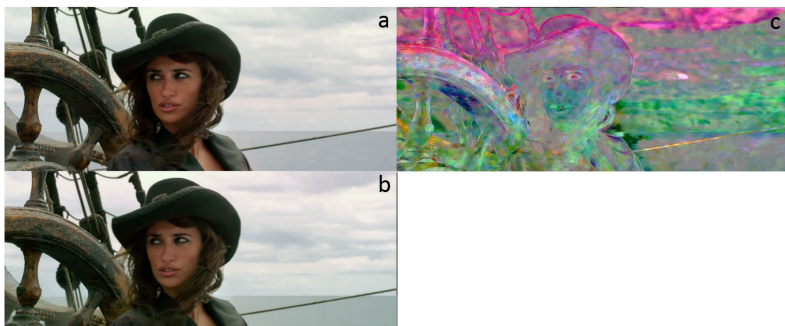
Распространённым методом исправления цвета для стереопары является глобальное преобразование гистограмм цветовых компонент [3]. Однако данное преобразование не в силах исправить искажения цвета при использовании светофильтров, т.к. в данном случае оно должно зависеть от положения пикселя на кадре.

В данной работе предлагается локально-адаптивный метод исправления различий по цвету между ракурсами. Основная идея метода заимствована из [2], однако вместо использования характерных точек применяется алгоритм блочной оценки движения, для сопоставления одного ракурса к другому, описанный в [1]. Ошибка сопоставления блока вычисляется как взвешенное среднее между суммой

нормализованных разностей и суммой абсолютных разностей соответствующих пикселей [1,2]. Затем производится компенсация левого ракурса к правому, вычисляется разность между результатом компенсации и правым ракурсом, и выполняется кросс-билатеральная фильтрация полученной разности с целью подавления ошибок блочного алгоритма оценки движения. Затем результат фильтрации прибавляется к правому ракурсу.

Предложенный алгоритм можно использовать для исправления снятого стерео видео. Также разница между ракурсами, вычисляемая алгоритмом, может использоваться для построения меры качества стерео видео.

Иллюстрации



Кадр 1140 из трейлера к фильму «Пираты Карибского моря: На странных берегах». (а) Левый ракурс. (б) Правый ракурс. (с) Вычисленное преобразование для правого ракурса

Литература

1. С. Путилин. Быстрый алгоритм нахождения движения в видео-последовательностях // Труды конференции GraphCon-2006; Россия, Новосибирск, Академгородок: 2006, С. 407-410
2. Jung-Jae Yu, Hae-Dong Kim, Ho-Wook Jang, Seung-Woo Nam, "A hybrid color matching between stereo image sequences", 3DTV Conference: The True Vision – Capture, Transmission and Display of 3D Video (3DTV-CON), 2011, pp. 1-4
3. Kenji Yamamoto, Ryutaro Oi, "Color Correction for Multi-view Video Using Energy Minimization of View Networks", International Journal of Automation and Computing, volume 5(3), 2008, pp. 234-245

Фотореалистичное моделирование отражения и преломления света

Мяков Павел Андреевич

Студент

Факультет ВМК МГУ имени М.В.Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: myakov.pavel@gmail.com

В компьютерной графике достаточно большим классом задач является моделирование распространения света в различных средах. Качество решения этой задачи сильно влияет на фотореалистичность полупрозрачных объектов в сцене. Учитывая то, что полупрозрачные объекты (стеклянные предметы, поверхность воды и т. д.) встречаются достаточно часто, задача их корректной визуализации принимает особую важность, но на данный момент хорошие результаты достигаются только с помощью трассировки лучей. Попытки использования метода растеризации не дают достоверного изображения.

В основном существующие алгоритмы либо решают узкий класс задач [1], либо получают весьма приблизительные результаты [2]. Для более точного рендеринга произвольных предметов применяются методы трассировки пучков [3] и алгоритмы, базирующиеся на упрощенной трассировке каждого луча.

Предложенный метод визуализации позволяет достаточно точно вычислять отражения и преломления, используя графические ускорители.

Основная идея алгоритма заключается в том, что вся сцена представляется как расслоенная карта расстояний. Такой подход описан в статье [4]. Каждый слой, в свою очередь, сохраняется как кубическая карта в памяти текстур, причем каждая грань содержит не только информацию о цвете, но также и о расстоянии от определенной точки отсчета до точки поверхности и нормали к ней. Таким образом набор кубических слоев может быть интерпретирован как упрощенное отображение сцены.

Алгоритм реализован с использованием шейдерных программ, что позволяет быстро производить трассировку лучей, используя описанное представление сцены, средствами аппаратного ускорителя графики. Такой метод позволяет существенно сократить вычисления во время трассировки лучей, тем самым добиться рендеринга в реальном времени.

Для получения множественных преломлений и отражений реализован механизм раздваивания луча на границах раздела сред на преломленный и отраженный. После преломления одному лучу присваивается статус основного, а другому статус побочного. При дальнейшем столкновении лучей со сценой, основной луч, в отличие от побочного, будет иметь возможность раздваиваться дальше. Для выбора основного луча из двух существуют два алгоритма. Согласно

первому алгоритму основным становится тот луч, который уходит внутрь кристалла. Согласно второму, выбирается тот, который имеет наибольшую интенсивность.

В качестве дальнейшего развития планируется добавить эффекты дисперсии, двулучепреломления для случая одноосных анизотропных сред и поляризации лучей.

Литература

1. Jerry Tessendorf. Simulating ocean water, 2001.
2. Chris Wyman. An Approximate Image-Space Approach for Interactive Refraction, 2005.
3. Paul Heckbert, Pat Hanrahan. Beam Tracing Polygonal Objects, 1984.
4. Tamás Umenhoffer, Gustavo Patow, László Szirmay-Kalos. GPU Gems 3: Chapter 17. Robust Multiple Specular Reflections and Refractions, 2009.

Технология Eye-tracking в образовательном процессе

Некрасова Вера Ардалионовна

Соискатель

*Северный (Арктический) федеральный университет, Архангельск, Россия
E-mail: v.a.nekrasova@narfu.ru*

Известно, что взгляд неосознанно фокусируется на различных наиболее привлекающих нас объектах. Данная избирательная особенность человеческого зрения легла в основу современного метода изучения внимания, который получил название Eye-tracking. Одной из областей применения технологии является образовательный процесс. Данные, полученные с помощью прибора, такие как зоны фокусировки, число фиксации и их продолжительность позволяют сделать выводы об наиболее привлекающих объектах, о соответствии и важности предоставляемого учебного материала, расставить акценты в обучении. Технология Eye-tracking может быть применена при подготовке лекционных и презентационных материалов (в электронном и не электронном виде), адаптируя дизайн для более эффективного восприятия информации обучаемым [1].

Впервые в Архангельской области эта технология появилась в Центре инновационного обучения Института информационных и космических технологий Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова (САФУ) [3]. С получением федерального статуса, у университета активизировались возможности научного сотрудничества с ведущими ВУЗами страны. В САФУ для исследований используется система ВизиоСКАН, разработанная молодым ученым из Московского Государственного Университета имени М.В. Ломоносова [2].

Изначально система ВизиоСКАН имела ограниченный функционал и могла быть применена только для проведения узкоспециализированных исследований. Нам удалось адаптировать установку и разработать новый программный продукт для математической обработки получаемых данных и удобной визуализации результатов исследований. Визуальные отчеты после обработки данных новым программным продуктом представляются в форме понятной человеку, не имеющему специальных знаний в области анализа визуального восприятия информации. На Рис. 1 представлен визуальный отчет, позволяющий проследить последовательность фиксации взгляда респондента на объекте исследования (Карта взгляда). Таким образом, карта взгляда состоит из точек фиксации, которые отображают отрезок времени, необходимый глазу для обработки увиденного изображения. Чем больше точка фиксации на карте взгляда, тем больше времени респондент уделил этому региону объекта исследования.

Литература

1. H.S. Al-Khalifa, R.P. George. Eye Tracking and e-Learning Seeing Through Your Students' Eyes, <http://elearnmag.acm.org/archive.cfm?aid=1833511>. - 2010.
2. ВизиоСКАН. Центр измерительных технологий и промышленной автоматизации МГУ. <http://www.automationlabs.ru/index.php/eye/visioscanmenu>. - 2011.
3. Северный (Арктический) федеральный университет. САФУ – Лаборатория Eye-tracker. http://www.narfu.ru/iikt/science_and_innovation/center_for_innovative_learning/structure/laboratory_eye_tracker - 2011.

Иллюстрации



Карта взгляда респондента при просмотре главной страницы web-сайта www.narfu.ru

Использование системы виртуальной реальности для изучения проблем взаимодействия вестибулярного и зрительного аппаратов

Пестун Максим Вадимович

Студент

Факультет ВМК МГУ имени М.В.Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: max.pestun@gmail.com

Системы виртуальной реальности с каждым годом выходят на новый уровень реалистичности. Благодаря высокому качеству изображения и точным системам трекинга человек словно погружается в параллельный мир и воспринимает его как альтернативу материального. Таким образом, системы виртуальной реальности предоставляют прекрасную возможность для проведения различных научных экспериментов со стрессовыми условиями.

На факультете Психологии Московского Государственного Университета им. М.В. Ломоносова недавно была установлена система виртуальной реальности CAVE [2]. Система состоит из четырех больших плоских квадратных экранов, соединенных в куб (верхняя и задняя стенки отсутствуют). Длина сторон каждого экрана составляет около 2.5 метров. За кубом располагаются четыре проектора, каждый из которых проецирует изображение на соответствующий экран. Для создания эффекта объемного изображения используются активные затворные очки. Проекторы поочередно проецируют картинки для левого и правого глаза. Очки, соответственно, становятся прозрачными только для того глаза, для которого предназначено изображение. На экраны проецируется деформированное таким образом изображение, чтобы наблюдатель не замечал искажения перспективы и наличия граней куба. Для взаимодействия с окружающими виртуальными объектами, а также для перемещения по виртуальным уровням используется фластик (трехмерная мышь). Положение очков и фластика внутри CAVE отслеживается инфракрасными камерами по специальным светоотражающим датчикам. Система работает под управлением 5 компьютеров: 4 компьютера, рассчитывающие изображения для каждого проектора, и один мастер-компьютер для их синхронизации и обеспечения работы систем трекинга. Для исследования разработано специальное приложение в среде VirTools 4.0 [3].

Целью исследования является оценка нарушения вестибулярной функции на выполнение двигательных и когнитивных задач [4] в условиях иллюзии вращения тела человека в различных направлениях. Гипотеза, основанная на экспериментах Гибсона [5] с «летающей комнатой», состоит в том, что вращения окружающей обстановки – виртуальной комнаты – вызывают нарушения вестибулярной функции, что отражается на решении двигательных (нарушения ко-

ординации конечностей тела) и когнитивных (нарушение процессов памяти, внимания, восприятия) задач [1]. В качестве стимуляции используются вращения виртуальной комнаты вокруг наблюдателя по горизонтали, по вертикали и качания комнаты в случайном направлении. Каждое вращение/качение длится 5 мин. Для оценки влияния нарушений вестибулярной функции на решение двигательных задач применяется методика «попадания в цель». До вращений, а также после каждого из них испытуемому предлагается «попасть» с помощью фластика в случайно появляющуюся на расстоянии метра от него на темном экране мишень, состоящую из центра (где необходимо удерживать попадание в течение 5 секунд для «завершения» мишени) и периферии. Такая процедура проводится каждый раз для 5 последовательно появляющихся мишеней. Время нахождения луча фластика на периферии мишени, а также расстояние отклонения от центра являются количественной мерой нарушения координации. Для оценки влияния нарушений вестибулярной функции на решение когнитивных задач применяется методика «обнаружения целевого стимула». Испытуемому предъявляются движущиеся объекты, имеющие различную форму и цвет. Его задачей является опознание целевого стимула. Момент опознания отражается вербальной реакцией испытуемого. Время поиска целевого стимула является мерой нарушения когнитивных функций. Кроме этого ведется наблюдение за движениями тела испытуемого, и производится анализ самоотчетов.

В качестве результатов планируется получить различия в решении двигательных и когнитивных задач при нарушенном вестибулярном аппарате (под воздействием разных типов вращений виртуальной комнаты) и вестибулярном аппарате, находящемся в состоянии покоя. Степень нарушения будет выражена во временных показателях нахождения луча фластика на периферии (с учетом максимального расстояния отклонения от центра) и в центре мишеней, а также в изменении затраченного времени на опознание целевых стимулов. Кроме этого, из самоотчетов ожидается получить информацию о степени погруженности испытуемых в виртуальную среду.

Таким образом, предполагается, что данное исследование продемонстрирует эффективность использования систем виртуальной реальности для изучения нарушения процессов решения двигательных и когнитивных задач при нарушениях вестибулярного аппарата. Полученные нами данные помогут моделировать взаимодействия двигательных и когнитивных процессов человека в экстремальных условиях.

Литература

1. Bernhard Riecke and others, Cognitive Factors Can Influence Self-Motion Perception (vection) in Virtual Reality // ACM

Transactions on Applied Perception, vol. 3, no. 3, pp. 194–216, July, 2006.

2. Nobuaki Ohno, Akira Kageyama Advanced. Introduction to Virtual Reality Visualization // Advanced Methods for Space Simulations, TERRAPUB, pp. 167–207, 2007.
3. 3DVIA Virtools - Dassault Systèmes: <http://www.3ds.com/products/3dvia/3dvia-virttools/>
4. Cognitive psychology - Wikipedia: http://en.wikipedia.org/wiki/Cognitive_psychology
5. James J. Gibson - Wikipedia: http://en.wikipedia.org/wiki/James_J._Gibson

Характеристики устройств отображения 3D и методика их определения

Сумин Денис Александрович

Студент

Факультет ВМК МГУ имени М.В.Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: dsumin@graphics.cs.msu.ru

За последнее время количество технологий для отображения 3D-изображений и устройств, которые используют эти технологии, значительно выросло. Однако качество устройств и возможности технологий различны, и на сегодняшний день не существует методики, которая позволяет сравнивать различные устройства отображения 3D и технологии, лежащие в их основе. Производители устройств зачастую не предоставляют конечному пользователю информации о технических характеристиках своих устройств, в то время как некачественное отображение форматов 3D может доставлять зрителям дискомфорт или даже пагубно влиять на здоровье [1].

Существующие подходы к определению характеристик устройств обычно касаются только сравнения устройств, построенных на определенной технологии. Так, ОАО «Научно-исследовательский кино-фотоинститут» [2] работает над нормами параметров, влияющих на качество стереоизображений в условиях кинозала; SARNOFF [3] и Planar System [4] разрабатывают шаблоны для тестирования стереоскопических дисплеев и проекторов. Таким образом, за рамками исследований вышеперечисленных коллективов осталось большое количество технологий отображения 3D, а также вопросы сравнения различных технологий и впечатлений конечных пользователей.

В ходе работы была создана и опробована методика определения характеристик 3D-устройств различных типов. С ее помощью был протестирован ряд устройств отображения 3D и создана база данных с их характеристиками. Дальнейшая работа связана с улучшением методики тестирования в связи с появлением новых устройств и технологий и с автоматизацией процесса тестирования.

В докладе производится обзор важных характеристик устройств отображения 3D различных типов; обсуждается созданная методика тестирования разнообразных устройств отображения 3D, построенных на различных технологиях; предлагаются возможности автоматизации процесса тестирования конкретного устройства. Приводятся примеры протестированных устройств и обнаруженных проблем.

Работа была поддержана грантами РФФИ 10-01-00697-а и У.М.Н.И.К.

Литература

1. <http://www.samsung.com/sg/3Dtv/notice.html>
2. Комар В.Г., Рожков С.Н., Чекалин Д.Г. Нормирование параметров, определяющих качество стереоизображения, воспринимаемого в условиях кинозала. Теоретические и технические вопросы записи, воспроизведения и восприятия стереоизображений. Сборник докладов, М., ОАО «НИКФИ», 2011.
3. Hurst N. I Can See Clearly Now – in 3D. SMPTE Meeting Presentation, 2011.
4. Abileah A. 3D Displays – Technologies & Testing Methods. Workshop on 3D Imaging, 2011.

Некоторые вопросы субъективного восприятия стереоизображения

Федоров Алексей Александрович

Студент

Факультет ВМК МГУ имени М.В.Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: AlexFbox@gmail.com

В наши дни большое количество фильмов создается в формате 3D. К качеству объемного видео предъявляется больше требований, чем к обычному видео, в связи с повышенной нагрузкой на глаза и мозг человека. Вместе с этим появляется потребность в эффективных методах объективного измерения качества 3D-контента (далее: метрики).

Такие метрики, как правило, основаны на результатах изучения субъективного человеческого восприятия. Т.е. для создания объективных метрик необходимо осознать, как человек воспринимает информацию в различных условиях – что воспринимается хорошо, а что плохо.

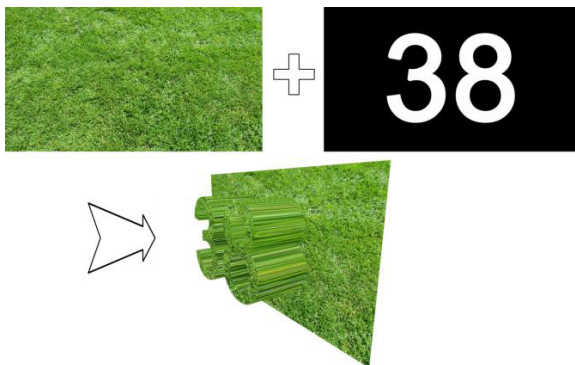
Можно выделить несколько основных вопросов, для изучения субъективного восприятия:

- Как человек воспринимает 3D;
- На чем концентрируется внимание человека (какой части изображения уделяется особое внимание);

- Какое количество людей способно заметить некачественные области на изображении (далее: артефакты);

Основываясь на предположении, что артефакты 3D-видео лучше видны на снимках с высокой частотой текстур, и учитывая специальные шаблоны медицинских тестов зрения, такие как проверка остроты зрения и восприятие цвета, разработана система тестовых изображений. В соответствии с предложенной методикой было проведено субъективное тестирование восприятия 3D, в котором приняло участие больше 100 респондентов. Собранные статистика позволила сделать выводы об основных принципах восприятия 3D у людей с различной остротой зрения. Полученная информация позволила определить некоторые аспекты, необходимые для создания объективной метрики.

Иллюстрации



Пример тестового изображения. На однородной текстуре глубиной выделяется число.

Литература

1. Рожкова Г.И., Васильева Н.Н. Сравнительные трудности восприятия фильмов в 2D- и 3D-форматах // Материалы II Научно-технической конференции "запись и воспроизведение объемных изображений в кинематографе и других областях". 22-23 апреля 2010 года. С. 9-25.
2. Фельдман Б.Г. К вопросу об оценке качества стереоизображений // Материалы II Научно-технической конференции "запись и воспроизведение объемных изображений в кинематографе и других областях". 22-23 апреля 2010 года. С. 40-50.
3. Mittal A., Moorthy A. K., Ghosh J., Bovik A.C. Algorithmic Assessment of 3D Quality of Experience For Images And Videos // IEEE DSP/SPE. 2011. P. 338-343.

4. Richardt C., Swirski L., Davies I.P., Dodgson N.A. Predicting Stereoscopic Viewing Comfort Using a Coherence-Based Computational Model // The Eurographics Association. 2011.
5. Hakkinen J., Kawai T., Takatalo J., Leisti T., Radun J., Hirsaho A., Nyman G. Measuring. Stereoscopic image quality experience with interpretation based quality methodology // SPIE. 2008.

Численные методы, математическое моделирование и исследование операций

О структуре равновесий Нэша и их локальной устойчивости в модели эндогенного формирования коалиций

Вартанов Сергей Александрович

Аспирант

Факультет ВМК МГУ имени М.В.Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: sergvart@gmail.com

В работе рассматривается теоретико-игровая модель эндогенного формирования коалиций. В отличие от более ранней литературы ([1], [2]) по данной тематике, рассматривается модель без побочных платежей, описываемая некооперативной игрой. Множество игроков предполагается достаточно большим, что позволяет рассматривать непрерывное распределение их по идеальным точкам.

Игроки характеризуются непрерывным распределением с квазивогнутой функцией плотности $f(x)$ по идеальным точкам в одномерном множестве идеальных точек $X = [0, 1]$. Они выбирают стратегии из множества $I^0 = \{0, 1, \dots, M\}$, где M - достаточно большое целое число. Если выбрана стратегия $i \neq 0$, то считается, что игрок присоединился к коалиции i , иначе считается, что он воздержался от присоединения. Рассматриваются ситуации, в которых для каждой коалиции функция $f_i(x)$ плотности распределения её участников интегрируема. Итоговая политика p_i коалиции определяется как медиана этого распределения. Функция выигрыша $U(x, r_i, p_i)$ игрока с идеальной точкой x , вступившего в коалицию размера r_i с политикой p_i , имеет вид $U(x, r_i, p_i) = R(r_i) - L(|x - p_i|)$, где $L(\cdot)$, $R(\cdot)$ - возрастающие непрерывные функции, а функция $L(\cdot)$, кроме того, является выпуклой.

Равновесием Нэша является такой набор стратегий, в котором каждый агент вступает в ту коалицию, где он имеет наибольший выигрыш при условии, что выбор остальных агентов фиксирован. Равновесие называется регулярным, если для любых двух коалиций их политики не совпадают. В регулярном равновесии каждой коалиции i соответствует единственный интервал $X_i \subset X$, такой что

$\forall x \in X_i f_i(x) = f(x)$ и $\forall x \in X \setminus \overline{X_i} f_i(x) = 0$. Коалиции i и j , для которых $X_i \cap \overline{X_j} \neq \emptyset$, называются соседними. Равновесие устойчиво к локальному объединению, если не существует такой новой коалиции, состоящей из двух соседних коалиций, что всем её участникам выгодно объединение. Равновесие устойчиво к локальному расколу, если не существует такого собственного подмножества участников одной из коалиций, что все они получают бóльший выигрыш, если сформируют отдельную коалицию.

В работе исследуются вопросы существования и устойчивости равновесий. В случае, когда выигрыш граничного агента произвольной коалиции является унимодальной функцией размера этой коалиции, в исследуемой модели всегда существуют равновесия, состоящие из достаточно большого числа коалиций. Также в работе построены пороговые значения размеров коалиций, при превышении которых равновесие становится устойчивым к локальному объединению. Кроме того, проведенное исследование показало, что в случае вогнутой функции $R(\cdot)$, вторая производная $R''(\cdot)$ которой убывает, любое равновесие в рассматриваемой модели является устойчивым к локальному расколу.

Автор благодарит профессора, д.ф.м.н. Васина А.А. за помощь в подготовке работы и написании тезисов.

Литература

1. Alberto Alesina, Enrico Spolaore. On the number and size of nations // The Quarterly Journal of Economics, Vol. 112, No. 4. (Nov., 1997), pp. 1027-1056.
2. Anna Bogomolnaia, Michel Le Breton, Alexei Savvateev, Shlomo Weber. Stability of jurisdiction structures under the equal share and median rules // Economic Theory, Springer, vol. 34(3), (March, 2008), pp. 525-543.
3. Alexander Vasin, Denis Stepanov. Endogenous formation of political parties // Mathematical and Computer Modelling 48 (2008) pp. 1519–1526

Применение изогометрического метода для численного решения эллиптических уравнений

Алексеев Дмитрий Владимирович

Студент

Факультет ВМК МГУ имени М.В.Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: dimaleks@mail.ru

Изогеометрический метод – это относительно новая перспективная технология дискретизации и решения дифференциальных уравнений в частных производных, предложенная в 2005 году.

Он имеет много общего с методом конечных элементов, а также ряд черт, присущих бессеточным методам. Однако, в большей степени метод основан на геометрическом подходе, а своим появлением он обязан автоматизированному проектированию. Первостепенная задача создания метода заключается в том, чтобы иметь абсолютную точность в описании геометрии, вне зависимости от того, насколько грубая сетка используется. Другая цель – упростить процесс измельчения сетки, избавившись от необходимости в использовании систем автоматизированного проектирования (САП) для построения все более точных сеток. И, наконец – собрать воедино процесс проектирования и генерации сеток.

Благодаря использованию сплайнов NURBS вместо традиционного конечно-элементного базиса, изометрический метод работает с тем же представлением геометрии вычислительного домена, что и системы САП. Такое единообразие подразумевает использование одинаковых данных как при создании геометрии, так и при её использовании в расчетах. Стадия создания хорошей сетки для представления доменов сложной формы просто пропадает, так как сетка даже с небольшим числом ячеек точно описывает созданные в САП модели.

В то же время сложность реализации метода несколько не возрастает по сравнению с традиционными методами. Также остается без изменений и скорость и порядок сходимости изометрического метода.

В докладе будет дано более детальное описание сплайнов NURBS, показаны некоторые созданные с их помощью поверхности, приведена схема изометрического метода, проведены численные расчеты, подтверждающие сходимость. Отдельный акцент будет сделан на уравнения, задаваемые на сложных поверхностях в пространстве, которые возникают например, при моделировании диффузии в клетках (см. пример на рис 1).

Проект был выполнен в сотрудничестве с политехническим институтом города Лозанны, Швейцария (École polytechnique fédérale de Lausanne)

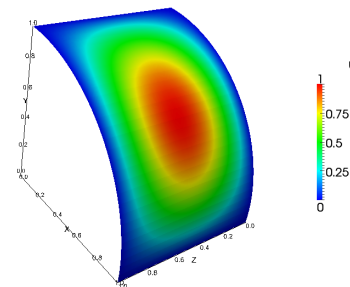
Выражаю благодарность моему научному руководителю в МГУ Игорю Николаевичу Иновенкову, а также руководителю проекта в EPFL старшему ассистенту Luca Dede’.

Литература

1. T.J.R. Hughes, J.A. Cottrell, Y. Bazilevs, Isogeometric analysis: CAD, finite elements, NURBS, exact geometry and mesh refinement, *Comput. Methods Appl. Mech. Engrg.* 194 (2005) 4135–4195
2. C. de Falco, A. Reali, R. Vázquez, GeoPDEs: a research tool for IsoGeometric Analysis of PDEs

3. L. Piegl, W. Tiller, *The Nurbs Book*, Springer-Verlag, New York, 1997.

Иллюстрации



Решение уравнения Пуассона на четверти цилиндра

Модификация метода частиц для исследования течения в двухкомпонентной среде

Ахватова Ксения Владимировна

Аспирант

Факультет ВМК МГУ имени М.В.Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: ksenia.akhvatova@fingrad.com

В данной работе разработан двухэтапный численный метод, позволяющий проводить расчет движения двухкомпонентной среды, состоящей из несмешивающихся жидкостей.

На первом этапе методом покоординатного расщепления решается система дифференциальных уравнений, описывающая движение двухкомпонентной среды. Для вычисления границы между жидкостями на втором этапе используется модифицированный метод частиц, исправляющий основной недостаток обычного метода частиц – необходимость хранения большого объема информации[2].

Предлагаемый метод требует использования существенно меньшего количества частиц (и, как следствие, в несколько раз сокращает время счета), – они помещаются не в каждую, а только в те ячейки, которые в начальный момент времени находятся на границе между жидкостями. На каждом шаге по времени отслеживается перемещение частиц по расчетной области.

В рамках данной работы было проведено моделирование трехмерных течений двухкомпонентной среды, состоящей из вязких, несжимаемых, несмешивающихся жидкостей в канале прямоугольного сечения. Исследование проводилось в рамках неклассической

модели Навье-Стокса на основе уравнений, сохраняющих прямую и обратную связь динамических уравнений и уравнения энергии, и при численных расчетах обеспечивающих высокую точность выполнения закона сохранения массы [1].

Метод может быть применен на практике при проектировании волновых бассейнов в аквапарках.

Литература

1. Березин С.Б., Комарова Е.С., Пасконов В.М. Суперкомпьютерное исследование нестационарных трехмерных турбулентных течений вязкой несжимаемой жидкости в каналах прямоугольного течения на основе модели Навье-Стокса // Вестник Московского университета. Вычислительная математика и кибернетика, 2008, Т.9, с.395-400.
2. Харлоу Ф.Х. Численный метод частиц в ячейках для задач гидродинамики // Вычислительные методы в гидродинамике. М.: Мир, 1967.

О численном решении интегрального уравнения, возникающего в модели стационарных сообществ

Бодров Андрей Геннадьевич

Студент

*Отделение прикладной математики факультета бизнес-информатики
Государственного университета – Высшая школа экономики, Москва, Россия
E-mail: drinob@gmail.com*

В статье Ульфа Дикмана и Ричарда Лоу [1] появилось интегральное уравнение, описывающее динамику первых моментов при малых плотностях (относительно $C(x)$)

$$(b+d'w(x))C(x) = \int_{-\infty}^{+\infty} bmy(y)C(x+y)dy + \frac{b}{b-d}m(x) \int_{-\infty}^{+\infty} d'w(y)C(y)dy.$$

Его численному решению посвящена эта работа.

Изначально рассматривалась упрощенная учёными В. И. Данченко и М. Ю. Звягиным версия, в которой $\int_{-\infty}^{+\infty} d'w(y)C(y)dy$ заменено управляющим параметром N . Для её численного решения был реализован метод последовательных приближений (метод рядов Неймана), суть которого состоит в том, что решение приближается суммой ряда из степеней функции-ядра, умноженной на функцию из левой части уравнения. Для проверки решения мне были даны два набора функций, для которых известно аналитическое решение. В случае с упрощенной версией уравнения, получены результаты с

довольно высокой точностью – 2% в случае с одним набором (рациональные функции) и 4% в случае с другим набором (экспоненциальные ядра).

Для поиска параметра N в полном уравнении используется булж-метод последовательных приближений. Итоговый результат несколько хуже — в случае с экспоненциальными ядрами погрешность достигает 6%, вследствие сильной зависимости решения от параметра N и точностью численного решения упрощенного уравнения.

Литература

1. Dieckmann U. & Law R. (2000). Relaxation Projections and the Method of Moments. // The Geometry of Ecological Interactions: Simplifying Spatial Complexity, eds. Dieckmann U, Law R & Metz JAJ, pp. 412–455. Cambridge University Press.
2. Alexey Nikitin. Qualitative and Numerical Analysis of a New Model for Spatial Patterns of Communities
3. Ф. Рисс, Б. Сёкефальви-Надь. Лекции по функциональному анализу. Перевод с французского Д.А. Василькова. Под редакцией С. В. Фомина. Издание 2е. Мир. Москва, 1979.

Разработка программного комплекса для анализа и моделирования инвестиционных портфелей

Галиев Дамир Расилович

Студент

*Факультет прикладной математики и информационных технологий
Казанского федерального университета, Набережные Челны, Россия
E-mail: damir.galiev@mail.ru*

Формирование оптимального инвестиционного портфеля является весьма актуальной задачей, как для представителей бизнеса (институциональных инвесторов), так и для частных инвесторов. Российский фондовый рынок активно развивается. В свете объединения бирж РТС и ММВБ появляются новые инструменты, возможности и технологии.

В большинстве современных аналитических программ отсутствует возможность создавать подвинутые количественные модели выбора оптимального инвестиционного портфеля. В разработанной в рамках исследований программе можно рассчитывать структуру инвестиционного портфеля по модели Блэка-Литтермана [1], классической модели Марковица (Mean-Variance) и с использованием подхода «риск-доходность». В программе возможно использование таких мер риска, как Value-at-Risk (VaR), среднее абсолютное отклонение (Mean Absolute Deviation), полудисперсия (Semi-variance) и др. [2]. В главном окне программы находится список активов, из которых

будет сформирован инвестиционный портфель. В окне редактирования свойства актива есть возможность оценивать основные статистические показатели временного ряда цен и осуществлять прогноз по нейросетевым и ARMA моделям. Прогноз в дальнейшем можно учитывать при формировании портфеля. Результат моделирования отображается в отдельном окне, где кроме гистограммы структуры портфеля выводятся кривая исторической доходности и гистограмма её распределения. Для решения большого количества возникших оптимизационных задач (минимизации риска при фиксированной доходности и максимизации доходности при фиксированном риске) были использованы генетические алгоритмы. Генетическими алгоритмами называют эвристические алгоритмы поиска на основе эволюции приближений, используемые для задач оптимизации и моделирования [3].

Проект обладает потенциалом для развития. Планируется совершенствование вычислительных алгоритмов, добавление новых моделей и реализация возможности подключения к биржевым торгам. На сегодняшний день брокеры предлагают СОМ и DLL – библиотеки, с помощью которых можно осуществлять базовые операции на торговых площадках. Также возможно взаимодействие с популярными торговыми терминалами по протоколу DDE или посредством СУБД MySQL.

Литература

1. Галиев Д.Р., Исавнин А.Г. Использование VaR-ограничений в модели Блэка-Литтермана, В мире научных открытий, 18, 2011, с. 261-270
2. Исавнин А.Г., Галиев Д.Р. Модели портфельного инвестирования с применением асимметричных мер риска и генетических алгоритмов, Финансовая аналитика, 48, 2011, с. 32-38
3. Вороновский Г.К. Генетические алгоритмы, искусственные нейронные сети и проблемы виртуальной реальности / Г.К. Вороновский // ОСНОВА. Харьков : 1997. 112 с.

Модифицированный метод инверсии в задачах исследования атмосферных электрических полей в условиях грозовой активности

Потапенко Татьяна Анатольевна

Аспирант

Энергетический факультет Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова, Белгород, Россия

E-mail: ttwiggy@rambler.ru

Задачи исследования атмосферных электрических полей относятся к классу внешних краевых задач. При их решениях используются, как

правило, введение области расчета достаточно больших размеров, например, как в [1, 2] или ограничение области на основе граничного условия непротекания. Среди развиваемых методов решения этих задач необходимо отметить метод инверсии для полубесконечных областей (МИПО) [3].

В 3D исследовалась схема с заземлённым стержнем $H(z)$ и облаком $V(x,y)$ в виде круга относительно поверхности земли $F(x,y)$. Согласно МИПО вместо полубесконечной области $D(x,y,z)$ применялись 2-е области в виде некоторых равных частей полусфер, причём одна из них $D'_m(x,y,z)$ с исследуемым объектом была основной, а другая $D^*_m(x,y,z)$ – дополнительной. Эти области соприкасались по поверхности Γ_i . Исходная постановка отличалась от постановки задач [1, 2], так как в них задавалось направление нисходящего стримера в воздухе в виде проводника, а расчёт поля потенциала осуществлялся на базе уравнения Лапласа, но без представления граничных условий.

При численных расчётах установлено: 1) модули максимальной напряженности поля E_m^* (в относительных единицах) находятся на $H(z)$ и на краю $V(x,y)$, причём E_m^* на краю $V(x,y)$ существенно больше, чем на $H(z)$; 2) распределение E_i^* по $F(x,y)$ убывает от $H(z)$ к периферии, а распределение E_j^* по $V(x,y)$, наоборот, возрастает к периферии на порядок (выявленный эффект чрезвычайно опасен для жизни людей при их попадании в область фронта грозового облака на земле); 3) область $D'_m(x,y,z)$ с Γ_i должна быть больше, чем размер исследуемого объекта, так как даже при частичном соприкосновении $V(x,y)$ с границей Γ_i наблюдается завышение результатов расчёта.

С помощью МИПО исследовались в 2D распределённые стержневые и тросовые молниеприёмники для электроподстанций и были выявлены важные особенности их применения. Установлены пределы использования искусственного ограничения расчетной области с граничным условием непротекания при заданной погрешности в расчётах.

Литература

1. D'Alessandro F., Gumley J.R. A 'Collection Volume Method' for the placement of air terminals for the protection of structures against lightning // J. of Electrostatics. 2001. No. 50. P. 279-302.
2. Ait-Amar S., Berger G. Attractive Radius of Elevated Building // Proc. of the 28th International Conference on Lightning Protection. Japan, 2006. P. 602-607.
3. Потапенко А.Н., Канунникова Е. А., Потапенко Т.А. Метод инверсии для численного расчёта распределённых систем типа «плоскость-проводник» // Научно-технические ведомости СПбГПУ. 2011. No. 5. С. 53-57.

Исследование сходимости некоторых методов крыловского подпространства конечной арифметике

Никольский Илья Михайлович

Кандидат наук

Факультет ВМК МГУ имени М.В.Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: haifly@rambler.ru

Рассмотрим систему линейных алгебраических уравнений (СЛАУ) с квадратной невырожденной матрицей

$$Ax = b,$$

где $A \in R^{N \times N}$.

Существует большое количество методов численного решения таких систем. В случае, если матрица A является разреженной, обычно применяют итерационные методы. В данной работе рассматриваются так называемые методы крыловского подпространства, являющиеся частью большого класса проекционных методов.

Основной идеей является поиск приближенного решения \tilde{x} из подпространства K , так, чтобы невязка $r = b - A\tilde{x}$ была бы ортогональна другому подпространству L . Размерности K и L одинаковы: $\dim K = \dim L = m$. В методах крыловского подпространства в качестве K используют следующую линейную оболочку: $K(v) = \text{span}\{v, Av, A^2v, \dots, A^{m-1}v\}$, где v - некоторый N -мерный вектор. Исчерпывающей теории сходимости рассматриваемых методов в конечной арифметике на данный момент не существует. Поэтому для исследований необходимо применять численный эксперимент. В качестве тестовых матриц обычно используют матрицы из коллекций (Matrix Market, Florida University и др.), либо генерируют их с помощью специальных процедур (см., например, [1]). Автором были проведено численное исследование нескольких методов на специальных параметризованных матрицах (параметризация позволяет регулировать спектральные свойства этих матриц).

Часть результатов излагалась в работе [2]. В частности, были выявлены некоторые характерные варианты поведения нормы невязки. В данной работе приводятся некоторые результаты, позволяющие лучше понять причины, заставляющие норму невязки вести себя тем или иным образом.

Литература

1. Strakos Z. On real convergence rate of the conjugate gradient method // Linear algebra and its applications 154-156:535-549, 1991
2. Никольский И.М. Исследование влияния спектральных свойств матрицы СЛАУ на сходимость некоторых крыловских

- методов // Прикладная математика и информатика 38, М.: Изд-во факультета ВМК МГУ, 2011, с.66-76
3. Saad Y. Iterative Methods for Sparse Linear Systems. PWS Publishing Company, 1996

Численное исследование регуляризации преобразования Радона

Малахов Кирилл Владимирович

Студент

Факультет ВМК МГУ имени М.В.Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: kirillm100@rambler.ru

Первые математические алгоритмы для компьютерной томографии были разработаны в 1917 году австрийским математиком И. Радонем, называемые преобразованием Радона. Физической основой метода является экспоненциальный закон ослабления рентгеновского излучения. Он состоит в решении следующей обратной задачи:

$$R(s, \alpha) = \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} f(x, y) \delta(x \cos \alpha + y \sin \alpha - s) dx dy,$$

где δ – символ Дирака.

Так как исходные данные обратной задачи практически всегда являются неточными, то нужна регуляризация, так как иначе будет получен неверный результат. При исследовании были получены следующие аналитические выкладки:

$$f(-x, y) = \pi \int_0^\pi \int_{-\infty}^{+\infty} \tilde{R}(s, \alpha) q_\gamma(x \cos \alpha + y \sin \alpha) ds,$$

$$q_\gamma(t) = \pi \int_{-\infty}^{+\infty} |\omega| W_\gamma(|\omega|) e^{2\pi i \omega t} d\omega,$$

где $q_\gamma(t)$ - обратное преобразование Фурье, $W_\gamma(|\omega|)$ - регуляризующая функция.

Реализован численный алгоритм для разных регуляризующих функций и исследовано качество восстановленных изображений. Для ускорения вычислений используется быстрое дискретное преобразование Фурье и технология NVIDIA CUDA.

Для более качественного и точного определения границ (где это необходимо) уменьшалась палитра используемых цветов и изменялось градирование палитры с равномерного на экспоненциальное.

Литература

1. Троицкий И. Н. Статистическая теория томографии. – Москва: Радио и связь, 1989.
2. Тихонов А. Н., Арсенин В. Я., Тимонов А. А. Математические задачи компьютерной томографии. – Москва: Наука, 1987.
3. Хермен Г. Восстановление изображений по проекциям: основы реконструктивной томографии. – Москва: Мир, 1983.
4. Тихонов А. Н., Арсенин В. Я. Методы решения некорректных задач. – Москва: Наука, 1979.

Влияние рынка мощности на принятие инвестиционных решений в электроэнергетике

Долматова Марина Станиславовна

Аспирант

Факультет ВМК МГУ имени М.В.Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: ms.marina.dolmatova@gmail.com

В качестве основной идеи рынка мощности российской энергосистемы была заложена реализация механизма создания стимулов для привлечения инвестиций в строительство нужных типов энергетических мощностей на нужных территориях энергосистемы.

В нашей работе мы исследуем теоретико-игровую модель организации рынка электроэнергии и мощности. Мы показываем существование совершенного подыгрового равновесия, приводим его вид, отвечаем на вопрос множественности равновесий в зависимости от значений параметров модели.

Начиная с работы [3], в ряде статей рассматривалась модель принятия инвестиционных решений, за которыми следует этап ценовой конкуренции. В работах [2] и [1] авторы показали, что, хотя дискриминационный аукцион приводит к исходам с более низкими, чем в аукционе единой цены, ценами, он не приводит к относительному снижению инвестиционных стимулов.

Мы рассматриваем симметричную дуополию, где производители $i=1,2$ характеризуются функциями издержек $C^i(q)$, предельными издержками mc и затратами на производство единицы мощности c . Функция спроса неэластична и имеет биномиальное распределение: низкий спрос D^l с вероятностью ρ , высокий D^h с вероятностью $1-\rho$.

На первом этапе фирмы одновременно принимают инвестиционные решения $q_i, i=1,2$ в условиях неопределенности спроса. Значения величин мощностей q_1, q_2 и спроса становятся общеизвестными. На втором этапе фирмы участвуют в дискриминационном аукционе, заявляя $p_i, i=1,2$ – минимальные значения цен, по которым они готовы продавать электроэнергию. Набор заявок, максимизирующих прибыли фирм, находится как совершенное подыгровое рав-

новесие. Ценовые заявки не могут превышать ценовое ограничение r ($p_i \leq r, i=1,2$), установленное так, что $r - mc > c$.

Мы даем подробное описание равновесных исходов в зависимости от всех введенных параметров и принятых на первом этапе инвестиционных решений игроков: определяем отрезок, на котором принимает значения цена смешанного равновесия, и точный вид равновесных функций распределения цен производителей.

Анализ показывает, что наличие этапа ценовой конкуренции наряду с неопределенностью спроса на этапе принятия инвестиционных решений приводит к несимметричности удельных доходов производителей от инвестирования в новые мощности, и, как следствие, несимметричности равновесных объемов производителей, несмотря на то, что изначально производители симметричны. Появляется крупный и мелкий производитель. В отличие от мощности крупного производителя, изменение объема мощности меньшего вносит существенные изменения в его прибыль и приводит к изменениям в выборе ценовых стратегий.

Автор выражает благодарность своему научному руководителю Александру Алексеевичу Васину за помощь в работе.

Литература

1. Fabra N., von der Fehr N.-H., de Frutos M.-A., Investment incentives and auction design in electricity markets, CEPR discussion paper 6626, January 2008.
2. Fabra N., von der Fehr N.-H., Harbord D., Designing Electricity Auctions, RAND Journal of Economics 37, pp. 23-46, 2006.
3. Kreps D.M., Scheinkman J.A., Quantity Precommitment and Bertrand Competition Yield Cournot Outcomes, Bell Journal of Economics, The RAND Corporation, vol. 14(2), pages 326-337, 1983.

Оптимальное управление

Экстраградиентный метод в седловых играх двух лиц с неточно заданными входными данными

Артемяева Людмила Анатольевна

Аспирант

Факультет ВМК МГУ имени М.В.Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: artemieva.luda@gmail.com

Рассматривается седловая игра двух лиц с частично противоположными или совпадающими интересами. Требуется найти точку (w_*, p_*, y_*, r_*) , удовлетворяющую следующим условиям:

$$w_* \in \operatorname{Argmin}\{S_1(w) + \langle r_*, f_1(w) \rangle \mid w \in W_0, g_1(w) + f_2(y_*) \leq 0\},$$

$$\langle p - p_*, g_1(w_*) + f_2(y_*) \rangle \leq 0 \quad \forall p \in E_+^{m_2},$$

$$y_* \in \operatorname{Argmin}\{S_2(y) + \langle p_*, f_2(y) \rangle \mid y \in Y_0, g_2(y) + f_1(w_*) \leq 0\},$$

$$\langle r - r_*, g_2(y_*) + f_1(w_*) \rangle \leq 0 \quad \forall r \in E_+^{m_1},$$

где E^m – евклидово пространство размерности m , $\langle a, b \rangle = \sum_{i=1}^m a^i b^i$; $E_+^m = \{a \in E^m : a \geq 0\}$; $W_0 \subseteq E^{m_3}$, $Y_0 \subseteq E^{m_4}$ – заданные выпуклые замкнутые множества; $S_1(w)$, $f_1(w)$, $g_1(w)$ определены и выпуклы на W_0 ; $S_2(y)$, $f_2(y)$, $g_2(y)$ определены и выпуклы на Y_0 ; векторы r , $r_* \in E_+^{m_1}$, p , $p_* \in E_+^{m_2}$; $\operatorname{Argmin}\{f(z) \mid z \in Q\}$ – множество точек минимума функции $f(z)$ на множестве Q .

Как показано в [1-2], эта игра может описывать поведение, например, заемщика и кредитора на кредитном рынке, взаимодействие двух производственных единиц, продукция каждой из которых может служить ресурсом для другой.

Для поиска точки равновесия этой игры в [3] был предложен экстраградиентный метод, в предположении, что входные данные известны точно. Однако, на практике входные данные, как правило, задаются с погрешностью. В этих условиях с помощью методов, разработанных для решения задачи с точными данными, не всегда можно получить удовлетворительные приближения для решения этой задачи даже при сколь угодно малых погрешностях в задании входных данных, так как задача может оказаться неустойчивой. Для надежного определения решения неустойчивых задач с требуемой точностью нужно применять специальные методы, называемые методами регуляризации. В работе для поиска точки равновесия предлагается и исследуется регуляризованный вариант экстраградиентного метода.

Литература

1. Антипин А.С., Попова О.А. О равновесной модели кредитного рынка: постановка задачи и методы решения // ЖВМиМФ. 2009. Т. 49. No. 3. С.465-481.
2. Антипин А.С., Артемьева Л.А., Васильев Ф.П. Экстрапроксимальный метод решения седловых игр двух лиц // ЖВМиМФ. 2011. Т. 51. No. 9. С.1576-1587
3. Артемьева Л.А. Экстраградиентный метод поиска точки равновесия в седловых играх двух лиц // ЖВМиМФ. 2011. Т. 51. No. 12. С. 2143-2157.

Применение теории оптимального восстановления к некоторым задачам компьютерной томографии

Баграмян Тигран Эммануилович

Аспирант

Факультет физико-математических и естественных наук Российского университета дружбы народов, Москва, Россия

E-mail: mybestzoo@gmail.com

В общем случае задача оптимального восстановления состоит в наилучшем приближении значения линейного оператора на некотором множестве по информации, являющейся значениями другого линейного оператора (называемого информационным), заданными с погрешностью в той или иной метрике (см. [1]-[2]). Рассмотрим класс функций Bh_2 – гармонических в единичном шаре \mathbb{B}^d , $d \geq 2$, для которых $\|f\|_{h_2} = \sup_{0 \leq r < 1} \|f(r \cdot)\|_{L_2(\mathbb{S}^{d-1})} \leq 1$. В качестве информационного оператора рассмотрим преобразование Радона – оператор, ставящий в соответствие функции множество ее интегралов, взятых вдоль всевозможных гиперплоскостей в \mathbb{R}^d , $Rf(\theta, s) = \int_{x\theta=s} f(x)dx$, $(\theta, s) \in Z = \mathbb{S}^{d-1} \times \mathbb{R}^1$. Такой оператор применяется для моделирования различных томографических процессов и подробно изучается в теории компьютерной томографии [3]. В теории оптимального восстановления информационные операторы этого типа рассматривались ранее в [1]. Предположим, что значение Rf известно с некоторой погрешностью, т.е. для данного числа δ нам известна функция $g \in L_2(Z)$, такая что $\|Rf - g\|_{L_2(Z)} \leq \delta$. Задача состоит в нахождении оптимального метода восстановления функции f по информации g . Под методом восстановления понимается произвольное отображение $m : L_2(Z) \rightarrow L_2(\mathbb{B}^d)$, а погрешностью метода называется величина $e(\delta, m) = \sup_{f \in Bh_2} \sup_{\|Rf - g\|_{L_2(Z)} \leq \delta} \|m(g) - f\|_{L_2(\mathbb{B}^d)}$. Погрешностью оптимального восстановления называется наименьшая из погрешностей всех возможных методов $E(\delta) = \inf_{m: L_2(Z) \rightarrow L_2(\mathbb{B}^d)} e(\delta, m)$. Метод, на котором достигается погрешность оптимального восстановления, называется оптимальным методом восстановления.

В работе получено явное выражение для погрешности оптимального восстановления и семейство методов, на которых эта погрешность достигается.

Литература

1. Michelli C. A., Rivlin T. J. Lectures on optimal recovery // Lecture Notes in Mathematics. Numerical Analysis Lancaster 1984. Springer Berlin/Hidelberg.—1984.—Р. 21–93.
2. Магарил-Ильяев Г. Г., Осипенко К. Ю. Оптимальное восстановление операторов по неточной информации // Итоги науки. Южный федеральный округ. Математический форум. Том 2. "Исследования по выпуклому анализу". Владикавказ.—2009.—С. 158–192.
3. Natterer F. The mathematics of computerized tomography.—Stuttgart: John Wiley & Sons. 1986.

Об одной задаче оптимального управления разработкой возобновляемых ресурсов

Вещинская Виктория Валерьевна

Аспирант

Факультет ВМК МГУ имени М.В.Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: luce.etterna@gmail.com

В данной работе рассматривается динамическая система, заданная уравнением переноса с постоянными коэффициентами

$$x_t(t, l) + gx_l(t, l) = -\mu x(t, l) \quad (t \in [0, T], l \in [0, L]). \quad (1)$$

Здесь $x(t, l)$ – скалярная фазовая переменная, $t \in [0, T]$ – независимая временная переменная, $l \in [0, L]$ – независимая одномерная пространственная переменная, $T > 0$, $L > 0$, $g > 0$ и $\mu > 0$ – заданные параметры.

На систему (1) накладывается начальное условие общего вида и нелокальное краевое условие:

$$x(0, l) = x_0(l) \quad (l \in [0, L]); \quad x(t, 0) = p(t) + \beta \int_0^L x(t, l) dl, \quad (t \in [0, T]), \quad (2)$$

где $x_0(\cdot) : [0, L] \mapsto R_1^+$, $p(\cdot) : [0, T] \mapsto R_1^+$ – заданные функции, $\beta > 0$ – заданный параметр.

Система (1) – (2) возникает при моделировании роста леса [3, 4].

С помощью метода характеристик [1, 2] представим решение за-

дачи в виде

$$x(t, l) = \begin{cases} a\left(t - \frac{l}{g}\right) e^{-\frac{\mu}{g}l}, & l \in [0, gt] \\ x_0(l - gt)e^{-\mu t}, & l \in [gt, L] \end{cases} \quad (t \in [0, T]). \quad (3)$$

где через $a(\cdot)$ обозначена функция, задающая краевое условие (2).

Теорема 1 Пусть $x_0(\cdot)$ и $p(\cdot)$ – кусочно непрерывно дифференцируемые функции и $x_0(0) = p(0) + \beta \int_0^L x_0(l) dl$. Тогда решение системы (1) – (2) существует, единственно и имеет вид (3), где

$$a(t) = p(t) + \beta e^{-\mu t} \int_0^{L-gt} x_0(l) dl + g\beta e^{(g\beta-\mu)t} \int_0^t e^{(\mu-g\beta)s} p(s) ds + g\beta^2 e^{(g\beta-\mu)t} \int_0^t e^{-g\beta s} \int_0^{L-gs} x_0(l) dl ds \quad (t \in [0, T]).$$

Определим функцию $x_0(l)$, задающую начальное условие, следующим образом: $x_0(l) = \bar{x}(l)$, при $l \in [0, \bar{l}]$, и $x_0(l) = (1 - \alpha)\bar{x}(l)$, при $l \in [\bar{l}, L]$, где $\bar{x}(l) = \gamma e^{-\frac{\mu}{g}l}$ ($l \in [0, L]$) – стационарное решение уравнения (1) без краевого условия, $\gamma = \bar{x}(0) > 0$ – некоторая константа.

Пусть $p(\cdot) \in C$, где C – множество кусочно непрерывно дифференцируемых функций принимающих значения в $[0, P]$. Пусть $\alpha \in [\alpha^-, \alpha^+]$ и $\bar{l} \in [\bar{l}^-, \bar{l}^+]$ ($0 \leq \alpha^- < \alpha^+ \leq 1$, $0 \leq \bar{l}^- < \bar{l}^+ \leq L$).

Определим функционалы на $C \times [\alpha^-, \alpha^+] \times [\bar{l}^-, \bar{l}^+]$:

$$B(p(\cdot), \alpha, \bar{l}) = \alpha \int_{\bar{l}}^L \bar{x}(l) dl - h \int_0^T p(t) dt; \quad E(p(\cdot), \alpha, \bar{l}) = \int_0^L x(T, l) dl$$

и

$$U(p(\cdot), \alpha, \bar{l}) = B(p(\cdot), \alpha, \bar{l}) + \sigma E(p(\cdot), \alpha, \bar{l}),$$

где $\sigma \geq 0$ – заданный весовой множитель.

В работе решается задача максимизации функционала $U(p(\cdot), \alpha, \bar{l})$ в предельном случае $L \rightarrow \infty$.

Литература

1. Олейник О.А. Лекции об уравнениях с частными производными. М., 2005. с. 52-66.
2. Федорюк М.В. Обыкновенные дифференциальные уравнения. М., 1985.
3. Hritonenko N., Yatsenko Yu., Goetz R., Xabadia A. Maximum principle for a size-structured model of forest and carbon sequestration management. // Applied Mathematics Letters 21,

2008. p. 1090-1094.
4. Hritonenko N., Yatsenko Yu., Goetz R., Xabadia A. A bang-bang regime in optimal harvesting of size-structured populations. // *Nonlinear analysis* 71, 2009. p. 2331-2336.

Оптимальное управление в математической модели терапии лейкемии с фазовыми ограничениями

Гончаров Андрей Сергеевич

Студент

Факультет ВМК МГУ имени М.В.Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: agon1@mail.ru

Лейкемия это рак крови или костного мозга, который характеризуется бесконтрольной пролиферацией кроветворных клеток и замещением раковыми клетками нормальных.

В данной работе представлен анализ математической модели лейкемии, описанной в [2, 3, 4], но с нелинейным характером соревнования между нормальными и лейкоцитарными клетками, обоснованным в [1], и учетом фазовых ограничений. Нелинейный характер взаимодействия объясняется тем, что при значительном увеличении численности больных клеток число нормальных клеток уменьшается пропорционально своему количеству. Предполагается на основании эмпирических данных, что размножение клеток обоих типов происходит по закону Гомперца, а лекарство убивает не только лейкоцитарные клетки, но и нормальные. В модели имеется отдельное уравнение на концентрацию лекарства в организме, общее количество которого ограничено сверху некоторой константой для обеспечения безвредности терапии для больного. Влияние лекарства на нормальные и лейкоцитарные клетки описывается функцией терапии, причем функция влияния терапии на здоровые клетки является строго монотонной, а на больные немонотонной функцией с единственной точкой максимума из-за устойчивости больных клеток к лекарству. Управление определяет скорость введения лекарства.

Была поставлена задача управления концентрацией лекарства с целью минимизировать количество лейкоцитарных клеток с учетом фазовых ограничений вида $N > N_{min}$, где N_{min} — минимальное допустимое количество нормальных клеток. Поставленная задача была решена с помощью принципа максимума Понтрягина и метода штрафов. Проведено сравнение с результатами решения той же задачи без фазовых ограничений.

Литература

1. Братусь А.С., Новожилов А.С., Платонов А.П. Динамические системы и модели биологии. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010.

2. Afenya E.K., Calderon C.P. A brief look at normal cells decline and inhibition in acute leukemia. // *J. Can. Det. Prev.*, 1996. Vol. 20, No. 3, P. 171-191.
3. Bratus A.S., Fimmel E., Nurnberg F., Todorov Y. On strategies in mathematical model for leukemia therapy. // *Nonlinear Analysis: Real World Applications*, 2011. Vol. 12, No. 5.
4. Bratus A. S., Fimmel E., Nuernberg F., Semenov Y. S., Todorov Y. An optimal strategy for leukemia therapy: a multi-objective approach. // *Russian Journal of Numerical Analysis and Mathematical Modelling*, 2011. Vol. 26, No. 6, P. 589-604.

Задача оптимального управления для математической модели финансового кризиса

Губанова Маргарита Андреевна

Студент

Факультет ВМК МГУ имени М.В.Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: gubanovamargarita@gmail.com

На протяжении почти двухвекового периода становления и развития мирового индустриального общества в экономике многих стран происходили кризисы, во время которых наблюдался нарастающий спад производства, скопление нереализованных товаров на рынке, падение цен, крушение системы взаимных расчетов, крах банковских систем, разорение промышленных и торговых фирм, резкий скачок безработицы. Эти события показывают, что наше экономическое будущее небезопасно, мировая экономика является очень неустойчивой системой и может быть сломлена. Это также приводит к вопросам: можно ли этих событий избежать, что может быть сделано для недопущения или предотвращения подобных событий в будущем, или смягчения их последствий.

В статье [6] автор проводит аналогию между математической моделью распространения эпидемий, которая была описана в ряде работ российских и зарубежных авторов [1, 5], и математической моделью финансового кризиса. В данной работе рассматривается математическая модель финансового кризиса, опираясь на изученные ранее математические модели управления эпидемий [2]. В связи с этим будем смотреть на финансовый кризис как на заболевание и предположим, что экономика - это совокупность фирм разного размера. Таким образом, исследование показывает, что для увеличения стабильных групп фирм необходимо минимизировать количество нестабильных фирм и количество вкладываемых денежных средств, а также вычисляется наиболее благоприятный период для вложения этих средств.

Литература

1. Андреева Е. А. Математическая модель управления процессом эпидемии в двух социальных группах. Международный журнал «Программные продукты и системы».
2. Братусь А. С., Новожилов А.С., Платонов А. П. Динамические системы и модели биологии. ФИЗМАТЛИТ, 2010.
3. Ли Э. Б., Маркус Л. Основы теории оптимального управления. М. : Наука, 1972.
4. Понтрягин Л. С. Обыкновенные дифференциальные уравнения. М. : Наука, 1974.
5. Kermack, W. O. and McKendrick, A. G. A Contribution to the Mathematical Theory of Epidemics. Proc. Roy. Soc. Lond., 1927
6. Korobeinikov A. Financial crisis: MACSI, Department of Mathematics and Statistics, 2009.

Об условиях регулярности для комплементарных задач

Куренной Алексей Святославович

Аспирант

Факультет ВМК МГУ имени М.В.Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: alex-kurennoy@yandex.ru

В литературе известны различные понятия регулярности решения смешанной комплементарной задачи. Каждое из этих понятий играет определенную роль в теоретическом анализе и при обосновании численных методов для задач данного класса [2, 4, 5, 6, 7]. В настоящей работе изучаются соотношения между наиболее важными условиями регулярности для смешанных комплементарных задач. При этом не только резюмируются известные факты такого рода [1, 3, 6], но и устанавливается ряд новых соотношений, позволяющих получить полную картину. Рассматриваемые условия регулярности включают в себя VD и CD -регулярность переформулировок задачи через функцию естественной невязки и функцию Фишера–Бурмейстера, сильную регулярность и полустойчивость. Особое внимание уделяется таким частным случаям смешанной комплементарной задачи, как нелинейная комплементарная задача и система Каруша–Куна–Таккера.

Литература

1. Дарьина А.Н., Измаилов А.Ф., Солодов М.В. Смешанные комплементарные задачи: регулярность, оценки расстояния до решения и ньютоновские методы // ЖВМиМФ. 2004. No. 44. С. 45–61.
2. Bonnans J.F. Local analysis of Newton-type methods for variational inequalities and nonlinear programming // Appl. Math. Optim. 1994. No. 29. P. 161–186.

3. Daryina A.N., Izmailov A.F., Solodov M.V. A class of active-set Newton methods for mixed complementarity problems // SIAM J. Optim. 2004. No. 15, P. 409–429.
4. Facchinei F., Pang J.-S. Finite-Dimensional Variational Inequalities and Complementarity Problems. Springer-Verlag. New York, 2003.
5. Kummer B. Newton's method based on generalized derivatives for nonsmooth functions // W. Oettli and D. Pallaschke, eds., Advances in Optimization. Springer-Verlag. Berlin, 1992. P. 171–194.
6. De Luca T., Facchinei F., Kanzow C. A theoretical and numerical comparison of some semismooth algorithms for complementarity problems // Comput. Optim. Appl. 2000. No. 16. P. 173–205.
7. Qi L., Sun J. A nonsmooth version of Newton's method // Math. Program. 1993. No. 58. P. 353–367.

Построение функции цены и синтез импульсного управления в задачах с неопределенностью

Минаева Юлия Юрьевна

Аспирант

Факультет ВМК МГУ имени М.В.Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: yminaeva@gmail.com

Среди современных задач теории управления одними из наиболее важных являются задачи синтеза управления, позволяющие находить решения в виде обратной связи. Также большое распространение получают задачи на малых временных промежутках, в которых возникают импульсные управления — ударные воздействия на систему, действующие за нулевое время и вызывающие мгновенные скачки фазовых переменных.

В настоящей работе рассматривается линейная система с импульсным управлением при наличии неопределенности:

$$dx(t) = A(t)x(t)dt + B(t)dU(t) + C(t)v(t)dt, \quad x(t_0) = x^0,$$

где $t \in [t_0, t_1]$ — фиксированный отрезок времени, $x \in \mathbb{R}^n$, $v \in \mathbb{R}^k$. В качестве управлений рассматриваются $U(t) \in BV([t_0, t_1], \mathbb{R}^m)$ — функции ограниченной вариации. Помеха $v(t) \in \mathcal{Q}(t)$ — ограничена.

Задача состоит в минимизации функционала

$$J(U) = \max_{v(\cdot) \in \mathcal{Q}(\cdot)} \{ \text{Var}_{[t_0, t_1]} U(\cdot) + \varphi(x(t_1 + 0)) \} \rightarrow \min,$$

где $\varphi(\cdot)$ — некоторая терминальная функция.

Особенностью данной задачи является наличие в системе неопределенности. Синтез импульсных управлений для систем без помех

получен в работе [1].

Задача решается методом динамического программирования с помощью введения функции цены как минимального значения функционала по всем допустимым управлениям, после чего производится переход к задаче с коррекциями. Для этого вводится некоторое разбиение $\mathcal{T} = \{\tau_k\}_{k=0}^N$ отрезка времени $[t_0, t_1]$, и принимается, что в точках этого разбиения (точках коррекции) доступна информация о текущем значении фазовой переменной. Функция цены в точках коррекции удовлетворяет принципу оптимальности.

В общем случае аналитическое вычисление функции цены не представляется возможным. Аналитическая формула для задачи специального вида в одномерном пространстве получена в работе [2].

В настоящей работе, с помощью средств выпуклого анализа и принципа оптимальности, получена рекуррентная формула для определения функции цены. Также представлен численный алгоритм, позволяющий вычислять функцию цены в общем случае, в том числе для многомерного пространства.

С помощью вариационного неравенства типа Гамильтона-Якоби-Беллмана [3], которому удовлетворяет найденная функция цены, построены траектории системы для конкретных численных примеров.

Литература

1. A. N. Daryin, A. B. Kurzhanski. Dynamic Programming for Impulse Controls // Annual Reviews in Control. 2008. V. 32. N. 2. p. 213-227.
2. A. N. Daryin, A. B. Kurzhanski, Yu. Yu. Minaeva. On the Theory of Fast Controls under Disturbances // Proceedings of 18th IFAC World Congress. 2011. P. 3486-3491.
3. А. Н. Дарьин, Ю. Ю. Минаева. Синтез импульсных и быстрых управлений при неопределенности // Доклады РАН. 2011. Т. 441. 5. С. 601-605.

Построение множеств достижимости

Новикова Алина Олеговна

Студент

Факультет ВМК МГУ имени М.В.Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: novikova.a.o@gmail.com

Оптимальное управление охватывает широкий круг задач, в которых при определенных ограничениях на ресурсы требуется минимизировать (максимизировать) заданный критерий качества. Задачи оптимального управления встречаются в различных областях науки, техники, медицины, экономики, экологии, любой сфере человеческой деятельности.

В задачах оптимального управления важнейшую роль играет множество достижимости [1, 2]. Оно характеризует все возможные положения управляемой системы в каждый момент времени. Такая информация является необходимой для дальнейшего анализа задачи.

Целью данной работы является изучение различных численных алгоритмов построения множеств достижимости для плоских управляемых систем, реализация методов, подробный анализ. Так как эти алгоритмы позволяют эффективно разделить процедуру вычислений на множество независимых параллельных процессов, то для программирования используется технология CUDA (Compute Unified Device Architecture) [3]. Использование такой технологии помогает уменьшить время вычислений в несколько десятков раз.

Литература

1. Понтрягин Л.С., Болтянский В.Г., Гамкрелидзе Р.В., Мищенко Е.Ф. Математическая теория оптимальных процессов: Учебное пособие. — М.: Наука, 1983.
2. Киселев Ю.Н., Аввакумов С.Н., Орлов М.В. Оптимальное управление. Линейная теория и приложения: Учебное пособие. — М.: МАКС Пресс, 2007.
3. Боресков А.В., Харламов А.А. Основы работы с технологией CUDA: Учебное пособие. — М.: ДМК-Пресс, 2010.

Поиск оптимального решения в модели экономического роста специального вида

Орлов Сергей Михайлович

Студент

Факультет ВМК МГУ имени М.В.Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: sergy.orlov@rambler.ru

В докладе рассматривается нелинейная задача оптимального управления

$$\begin{cases} \dot{z} = (1+z)u - z(1+\sqrt{z}), & z(0) = z_0 > 0, \\ L[u] = \int_0^T \left[\omega_1(1+\sqrt{z}-u) + \omega_2 \frac{u}{z} \right] dt \rightarrow \max_{u(\cdot)}, & 0 \leq u \leq 1. \end{cases} \quad (1)$$

Здесь z — одномерная фазовая переменная, u — скалярное управление, подчинённое геометрическому ограничению $u \in [0, 1]$, $T > 0$ — заданная, «достаточно большая», длительность процесса управления, параметры ω_1, ω_2 — заданные неотрицательные числа, такие что $\omega_1 + \omega_2 = 1$. Задача (1) является модификацией задачи опти-

мального управления

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_1 \left[\varphi_1 + \varphi_2 \left(\frac{x_2}{x_1} \right)^\gamma - g_1 u \right], & x_1(0) = x_{10} > 0, \\ \dot{x}_2 = x_1 g_2 u, & x_2(0) = x_{20} > 0, \quad u \in [u_{min}, u_{max}] \\ J[u] = \int_0^T e^{-\nu t} (\omega_1 \ln x_1 + \omega_2 \ln x_2 + \omega_3 \ln u) dt \rightarrow \max_{u(\cdot)}. \end{cases} \quad (2)$$

известной под названием модели «РОСТ», см. [1]–[4]. Задача (1) является специальным случаем задачи (2) при $\omega_3 = 0$, $\gamma = 1/2$, $z = x_2/x_1$ и определённом выборе остальных констант. Решение задачи (1) было найдено с помощью специального представления функционала с использованием принципа максимума Понтрягина. Оптимальное управление включает особый режим. Также в докладе рассматривается задача (1) в случае, когда $T = +\infty$ и в функционал $L[u]$ добавлен дисконтирующий множитель $e^{-\nu t}$.

Литература

1. Аввакумов С.Н., Киселёв Ю.Н. Численный метод поиска оптимального решения: Модель "Рост" // Математические модели в экономике и биологии. Материалы научного семинара. Планерное. Московская обл. МАКС Пресс, 2003. С. 5-15.
2. Ватанабе Ч., Репмин С.А., Тарасьев А.М. Динамическая модель инвестиций в научно-технические разработки // Прикладная математика и механика. Том 65. Вып. 3, 2001. С. 408-425.
3. Шестакова М.А. Множества достижимости и их приложения к исследованию задачи экономического роста. // Математические модели в экономике и биологии. Материалы научного семинара. Планерное. Московская обл. МАКС Пресс, 2003. С. 95-98.
4. Optimization of Technological Growth. Editors: Kryazhimskiy A., Watanabe Ch. // Gendaitosho, 2004. 392 pp.

Оптимальный синтез в задаче Ридса-Шеппа с односторонним направлением скорости

Самыловский Иван Александрович

Студент

Факультет ВМК МГУ имени М.В.Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: camarada.sam@gmail.com

Рассматривается следующая модификация задачи [1] о движении точки на плоскости:

$$\begin{cases} \dot{x} = u \sin \varphi, & x(t_0) = 0, & x(T) = x_T, \\ \dot{y} = u \cos \varphi, & y(t_0) = 0, & y(T) = y_T, \\ \dot{\varphi} = v, & \varphi(t_0) = 0, & \varphi(T) \text{ свободно,} \\ 0 \leq u \leq 1, & |v| \leq 1, \\ J = T \rightarrow \min. \end{cases}$$

Здесь φ есть угол между направлением скорости (\dot{x}, \dot{y}) и осью ординат,

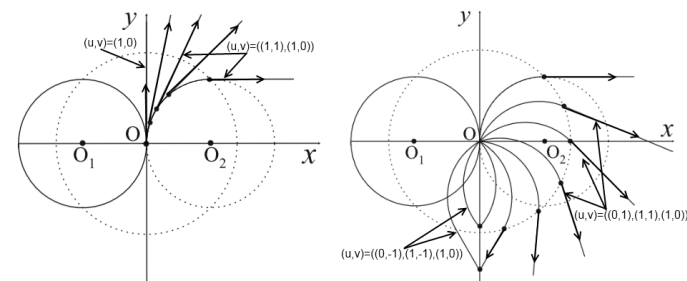
начальный момент времени t_0 фиксирован. Задача (1) с $|u| \leq 1$ и фиксированным $\varphi(T)$ рассматривалась в [2], с $|u| \leq 1$ и свободным $\varphi(T)$ – в [3].

Анализ принципа максимума Понтрягина позволяет выделить все типы траекторий, удовлетворяющих необходимым условиям оптимальности. Мы показываем, что некоторые из них не являются глобально оптимальными, и затем строим оптимальный синтез задачи (1). Поскольку задача имеет симметрию по y , мы можем предположить, что точка (x_T, y_T) лежит в правой полуплоскости. Синтез оптимальных траекторий приведен на рисунке 1.

Литература

1. J.A. Reeds, L.A. Shepp. Optimal path for a car that goes both forwards and backwards // Pacific J. of Mathematics, 1990, vol.145, No.2, pp. 367–393.
2. P.Soueres, J.-P. Laumond. Shortest path synthesis for a car-like robot // IEEE Trans. on Automatic Control, 1996, vol.41, No.5, pp.672–688.
3. A.V. Dmitruk, I.A. Samylovskiy. Optimal Synthesis in the Reeds and Shepp problem with free final direction // J. of Dynamical and Control Systems (submitted).

Иллюстрации



В точки, лежащие на отрицательной полуоси ординат, ведут ровно две оптимальные траектории с одинаковым временем движения

Гарантированное оценивание в задаче поиска*Степанович Валентин Анатольевич**Студент**Факультет ВМК МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия**E-mail: kolhizin@gmail.com*

В работе рассматривается задача поиска объекта на плоскости. Движение объекта удовлетворяет известным законам движения, возможно с неопределенностью. В частности, были рассмотрены следующие случаи: неподвижный объект; движение вдоль известной кривой с неизвестной, но ограниченной известными величинами, скоростью; движение на плоскости в соответствии с линейным дифференциальным уравнением, в которое входит неизвестная функция — помеха. Источником информации является «измерительное устройство», которое в дискретные моменты времени производит наблюдения. Наблюдение проводится следующим образом:

1. Информационное множество покрывается прямоугольниками, возможно пересекающимися;
2. «Измерительное устройство» с некоторой ошибкой определяет, которым из прямоугольников принадлежит объект;
3. «Измерительное устройство» сообщает номера прямоугольников.

В работе исследованы условия, при которых моменты времени проведения наблюдений являются оптимальными. Получены оценки на размер информационного множества после наблюдений. Рассмотрена задача идентификации помехи (если она постоянна) по результатам наблюдений.

Литература

1. А. Б. Куржанский. Задача идентификации — теория гарантированных оценок // Автоматика и телемеханика. 1991. С. 3-26.

Об одной агентно-ориентированной имитационной модели устойчивого развития двухзонного региона

*Стрелковский Никита Витальевич**Студент**Факультет ВМК МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия**E-mail: elendilofnumenor@gmail.com*

Агентно-ориентированное моделирование и симуляция (Agent-based modeling and simulation – ABMS) представляет собой современный подход к моделированию управляемых динамических систем, состоящих из многих взаимодействующих автономных агентов [3]. ABMS

может быть успешно применен для моделирования управления экономическими и социальными процессами, в том числе, с учетом обратных связей с окружающей средой, и реализован в рамках парадигмы устойчивого развития [1].

В докладе представлена стилизованная социально-экологическая имитационная модель абстрактного региона, реализованная с помощью отечественного программного продукта AnyLogic [2]. Регион условно разделен на две зоны: сельскохозяйственную и промышленную. В роли агентов выступают сущности нескольких типов: жители региона и предприятия – заводы и фермы.

В модели используются элементы системной динамики, в том числе накопительные показатели качества воздуха и воды, которые зависят от промышленных выбросов (с отрицательной обратной связью) и затрат правительства на природоохранные мероприятия (с положительной обратной связью), и здоровья населения, являющиеся интерпретацией соответствующих дифференциальных уравнений. Жизненный цикл агентов каждого типа описывается с помощью соответствующих диаграмм состояний языка UML, которые являются аналогами конечно-детерминированных автоматов. Для агентолюдей реализована поддержка принятия решений с элементами случайности. Процесс работы завода для упрощения модели описывается с помощью производственной функции Кобба-Дугласа.

Структура модели позволяет варьировать управляющие параметры симуляции, а также реализовать различные сценарии управления регионом. Целью серии экспериментов является подбор оптимальных параметров, при задании которых будут выполняться критерии устойчивого развития. Реализовано также решение частных задач – минимизация негативного влияния на окружающую среду, максимизация выпуска продукции предприятиями, максимизация бюджета региона, максимизация процента занятого населения.

По результатам симуляции собирается статистическая информация, которая позволяет оценить экономико-экологическую ситуацию в регионе и последствия принятия различных управленческих решений.

Работа поддержана грантом РГНФ № 100200516а.

Литература

1. М.В. Мельничук. Социально-экономическое развитие российских регионов: основные направления и проблемы // Региональные проблемы преобразования экономики. 2011, No 1.
2. Ровенская Е.А. Стрелковский Н.В. Об одной агентно-ориентированной модели экономического развития региона // Тезисы докладов научной конференции "Ломоносовские чтения". Москва, факультет ВМК МГУ имени М. В. Ломоносова, 14-23 ноября 2011г. - М.: Издательский отдел факультета ВМК

МГУ имени М. В. Ломоносова; МАКС-Пресс, 2011.

3. Macal C.M. Introduction to agent-based modeling and simulation // MCS LANS Informal seminar materials. 2005.

Метод модифицированных функций Лагранжа для вырожденных задач оптимизации

Усков Евгений Иванович

Аспирант

Факультет ВМК МГУ имени М.В.Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: ydoom@narod.ru

Одним из традиционных подходов к решению задач условной оптимизации является метод модифицированных функций Лагранжа [1], который состоит в решении последовательности задач безусловной оптимизации. Недавно было показано [2], что методы этого класса обладают такими привлекательными свойствами, как локальная сверхлинейная сходимость в случае выполнения одного лишь достаточного условия второго порядка оптимальности, а также глобальная сходимость при весьма слабых предположениях [3].

В данной работе исследуются свойства глобальной сходимости метода модифицированных функций Лагранжа, применяемого для решения вырожденных задач оптимизации, т. е. задач, для которых не выполняются стандартные условия регулярности ограничений. Отдельно рассматриваются задачи оптимизации с комплементарными ограничениями, для которых обосновывается C-стационарность предельных точек траекторий метода.

Кроме того, приводятся результаты численного эксперимента, в котором пакет ALGENCAN, реализующий метод модифицированных функций Лагранжа, сравнивался с пакетами SNOPT и filterSQP, реализующими метод последовательного квадратичного программирования; с пакетом MINOS, реализующим метод модифицированных функций Лагранжа с линеаризованными ограничениями; и с пакетами KNITRO и IPOPT, реализующими метод внутренней точки. Результаты экспериментов показывают, что метод модифицированных функций Лагранжа является хорошей глобальной стратегией для вырожденных задач оптимизации. Результаты, представленные в докладе, опубликованы в [4].

Литература

1. Измаилов А.Ф., Солодов М.В. Численные методы оптимизации. Изд. 2-е, перераб. и доп. М.: Физматлит, 2008.
2. Fernández D., Solodov M.V. Local convergence of exact and inexact augmented Lagrangian methods under the second-order sufficiency condition // IMPA preprint A677, 2010.
3. Andreani R., Birgin E.G., Martínez J.M., Schuverdt M.L. Augmented Lagrangian methods under the constant positive linear

dependence constraint qualification // Math. Program. 2008. V. 111. P. 5–32.

4. Izmailov A.F., Solodov M.V., Uskov E.I.. Augmented Lagrangian methods applied to optimization problems with degenerate constraints, including problems with complementarity constraints // IMPA preprint A698, 2011.

Дифференциальные уравнения

Граничное управление смещениями на двух концах процесса вынужденных колебаний струны

Абдукаримов Махмадсалим Файзуллоевич

Аспирант

Факультет ВМК МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: mahmadsalim_86@mail.ru

В данной работе в терминах обобщенного решения из класса $\widehat{W}_2^1(Q_T)$, $Q_T = (0 < x < l) \times (0 < t < T)$ (этот класс впервые был введен в работе [1]) неоднородного волнового уравнения $u_{tt}(x, t) - u_{xx}(x, t) = f(x, t)$ с конечной энергией изучается вопрос о граничном управлении колебаниями, производимом на двух концах струны $u(0, t) = \mu(t) \in W_2^1[0, T]$ и $u(l, t) = \nu(t) \in W_2^1[0, T]$.

В работе рассмотрены три случая: $T < l$, $T = l$ и $T > l$ (ради определенности и простоты будем считать, что $l < T \leq 2l$). В первом и втором из этих случаев для произвольных пяти функций $\varphi(x)$, $\psi(x)$, $\varphi_1(x)$, $\psi_1(x)$ и $f(x, t)$ из классов

$$\varphi(x) \in W_2^1[0, l], \quad \psi(x) \in L_2[0, l],$$

$$\varphi_1(x) \in W_2^1[0, l], \quad \psi_1(x) \in L_2[0, l], \quad f(x, t) \in L_2(Q_T), \quad (*)$$

установлены необходимые и достаточные условия существования и единственности граничных управлений $\mu(t)$ и $\nu(t)$, переводящих процесс колебаний из начального состояния $\{u(x, 0) = \varphi(x), u_t(x, 0) = \psi(x)\}$ в финальное состояние $\{u(x, T) = \varphi_1(x), u_t(x, T) = \psi_1(x)\}$, и эти граничные управления приведены в явном аналитическом виде. Во третьем случае показано, что искомые граничные управления существуют для совершенно произвольных пяти функций из классов (*), но они определяются неоднозначно. Получен их общий вид, в который входят четыре произвольные функции, определенные на сегментах длины $T - l$, принадлежащие на них классу W_2^1 и принимающие на концах этих сегментов заданные значения.

Из работ, относящихся к данной тематике, приведем работы [1-9], которые также посвящены изучению схожих вопросов в разных постановках.

Литература

1. Ильин В.А., Тихомиров В.В. // Дифференц. уравнения, 1999, т. 35, по.5, с. 692-704.

2. Ильин В.А. // Дифференц. уравнения, 2000, т. 36, по.11, с. 1513-1528.
3. Никитин А.А. // Докл. РАН, 2006, т.406, по.4, с. 458-461.
4. Васильев Ф.П. // Дифференц. уравнения, 1995, т. 31, по.11, с. 1893-1900.
5. Егоров А.И. // ДАН УССР, серия физ.-мат. и техн. наук, 1986, по.5. С. 60-63.
6. Абдукаримов М.Ф. // Сб.ст.молодых ученых фак-та ВМК МГУ, 2011, вып.8, с.5-18.
7. Абдукаримов М.Ф. // Докл. АН Респ. Тадж., 2011, т.54, по.8, с.624-630.
8. Абдукаримов М.Ф. // Изв. АН Респ.Тадж., 2011, по.3, с.4-14.
9. Lions J.L. // SIAM Review, 1988, vol. 30, по.3, р. 1-68.

Об одном нелинейном неоднородном соболевском уравнении

Аристов Анатолий Игоревич

Соискатель

Факультет ВМК МГУ имени М. В. Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: ai_aristov@mail.ru

Работа посвящена изучению свойств решений задачи

$$\frac{\partial}{\partial t} (\Delta u - u - |u|^q u) + b \Delta u - au + \mu(x) |u|^r u + (\lambda, \nabla) u^2 + (\theta, \nabla) u = f(x),$$

$$u(x, 0) = u_0(x), \quad u(x, t)|_{\partial\Omega} = 0$$

Здесь $u \in R$ – функция от времени $t > 0$ и вектора пространственных переменных $x \in \Omega$, где Ω – ограниченное подмножество R^N , $N \in \{2; 3\}$ с границей $\partial\Omega \in C^{(2, n)}$, $\eta \in (0; 1]$, $a, b \in R$, $q \in [1; 4]$, $\lambda, \theta \in R^N$, $f \in L_2(\Omega)$, $u_0 \in H_0^1(\Omega)$. Кроме того, будем предполагать, что при $N = 2$ или $N = 3$ соответственно $(r, \mu) \in (1; \infty) \times L_4(\Omega)$ или $(r, \mu) \in (1; 2] \times L_{6/(2-r)}(\Omega)$.

Задача описывает нестационарные процессы в полупроводниках. В [1] была исследована аналогичная задача для уравнения $\frac{\partial}{\partial t} (\Delta u - u - |u|^q u) + \Delta u + u(u + \alpha)(u - \beta) = 0$.

Определение. *Обобщенным решением изучаемой задачи будем называть такое $u \in C^1[0; T; H_0^1(\Omega)]$, что*

$$\left\langle \frac{\partial}{\partial t} (\Delta u - u - |u|^q u) + b \Delta u - au + \mu(x) |u|^r u + (\lambda, \nabla) u^2 + (\theta, \nabla) u - f, w \right\rangle = 0,$$

$$u|_{t=0} = u_0$$

$\forall w \in H_0^1(\Omega), \forall t \in [0; T)$.

Теорема 1. $\forall u_0 \in H_0^1(\Omega)$ существует такое $T > 0$ (возможно, $T = \infty$), что задача имеет единственное обобщенное решение, причем если T конечно, то $\|u\|_{H_0^1(\Omega)} \rightarrow \infty$ при $t \rightarrow T - 0$.

Доказательство основано на принципе сжимающих отображений.

Теорема 2. Для параметра T имеет место оценка $T \geq T_1 > 0$, где T_1 выражено через параметры задачи. (Не исключается случай $T = \infty$.)

Теорема 3. Если $\mu \leq 0$ почти всюду на Ω , то $T = \infty$. Если $q \geq 2r$, то $T = \infty$.

Теорема 4. Ограничимся рассмотрением случая $N = 2$. Пусть

$$r - (r + 2)(\|\lambda\|_{l_\infty} + \|\theta\|_{l_\infty}) - r(|a| + |b|) \geq 4q + 5,$$

кроме того, величина $\int_{\Omega} \mu |u_0|^{r+2} dx$ достаточно велика. Тогда для T имеет место оценка $T \leq T_2$ (для T_2 найдена формула).

Доказательства теорем 2, 3 и 4 основаны на энергетических оценках.

Литература

1. А.Г. Свешников, А.Б. Альшин, М.О. Корпусов, Ю.Д. Плетнер. Линейные и нелинейные уравнения соболевского типа. М., 2007.
2. М.О. Корпусов. Разрушение в неклассических нелокальных уравнениях. М., 2010.

Граничное управление неоднородным стержнем за критический промежуток времени

Беликов Антон Валентинович

Аспирант

Факультет ВМК МГУ имени М.В.Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: belikov.anton@gmail.com

Рассматривается описываемый в общем случае разрывным волновым уравнением и протекающий за критический промежуток времени $0 \leq t \leq T_{crit}$ процесс продольных колебаний неоднородного стержня, концами которого служат точки $x = 0$ и $x = l$. Предполагается, что стержень состоит из двух участков разной плотности и разной упругости, но с условием, что длины этих двух участков выбраны так, что время прохождения волны по каждому из них является одинаковым.

Все рассуждения проводятся в терминах обобщенного решения $u(x, t)$ из классов \widehat{W}_2^1 и \widehat{W}_2^2 , впервые введенных в [1] и [2], смешан-

ной задачи для разрывного волнового уравнения с нулевыми начальными условиями и с граничными условиями одного из четырех типов (управление смещением на одном конце при закрепленном втором конце стержня: $u(0, t) = \mu(t), u(l, t) = 0$; управление упругой силой на одном конце стержня при свободном втором его конце: $u_x(0, t) = \mu(t), u_x(l, t) = 0$; управление смещениями на обоих концах стержня: $u(0, t) = \mu(t), u(l, t) = \nu(t)$; и управление упругими силами на обоих концах стержня: $u_x(0, t) = \mu(t), u_x(l, t) = \nu(t)$). Данное обобщенное решение такой задачи существует и единственно, что показано в работе [3].

Для каждого из описанных четырех случаев граничных условий рассматривается задача поиска таких функций граничного управления, выражающих эти условия, которые позволяют перевести изначально покоящейся стержень в заданное финальное состояние, характеризующееся заданным финальным смещением и финальной скоростью за критический промежуток времени.

Для каждого из описанных четырех случаев граничных управлений указывается необходимое и достаточное условие существования решения задачи их поиска, доказывается единственность решения и приводится его явный аналитический вид.

Литература

1. Ильин В.А. Волновое уравнение с граничным управлением на двух концах за произвольный промежуток времени. // Дифференц. уравнения. 1999. Т.35. No. 11. С.1517-1534.
2. Ильин В.А. Волновое уравнение с граничным управлением на одном конце при закрепленном втором конце. // Дифференц. уравнения. 1999. Т.35. No. 12. С.1640-1659.
3. Ильин В.А. О продольных колебаниях стержня, состоящего из двух участков разной плотности и упругости, в случае совпадения времени прохождения волны по каждому из этих участков. // ДАН. 2009. Т.429. No. 6. С.742-745.

Каскадный поиск нулей функционала, подчиненного сходящемуся ряду

Гайнуллова Светлана Ришатовна

Студент

Факультет физико-математических и естественных наук Российского университета дружбы народов, Москва, Россия

E-mail: gajnullova-sr@yandex.ru

В 2009-2011 гг. в работах Т.Н. Фоменко были предложены несколько версий так называемого принципа каскадного поиска нулей неотрицательных функционалов в метрическом пространстве (X, ρ) .

В докладе предлагается новый вариант принципа каскадного поиска нулей функционалов, обобщающий одну из предыдущих версий.

При этом рассматриваются неотрицательные функционалы, удовлетворяющие специальному свойству подчиненности некоторому сходящемуся числовому ряду $\sum_{n=0}^{\infty} a_n = S < \infty$.

Будет доказано, что всякий функционал φ с этим свойством имеет непустое нуль-подпространство $Nil(\varphi) = \{x \in X | \varphi(x) = 0\} \neq \emptyset$, и для любого x из метрического пространства X существует такой элемент ξ из $Nil(\varphi)$, что $\rho(x, \xi) \leq S$. Будут приведены сравнения с некоторыми известными результатами, а также примеры и комментарии.

Основной результат доклада получен совместно с научным руководителем Т.Н. Фоменко.

Литература

1. Т.Н.Фоменко. О приближении к точкам совпадения и общим неподвижным точкам набора отображений метрических пространств // Мат. заметки, Т. 86 (1).2009. С. 110-125.
2. Т.Н.Фоменко. Cascade search principle and its applications to the coincidence problems of n one-valued or multi-valued mappings // Topology and its Applications, 157. 2010. P. 760-773.

Численное моделирование нелинейного режима для лагранжевых решений некоторых стохастических уравнений

Грачев Денис Александрович

Кандидат наук

Физический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: germansokoloff@mail.ru

Хорошо известно, что математическими моделями многих явлений в современной физике являются дифференциальные уравнения с коэффициентами в виде тех или иных случайных функций (процессов) - так называемые стохастические дифференциальные уравнения. При этом исследование соответствующих уравнений в частных производных нередко удается свести к исследованию семейства уравнений с обычными производными [1,2] (концепция т.н. лагранжева решения, см. например [3,4]). Показательными примерами подобного рода служат уравнения

$$\frac{d^2 y}{dx^2} + \frac{K(x)}{1+y^2} y = 0 \quad \text{и} \quad \frac{dy}{dx} = \frac{\xi(x)}{1+y^2} y + ky, \quad k = \text{const},$$

возникающие в ряде задач магнитной гидродинамики при изучении мелкомасштабных (турбулентных) магнитных полей [2].

В настоящей работе представляются результаты численного моделирования данных стохастических уравнений, полученные в предположении обновления случайных процессов $K(x) = K(x, \omega)$ и $\xi(x) = \xi(x, \omega)$.

Показано, что с развитием нелинейности быстро падает минимальное число независимых реализаций, необходимое для исследования математических ожиданий и высших статистических моментов решений. Демонстрируется начальный прогрессивный рост моментов. Подтверждено наличие стабилизации, ранее предсказанное аналитически.

Автор выражает благодарность профессорам Д.Д. Соколову и В.Н. Тутубалину за внимание к работе и высказанные критические замечания.

Литература

1. Zeldovich Ya.B., Ruzmaikin A.A., Sokoloff D.D. The Almighty Chance / Singapore, World Scientific. 1991.
2. Artyushkova M.E., Sokoloff D.D. Modeling small-scale dynamo by the Jacobi equation // Magnetohydrodynamics. 2006, 42 (1). P. 3-19.
3. Грачев Д.А., Соколов Д.Д. Численное моделирование роста мультипликативных случайных величин // Вычислительные методы и программирование. 2007, 8 (1). С. 5-9.
4. Грачев Д.А. О соотношении между аналитическим и численным подходами к исследованию стохастических дифференциальных уравнений // Вычислительные методы и программирование. 2008, 9 (2). С. 234-238.

Обобщение метода характеристик Коши для построения гладких решений уравнения Гамильтона-Якоби-Беллмана

Егоров Иван Евгеньевич

Аспирант

Факультет ВМК МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: ivanyegorov@gmail.com

Достаточно рано [1] было выяснено, что уравнение ГЯБ не всегда обладает гладким решением, что стало основанием для поиска математических формулировок понятия обобщённого решения. Одни из первых работ в этом направлении были выполнены С.Н. Кружковым [2,3]. Наиболее известный подход к определению обобщённых решений (называемых вязкостными) был разработан М.Дж. Крэндаллом и П.-Л. Лионсом [4,5]. К эквивалентному классу приводит и теория минимаксных решений, предложенная А.И. Субботиным [6] и развиваемая его последователями, которыми, в частности, были

разработаны некоторые вычислительные методы построения минимаксных решений [7].

С другой стороны, имеется ряд примеров, демонстрирующих возможность нахождения гладких решений нелинейных уравнений в частных производных первого порядка [8,9]. Цель настоящей работы — изложить имеющийся опыт построения таких решений в виде систематического метода, который может быть применён к достаточно широкому классу задач и связан с построением синтезирующих управлений в задачах математической биологии и механики [10]–[14]. Изложение ведётся применительно к управляемой системе ОДУ с двумя фазовыми переменными и одномерным управлением, поскольку в этом случае имеет место геометрическая наглядность. Также показано, что метод допускает обобщение на случай больших размерностей фазового пространства и управления.

Данный подход основан на нахождении так называемых псевдорешений, отвечающих крайним точкам множества ограничений на управление, и исследовании расположения соответствующих характеристик уравнения ГЯБ, а именно того, как всё расширенное фазовое пространство заполняется ими. Если существуют незаполненные области, то для того чтобы найти в них искомую функцию Беллмана, предлагается выбрать такую поверхность, заданную начальными значениями функции Беллмана на которой позволило бы получить решение задачи всюду. Мы проиллюстрировали опыт построения гладких решений уравнения ГЯБ; в дополнении к ряду успешных примеров собран и пример, в котором наш подход оказался неприменимым.

Отметим, что мы также воспользовались понятием сингулярной характеристики, введённым А.А. Меликьяном [15], и проверили, что при довольно общих предположениях с помощью данного подхода получаются вязкостные (минимаксные) решения.

Тем не менее, границы применимости метода остаются невыясненными. Не удалось выявить какое-либо простое формальное правило, по которому можно было бы сравнительно легко отыскать сингулярные характеристики или же вообще сделать вывод о том, выполнена ли для конкретной системы рассматриваемого типа вся немалая совокупность допущений, принятых нами при изложении нашего подхода.

Более того, наш подход является в значительной степени аналитическим. Даже если нам удастся приближённо найти псевдорешения S^+ и S^- и задать множества D^+ , D^0 (D^-), γ^+ , γ^0 (γ^-) и возможные наборы множеств достижимости Ω_r^+ , Ω_r^0 (Ω_r^-) в ограниченной части расширенного фазового пространства, мы по-прежнему не имеем алгоритма для проверки, например, того, заполняет ли конкретный пучок характеристик определённую область. Однако в примерах 1 и 3 нами представлены два конкретных класса задач оптимального

управления, для которых все эти проверки были проведены теоретически в [10].

Особую благодарность хотелось бы выразить моему научному руководителю — А. С. Братусю, а также Е. С. Чумериной.

Литература

1. Л.С. Понтрягин, В.Г. Болтянский, Р.В. Гамкрелидзе, Е.Ф. Мищенко, Математическая теория оптимальных процессов, М.: Наука, 1983
2. С.Н. Кружков, Обобщённые решения нелинейных уравнений первого порядка, Успехи математических наук, 1965, 70(112):3, 394-415
3. С.Н. Кружков, Обобщённые решения нелинейных уравнений первого порядка со многими независимыми переменными, Математический сборник, 1967, 72(114):1, 108-134
4. P.-L. Lions, Generalized solution of Hamilton–Jacobi equation, 1982, Ptman
5. M.G. Crandall, P.-L. Lions, Viscosity solution of Hamilton–Jacobi equation, Trans. Amer. Math. Soc., 1984, 277, 1-42
6. А.И. Субботин, Обобщённые решения уравнений в частных производных первого порядка: перспективы динамической оптимизации, РХД, 2003
7. Н.Н. Субботина, Т.Б. Токманцев, Об эффективности сеточного оптимального синтеза в задачах оптимального управления с фиксированным моментом окончания, Дифф. уравнения, 2009, Т. 45, 11, 1651–1662
8. R. Courant, D. Hilbert, Partial differential equations, 1962, NY–London
9. В.И. Арнольд, Геометрические методы в теории обыкновенных дифференциальных уравнений, РХД, 2000
10. А.С. Братусь, Е.С. Чумерина, Синтез оптимального управления в задаче выбора лекарственного воздействия на растущую опухоль, Ж. вычисл. матем. и матем. физ., 48:6 (2008), 946–966
11. А.С. Братусь, С.Ю. Зайчик, Гладкое решение уравнения Гамильтона–Якоби–Беллмана в математической модели оптимальной терапии вирусных инфекций, Дифф. уравнения, 2010, Т. 46, 11, 1571–1583
12. Е.К. Afenya, C.P. Calderon, Modeling disseminated cancers: a review of mathematical models, 2003, Comm. Theor. Biol., 8(2), 231–235
13. A.S. Bratus, K.A. Volosov, Exact solution to the Hamilton–Jacobi–Bellman equation for optimal correction with an integral constraint on the total resource of control, Dokl. Mathematics, 2002, v.66, 1, 148–151.
14. A.S. Bratus, D.V. Yourtchenko, J.L. Menaldi, Local solutions to the Hamilton–Jacobi–Bellman equation in stochastic problems of optimal control, Dokl. Mathematics, 2006, v.74, 1, 610–613.
15. А.А. Меликян, Особые характеристики дифференциальных уравнений с частными производными первого порядка в оптимальном управлении и дифференциальных играх, Итоги науки и техники, Серия Современная математика и её приложения, Тематический обзор, 1999, Т. 64, 179–196

Ресургентность и асимптотики решений уравнений с вырождениями коэффициентов

Кац Дмитрий Сергеевич

Студент

Факультет ВМК МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: dmitryxk@gmail.com

Исследуются уравнения вида

$$H\left(r, -\frac{d}{dr}, -r\frac{d}{dr}, -r^2\frac{d}{dr}, \dots, -r^q\frac{d}{dr}, x, -i\frac{\partial}{\partial x}\right)u = f,$$

где \hat{H} — дифференциальный оператор с гладкими коэффициентами. Основным результатом является доказательство представимости таких уравнений в виде

$$H \left(r, -r^k \frac{d}{dr}, x, -i \frac{\partial}{\partial x} \right) u = g,$$

где $k \in \mathbb{N}$, что позволяет применять к ним результаты, полученные в работах [1], [2], [3].

В частности, для таких уравнений удается доказать теорему о k -ресургентности решений при условии k -ресургентности правой части (функция называется k -ресургентной, если ее k -преобразование Лапласа-Бореля бесконечно продолжимо).

Также, при некоторых дополнительных ограничениях на оператор \hat{H} и возможности наличия у правой части уравнения особенностей только вида

$$e^{\frac{\lambda_j}{r^k} + \sum_{i=1}^{k-1} \frac{\alpha_{k-i}^j}{r^{k-i}}} r^{\sigma_j} \sum_{i=0}^{\infty} s_i^j r^i,$$

удается построить асимптотику решения такого уравнения.

Автор выражает глубокую благодарность своему научному руководителю М.В. Коровиной.

Литература

1. М.В. Коровина. Существование ресургентного решения для уравнений с вырождением высших порядков. // Дифференц. уравнения. 2011. Т. 47. No. 3. С. 349–357.
2. М.В. Коровина. Асимптотики решений уравнений со старшими вырождениями. (в печати)
3. М.В. Коровина. Асимптотики решений неоднородных уравнений со старшими вырождениями. (в печати)

Теорема о неявной функции на выпуклом множестве в окрестности аномальной точки

Жуковский Сергей Евгеньевич¹, Мингалеева Зухра Тагировна²

¹ – Аспирант, Факультет физико-математических и естественных наук
Российского университета дружбы народов,

² – Студент, Факультет ВМК МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва,
Россия

E-mail: s-e-zhuk@yandex.ru

Пусть заданы банаховы пространства X, Y , топологическое пространство Σ , выпуклое замкнутое множество $U \subset X$, отображение

$F : X \times \Sigma \rightarrow Y$ и точки $x_* \in U, \sigma_* \in \Sigma$, для которых $F(x_*, \sigma_*) = 0$. Рассмотрим уравнение

$$F(x, \sigma) = 0, \quad x \in U, \quad (1)$$

в котором x — неизвестное, а σ — параметр. Вопрос о существовании неявной функции в задаче (1) в случае, когда условие Робинсона не выполняется, изучен А.В. Арутюновым в работах [1–3] в предположении, что U является замкнутым выпуклым конусом. Здесь мы приводим обобщение этого результата на случай, когда U — замкнутое выпуклое множество.

Пусть $G : X \rightarrow Y$ — заданное дважды дифференцируемое в точке x_* отображение, $G(x_*) = 0$. Положим $\mathcal{U} = \text{cone}(U - \{x_*\})$.

Определение. Пусть существует

$$h \in \mathcal{U} : h \in \ker \frac{\partial G}{\partial x}(x_*), \quad -\frac{\partial^2 G}{\partial x^2}(x_*)[h, h] \in \frac{\partial G}{\partial x}(x_*)\mathcal{U}.$$

Отображение G назовем 2-регулярным в точке x_* относительно множества U по направлению h , если имеет место

$$\frac{\partial G}{\partial x}(x_*)\mathcal{U} + \frac{\partial^2 G}{\partial x^2}(x_*)[h, \mathcal{U} \cap \ker \frac{\partial G}{\partial x}(x_*)] = Y.$$

Следующая теорема дает достаточные условия существования неявной функции в задаче (1). Предположим, что F дважды непрерывно дифференцируемо по x равномерно по σ в некоторой окрестности точки (x_*, σ_*) . При каждом σ , достаточно близком к σ_* , отображение $\frac{\partial^2 F}{\partial x^2}(\cdot, \sigma)$ удовлетворяет условию Липшица с константой, не зависящей от σ . Отображения $F(x_*, \cdot), \frac{\partial F}{\partial x}(x_*, \cdot), \frac{\partial^2 F}{\partial x^2}(x_*, \cdot)$ непрерывны в окрестности точки σ_* . Обозначим

$$V = \frac{\partial F}{\partial x}(x_*, \sigma_*)\mathcal{U}.$$

Предположим, что линейная оболочка $\text{span } V$ конуса V замкнута, и это подпространство топологически дополняемо. Через π будем обозначать некоторый линейный непрерывный оператор, проектирующий Y на какое-нибудь подпространство, дополняющее $\text{span } V$. Через $B_X(x, r)$ далее будем обозначать шар с центром в точке x радиуса r .

Теорема. Пусть относительная внутренность $\text{ri}V$ непуста, и

отображение $F(\cdot, \sigma_*)$ 2-регулярно в точке x_* относительно U по некоторому направлению $h \in X$. Тогда для произвольного вектора $l \in \text{ri}V$ существуют такие окрестность O точки σ_* , числа $c \geq 0$, $\delta > 0$ и непрерывное отображение $x(\cdot) : O \rightarrow U$, что $F(x(\sigma), \sigma) \equiv 0$,

$$\|x(\sigma) - x_*\| \leq c(\Delta_1(\sigma) + \Delta_2(\sigma) + \Delta_3(\sigma) + \Delta_4(\sigma)) \quad \forall \sigma \in O.$$

Здесь

$$\Delta_1(\sigma) = \sup \left\{ \left\| \pi \frac{\partial F}{\partial x}(x_*, \sigma)x \right\| : x \in \text{span}(U - \{x_*\}), \|x\| \leq 1 \right\},$$

$$\Delta_2(\sigma) = \sup \left\{ \left\| \frac{\partial F}{\partial x}(x_*, \sigma)x \right\| : x \in \ker \frac{\partial F}{\partial x}(x_*, \sigma) \cap \mathcal{U}, \|x\| \leq 1 \right\},$$

$$\Delta_3(\sigma) = \|F(x_*, \sigma)\|, \quad \Delta_4(\sigma) = \rho(-F(x_*, \sigma), V_\delta)^{1/2},$$

ρ — расстояние от точки до множества, $V_\delta = \text{cone}(B_Y(l, \delta)) \cap \text{span} V$.

Авторы выражают благодарность своему научному руководителю профессору Араму Владимировичу Арутюнову за постоянное внимание к работе.

Литература

1. Арутюнов А.В. К теоремам о неявной функции в аномальных точках // Тр. Ин-та матем. и мех. УрО РАН. 2010. Т. 16. No 1. С. 30-39.
2. Арутюнов А.В. Накрывание нелинейных отображений на конусе в окрестности аномальной точки // Матем. заметки. 2005. Т. 77. No 4. С. 483-497.
3. Арутюнов А.В. Теорема о неявной функции на конусе в окрестности аномальной точки // Матем. заметки. 2005. Т. 78. No 4. С. 619-621.

О разрешимости одной нелокальной краевой задачи для уравнения Лаврентьева–Бицадзе в прямоугольнике и параллелепипеде

Лихоманенко Татьяна Николаевна

Студент

Факультет ВМК МГУ имени М.В.Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: tata.antares@yandex.ru

Классические задачи для уравнения Лаврентьева–Бицадзе (задачи Трикоми и родственные ей) описывают процессы трансзвуковой газодинамики. В данной работе рассматривается нелокальная краевая

задача для уравнения Лаврентьева–Бицадзе в прямоугольнике и параллелепипеде.

Для поставленной задачи получено аналитическое решение и найдено условие существования, единственности и устойчивости классического решения.

Построены примеры, требующие счетного числа условий ортогональности для разрешимости нелокальной краевой задачи.

Также были получены оценки градиента решения в L_2 норме.

Выражаю благодарность своему научному руководителю академику РАН Е.И. Моисееву за постановку задачи, постоянное внимание к работе и полезные советы. Работа выполнена при поддержке грантов НШ-5311.2012.9, МК-7128.2012.9.

Литература

1. Сабитов К.Б. Задача Дирихле для уравнений смешанного типа в прямоугольной области // Докл. РАН. 2007. Т. 413. 1. С. 23-26.

К вопросу об управлении группой роботов: комбинирование централизованного и децентрализованного методов

Мисатюк Наталья Сергеевна

Студент

Факультет ВМК МГУ имени М.В.Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: silmaret@yandex.ru

Одним из актуальных вопросов современной робототехники является вопрос об управлении группой роботов. Рассматривается группа мобильных роботов, которые могут измерять некоторые параметры окружающей среды и обмениваться информацией в пределах радиуса досягаемости. Существует множество прикладных задач, которые могли бы эффективно решаться коллективом роботов. Например, разминирование, исследование труднодоступных и опасных мест, замеры параметров экологического состояния окружающей среды, уборка мусора и др.

Обзор современной литературы по робототехнике показывает, что множество методов управления группой роботов может быть разбито на две группы: централизованные и децентрализованные методы управления.

Централизованные методы основываются на строго выстроенной иерархии управления. Функции управления и исполнения четко разделяются между роботами, либо роботы выполняют команды центра управления [1]. Такие методы применимы в условиях высокой надёжности связи между элементами иерархии управления и при сравнительно небольшом количестве роботов.

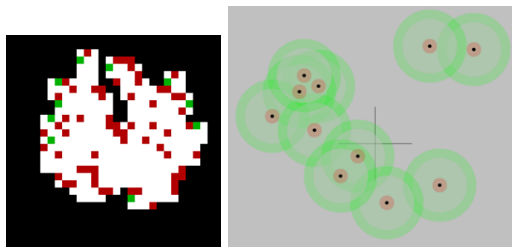
Децентрализованные методы основываются на самоорганизации группы роботов за счёт заложенной в каждого из них логики поведения [3]. Этот метод является аналогией природных механизмов поведения небольших животных в стаях [2]. Явного центра управления или лидера в таких методах нет, а роботы взаимозаменяемы. Этот метод решает более простые задачи общего характера, но является более устойчивым к внешним воздействиям и неполадкам.

Цель работы заключалась в анализе и обобщении существующих методов, а также в их моделировании на примерах конкретных задач. Для демонстрации различных методов управления группой роботов были созданы программы моделирования. Централизованный метод управления демонстрирует программа по составлению карты пещеры (рис.1). Децентрализованный метод управления демонстрирует программа по моделированию поведения животных в стае (рис.2).

Большой интерес представляет направление исследований в сторону комбинирования централизованного и децентрализованного методов управления. Это позволило бы повысить устойчивость к влиянию внешних факторов, неполадкам, расширить спектр решаемых задач и повысить эффективность решения задач. Возможные модификации каждого из методов в рамках комбинированного подхода рассматриваются на примере модельных программ.

Выражаю благодарность своему научному руководителю, Фомищеву В.В. за поддержку исследований по теме управления группой роботов, а также всей кафедре НДСиПУ.

Иллюстрации



Исследование пещеры (слева), моделирование поведения стаи животных (справа).

Литература

1. Каляев И.А., Гайдук А.Р., Капустян С.Г. Модели и алгоритмы коллективного управления в группах роботов. М. : ФИЗМАТЛИТ, 2009.
2. Herbert G. Tanner, Ali Jadbabaie, George J. Pappas. Flocking in

Teams of Nonholonomic Agents // Lecture notes in Control and Information Sciences, Volume 309, Springer, pp 229-239.

3. Teddy M. Cheng, Andrew V. Savkin. Decentralized Control of Multi-robot Systems for Rectangular Aggregation // Preprints of the 18th IFAC World Congress, 2011.

Метод решения задачи группового управления в условиях внешних препятствий

Месляц Алексей Игоревич, Одинокоев Данила Олегович

Студенты

Факультет ВМК МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: month_october@mail.ru, hidinokov@gmail.com

Рассматривается задача группового (коллективного, командного) управления, посвященная построению и исследованию математических моделей, описывающих ситуации, когда группе объектов необходимо решить общую задачу, взаимодействуя, централизованно или нет, друг с другом. Такие модели встречаются в прикладных инженерных (см. [2,3]) или биологических задачах.

Особый интерес представляет случай, когда группе агентов необходимо, находясь недалеко друг от друга, передвигаться из начального положения в конечное, минуя известные препятствия. Примером может быть, например, группа беспилотных пожарных вертолетов, которым необходимо долететь до места пожара.

В [1] предложен следующий метод решения задачи: описать вокруг агентов некоторый (виртуальный) контейнер и разбить дальнейшее движение на две компоненты:

1. Движение контейнера, который должен переместиться из начального положения в конечное, меняя свою форму и избегая столкновения с внешними препятствиями;
2. Движение агентов внутри контейнера, которые должны оставаться внутри него на протяжении всего движения, избегая взаимных столкновений.

В данной работе приводится метод построения управления движением контейнера и агентов, удовлетворяющих следующим свойствам:

1. Динамика агентов описывается дифференциальными уравнениями второго порядка (“управление силой”);
2. Агенты подчинены выпуклому внешнему фазовому ограничению;
3. Агенты не должны сталкиваться друг с другом;
4. Ограничение на размер контейнера (он должен быть достаточно «большим», чтобы в нем могли поместиться агенты);

5. Внешние препятствия — эллипсоиды, каждый из которых задает комплиментарные к вышуклым фазовые ограничения.

Целью работы является построение алгоритма управления, согласно которому траектории системы будут иметь “простую” структуру.

Литература

1. Kurzhanski A.B., Varaiya P. On synthesizing target controls under obstacle and collision avoidance // Journal of Franklin Institute. V. 347. I. 1. P.130-145.
2. K.Y.Pettersen, J.T. Gravdahl, H. Nijmeijer. (Eds.) Group Coordination and Cooperative Control. Berlin: Springer, 2006.
3. Козлов Р.И., Максимкин Н.Н., Кисилев Л.В., Ульянов С.А. Устойчивость конфигураций группового движения автономных поводных роботов в условиях неопределенности // Подводные роботы и робототехника. 2010.19.40-46

Задача Трикоми для уравнения Лаврентьева-Бицадзе в случае трехмерной области

Нефедов Павел Владимирович

Студент

Факультет ВМК МГУ имени М.В.Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: p_nefedov@mail.ru

Данная работа является продолжением работ Е.И.Моисеева, посвященных исследованию задач смешанного типа в случае трехмерных областей. Основной целью работы является отыскание классического решения и изучение вопроса о его единственности.

Рассмотрим следующую задачу Трикоми для уравнения Лаврентьева-Бицадзе в трехмерной области D :

$$L[u] = u_{xx} + \operatorname{sgn} y \cdot u_{yy} + u_{zz} = 0,$$

где $D = D^{(+)} \cup D^{(-)}$ и

$$D^{(+)} = \{(x, y, z) : y > 0, -1 < x < 1, x^2 + y^2 < 1, 0 < z < \pi\},$$

$$D^{(-)} = \{(x, y, z) : -1/2 < y < 0, -y < x < y + 1, 0 < z < \pi\}.$$

Будем предполагать, что решение $u \in C(\overline{D^{(+)} \cup D^{(-)}}) \cap C^2(D^{(+)} \cup D^{(-)})$ и на границах области D выполнены следующие краевые условия:

$$u|_{r=1} = \psi(\varphi, z), \quad 0 \leq \varphi \leq \pi, \quad 0 \leq z \leq \pi,$$

$$\begin{aligned} u|_{x=-r, y=0} &= 0, \quad r \leq 1, \quad 0 \leq z \leq \pi, \\ u|_{x=-y} &= 0, \quad 0 \leq x \leq 1/2, \quad 0 \leq z \leq \pi, \\ u|_{z=0} &= 0, \quad x^2 + y^2 \leq 1, \quad y \geq 0, \\ u|_{z=0} &= 0, \quad -y \leq x \leq y + 1, \quad -1/2 \leq y \leq 0, \\ u|_{z=\pi} &= 0, \quad x^2 + y^2 \leq 1, \quad y \geq 0, \\ u|_{z=\pi} &= 0, \quad -y \leq x \leq y + 1, \quad -1/2 \leq y \leq 0. \end{aligned}$$

Используя метод разделения переменных, получим следующее решение поставленной задачи:

$$\begin{cases} u(r, \varphi, z) = \sum_{n,k=1}^{\infty} \sigma_{nk} \sin kz \cdot \sin((n-1/4)(\varphi - \pi)) \cdot \frac{I_{n-1/4}(kr)}{I_{n-1/4}(k)}, & (r, \varphi, z) \in D^{(+)}, \\ u(x, y, z) = \sum_{n,k=1}^{\infty} \sigma_{nk} \frac{(-1)^n}{\sqrt{2}} \sin kz \cdot \left(\frac{x+y}{x-y}\right)^{\frac{n-1/4}{2}} \cdot \frac{I_{n-1/4}(k\sqrt{x^2-y^2})}{I_{n-1/4}(k)}, & (x, y, z) \in D^{(-)}. \end{cases}$$

где под $I_\nu = I_\nu(z)$ понимается модифицированная функция Бесселя первого рода [3].

Далее необходимо показать, что полученное решение является классическим [1] и имеет место теорема единственности [2]. В этой связи доказывается

Теорема 1. *Классическое решение поставленной задачи Трикоми для уравнения Лаврентьева-Бицадзе существует и может быть представлено в виде абсолютно и равномерно сходящегося ряда.*

Вопрос о единственности полученного решения разрешается следующей теоремой.

Теорема 2. *Классическое решение задачи Трикоми для уравнения Лаврентьева-Бицадзе является единственным.*

Автор выражает благодарность академику РАН Е.И.Моисееву за научное руководство, постановку и обсуждение задачи. Работа выполнена при частичной финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проекты 11-01-12081-офи-м-2011 и 11-01-00164-а) и гранта МК-7128.2012.9.

Литература

1. Моисеев Е.И. О базисности одной системы синусов // Дифференциальные уравнения. 1987. Т. 23, 1, Стр. 177-179.
2. Моисеев Е.И. О теоремах единственности для уравнений смешанного типа // ДАН СССР. 1987. Т. 242, 1, Стр. 48-51.
3. Олвер Ф. Асимптотика и специальные функции. М.: Изд-во

Аналитическое описание колебаний составного стержня

Рогожников Алексей Михайлович

Студент

Факультет ВМК МГУ имени М.В.Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: alex.rogozhnikov@yandex.ru

В настоящей работе была исследована задача о продольных колебаниях, возбуждаемых в стержне, состоящем из нескольких участков из материалов с произвольными плотностями и упругостями. Исследование проводилось в терминах обобщенного решения.

В работе [3] была исследована эта задача при дополнительных условиях в виде равенства импедансов всех участков, в работах [3, 4] было получено решение для случая, когда время прохождения волны по каждому из участков было одинаковым.

Случай двух участков с произвольными характеристиками рассмотрен в [5]. В данной работе мы откажемся от этих ограничений и предъявим явный вид решения смешанной задачи о возбуждении колебаний в стержне, состоящем из n произвольных участков. Также утверждается единственность полученного решения.

Литература

1. В.А. Ильин. Граничное управление процессом колебаний на двух концах в терминах обобщенного решения волнового уравнения с конечной энергией // Дифференц. уравнения. 2000. Т. 36, 11. с.1513-1528.
2. В. А. Ильин, П. В. Луференко Обобщенные решения смешанных задач для разрывного волнового уравнения при условии равенства импедансов. // Доклады Академии Наук, 2009, том 429, 3, с. 317–321.
3. В.А. Ильин. О продольных колебаниях стержня, состоящего из двух участков разной плотности и упругости, в случае совпадения времени прохождения волны по каждому из этих участков. // Дифференц. уравнения. 2009. Т.429, 6. с. 742-745.
4. А.М. Рогожников. Исследование смешанной задачи, описывающей процесс колебаний стержня, состоящего из нескольких участков, при условии совпадения времени прохождения волны по каждому из этих участков. // Доклады Академии Наук, 2011, Т. 441, 4, С. 449-451.
5. А. А. Кулешов. Смешанные задачи для уравнения продольных колебаний неоднородного стержня со свободным либо закрепленным правым концом, состоящего из двух участков разной плотности и упругости // Доклады Академии Наук, 2012, Т. 442, вып. 4.

Метод восстановления нелинейного коэффициента в задаче популяционной динамики, оценки его точности и вычислительной сложности

Чурбанов Дмитрий Владимирович

Аспирант

Факультет ВМК МГУ имени М.В.Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: dmitriychurbanov@gmail.com

Процессы, связанные с динамикой живых сообществ, изучались на протяжении длительного времени [1]. В том числе рассматривались обратные задачи, связанные с данными моделями (см. [2] и др.). В настоящее время много внимания уделяется изучению нелинейных моделей [3], одна из которых может быть представлена в следующем виде:

$$u_t + u_x = \mu(u), \quad 0 \leq x \leq 1, \quad 0 \leq t \leq 1,$$

$$u(0, t) = \psi(t), \quad 0 \leq t \leq 1, \quad u(x, 0) = \varphi(x), \quad 0 \leq x \leq 1.$$

Исследуется обратная задача по восстановлению неизвестного коэффициента $\mu(s)$ уравнения (1) по известным функциям $\varphi(x)$, $\psi(t)$ и дополнительно заданным значениям $u(1, t) = c(t)$, $t \in [0, 1]$. Рассматривается случай, когда областью значений функции $u(x, t)$ является отрезок $[\varphi(0), \varphi(1)]$ ($\varphi'(x) > 0$, $x \in [0, 1]$). Обратная задача сводится к решению функционального уравнения

$$\frac{c'(t)}{\mu(c(t))} + \frac{\varphi'(1-t)}{\mu(\varphi(1-t))} = 1, \quad t \in [0, 1], \quad (1)$$

с запаздывающим аргументом. Выделены условия, при которых решение $\mu(s)$ данного уравнения существует и единственно. При определенных условиях на известные функции $\psi(t)$, $\varphi(x)$, $c(t)$ можно представить уравнение (2) как уравнение со сжимающим в окрестности точки $s = \varphi(1)$ оператором. На этом свойстве построен численный метод, по которому на первом этапе итерационно вычисляется приближение к функции $\mu(s)$ в окрестности значения $\varphi(1)$, а на втором полученное приближение с использованием уравнения (2) распространяется на всю область определения функции $\mu(s)$, а именно на отрезок $[\varphi(0), \varphi(1)]$. Установлено, что данный метод дает приближение $\hat{\mu}(s)$ к точному решению $\mu(s)$ с любой наперед заданной точностью $\varepsilon > 0$ при $s \in [\varphi(0), \varphi(1)]$, и для него построены оценка необходимой точности на первом этапе, гарантирующей получение заданного ε , и оценка объема требуемых вычислений.

Литература

1. Webb G.F. Nonlinear Age-Dependent Population Dynamics. New York, 1987.
2. Денисов А. М., Макеев А. С. Численные методы решения обратной задачи для модели популяции // Ж. вычисл. матем. и матем. физ. 2006. No 3. С. 490-500.
3. Sinestrari E. Non-Linear Age-Dependent Population Growth // J. Math. Biol. 1980. V.9. P.331-345.

Математические методы прогнозирования и дискретная математика

Kernel-методы решения задачи «структура-свойство»

Беккер Александра Владимировна

Студент

*Механико-математический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова,
Москва, Россия*

E-mail: bekker_alexandra@mail.ru

Поиск количественных корреляций «структура-свойство» химических соединений (QSAR-задача, задача «структура-свойство») [1] – одно из наиболее интенсивно развивающихся в настоящее время направлений теоретической химии. Задача «структура-свойство» заключается в поиске зависимостей между структурой химических соединений и их физико-химическими свойствами и биологической активностью. Решение задачи «структура-свойство» позволяет производить синтез химических соединений с определенными нужными свойствами без лишних затрат времени и средств.

Целью работы является разработка эффективных алгоритмов для анализа баз данных химических соединений и прогнозирования их биологической активности, а также применение и оценка прогностической способности построенных алгоритмов на конкретных выборках химических соединений.

Традиционно решение задачи «структура-свойство» разбивается на несколько этапов, первый из которых заключается в выборе признакового пространства и представлении молекулярных структур в виде векторов значений дескрипторов [2], на втором этапе осуществляется поиск функциональной зависимости между значениями дескрипторов и известной активностью соединений. В результате проведения первого этапа обучающая выборка представляется матрицей «молекула-дескриптор», и таким образом задача «структура-свойство» сводится к классической задаче распознавания образов. Однако в зависимости от выбора признакового пространства размерность матрицы «молекула-дескриптор» может оказаться слишком большой, что затрудняет применение алгоритмов распознавания образов. Для решения этой задачи обычно применяют различные методы отбора информативных дескрипторов.

В работе предложен альтернативный подход к решению задачи, основанный на использовании kernel-методов [3], позволяющих описывать не сами объекты обучающей выборки, а взаимосвязь объектов между собой или меру их сходства. Существенным преимуществом kernel-методов является возможность перехода к признаковым пространствам большей размерности, в которых функциональная зависимость между структурой и «внешним» свойством объекта может быть выражена линейно. При этом переход к пространству большой размерности не приводит к увеличению вычислительной сложности построения модели. Следует выделить два подхода kernel-методов: один из них связан с работой в признаковом пространстве (т.е. после представления объектов в виде векторов значений дескрипторов) и при помощи различных kernel-функций позволяет установить взаимосвязи между объектами; второй подход основан на беспризнаковом сравнении молекулярных структур. Вне зависимости от подхода вся информация об обучающей выборке, необходимая для дальнейшего построения модели, содержится в симметричной квадратной матрице с размерностью, равной размерности обучающей выборки. Далее к полученной матрице могут применяться kernel-модификации различных алгоритмов анализа данных, таких как метод главных компонент, метод опорных векторов, алгоритмы кластеризации и другие.

В работе исследуется применимость kernel-методов к описанию химических соединений в целях поиска зависимости «структура-свойство», рассматриваются как признаковые, так и беспризнаковые подходы к построению моделей. Проводятся вычислительные эксперименты на выборках химических соединений, в частности, производных молекул бетулина, проявляющих в эксперименте противоопухолевую активность. Структурные формулы и данные о наличии или отсутствии активности веществ извлечены из Базы данных по противоопухолевым веществам Российского Онкологического научного центра им. Н.Н. Блохина РАН. С помощью построенных алгоритмов удается выделить соединения, предположительно обладающие активностью и рекомендованные для синтеза.

Автор выражает глубокую признательность своему научному руководителю Михаилу Ивановичу Кумскову за постановку задач и постоянное содействие в работе, а также Апрышко Галине Николаевне (Российский онкологический научный центр имени Н.Н. Блохина) и Свитанько Игорю Валентиновичу (Высший Химический Колледж РАН) за предоставленные материалы и плодотворное сотрудничество.

Литература

1. Karelson M. Molecular Descriptors in QSAR/QSPR. Wiley-interscience, 2000

2. Kumskov M.I., Zyryanov I.L., Svitan'ko I.V. A New Method for Representing Spatial Electronic Structures of Molecules in the Problem of Structure-Biological Activity Relationship. Pattern Recognition and Image Analysis, 1995
3. Shawe-Taylor J., Cristianini N. Kernel methods for pattern analysis. Cambridge University Press, 2004.

О свойствах задач и алгоритмов нечеткой разметки элементов точечных конфигураций.

Дорофеев Николай Юрьевич

Аспирант

Факультет ВМК МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: smc.nick@gmail.com

Рассматривается задача построения обучаемых алгоритмов классификации точек в плоских конфигурациях. Исходная постановка задачи дана в работе [3]. Требуется каждой точке конфигурации на основании её окрестности сопоставить элемент некоторого множества, т.н. словаря разметки. Пример таких задач: выделение трендов, поиск паттернов во временных рядах и др. В [1] были рассмотрены вопросы разрешимости задач выделения трендов, которые были сведены к задаче классификации точек в плоских конфигурациях. Там же были даны определения и получены критерии локальной разрешимости этих задач. В [2] рассматривались вопросы полноты моделей алгоритмов в подобных задачах. Основным понятием в полученных критериях являлась сдвиг-эквивалентность: окрестности считались эквивалентными, при совпадении с точностью до сдвига. Неразрешимыми считались задачи, в которых эквивалентным окрестностям соответствовали различные разметки. Если имелись незначительные отличия окрестностей, которые могут возникнуть, например, как следствие погрешностей измерений или шумов, отношение сдвиг-эквивалентности будет потеряно. В этом случае задача становится формально разрешимой, тогда как фактически она несодержательна.

Возможным решением является переход от дискретной задачи разметки конфигураций к непрерывной. Введя меру близости на множестве окрестностей, степень различия двух окрестностей становится непрерывной величиной. С введением меры близости разметок становится возможным в качестве критерия разрешимости рассматривать соблюдение естественного требования сопоставлять близким окрестностям близкие метки. Такой алгоритм будет являться аналогом липшиц-непрерывной функции.

В докладе ставятся задачи перехода от дискретного понимания задач классификации элементов точечных конфигураций к непрерывному. Описываются критерии разрешимости и регулярности ука-

занных задач при введении дополнительных требований. В завершении доклада приводятся полученные критерии полноты семейств алгоритмов для задач разметки точечных конфигураций.

Литература

1. Рудаков К.В., Чехович Ю.В. Алгебраический подход к проблеме синтеза обучаемых алгоритмов выделения трендов // ДАН. 2003. Т. 388. 2. С. 33–36.
2. Рудаков К.В., Чехович Ю.В. Критерии полноты для задач классификации с теоретико-множественными ограничениями // Журн. вычислительной математики и математической физики. 2005. Т. 45. 2. С. 344–353.
3. Чехович Ю.В. Об обучаемых алгоритмах выделения трендов // Искусственный интеллект (научно-теоретический журнал НАН Украины). 2002. 2. С. 298–305.

Оценки предсказанной информативности логических закономерностей

Дударенко Марина Алексеевна

Студент

Факультет ВМК МГУ имени М.В.Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: m.dudarenko@gmail.com

Алгоритмы классификации, основанные на голосовании логических закономерностей, широко используются в слабо формализованных прикладных областях благодаря возможности содержательно интерпретировать каждую закономерность. *Закономерностью* класса y называется предикат, который выделяет достаточно много (p) объектов класса y и достаточно мало (n) объектов других классов. *Логической закономерностью* называется конъюнкция пороговых условий вида $[x_j \leq \theta_j]$, где x_j — значение j -го признака, θ_j — параметр. Логические закономерности строятся по заданной обучающей выборке путём оптимизации набора признаков j и порогов θ_j либо по двум критериям $p \rightarrow \max$, $n \rightarrow \min$, либо по одному критерию информативности $H(p, n) \rightarrow \max$.

Для повышения обобщающей способности закономерностей в [1,2] предлагается оценивать значения критериев \hat{p} и \hat{n} на скрытой контрольной выборке и максимизировать *предсказанную информативность* $H(\hat{p}, \hat{n}) \rightarrow \max$. Для этого строится граф Хассе множества L -мерных бинарных векторов ошибок, порождаемых семейством логических закономерностей на заданной выборке из L объектов. При получении оценки предполагается, что выборка равновероятно разбивается на две подвыборки — обучающую длины l и контрольную длины k , причём контрольная выборка известна. Однако при использовании предсказанной информативности предполагается другое —

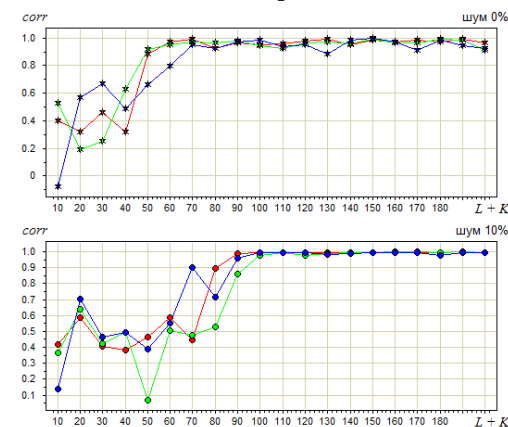
что для обучения доступна вся выборка длины L , а критерии \hat{p} и \hat{n} оцениваются на неизвестной контрольной выборке длины K . В таком случае граф Хассе надо было бы строить по «супервыборке» длины $L + K$, но её контрольная часть неизвестна.

Целью данной работы является выяснение условий, при которых оценки предсказанной информативности, сделанные по случайной подвыборке, близки к оценкам по полной выборке. В экспериментах на модельных данных вычислялась корреляция между этими двумя величинами. Оказалось, что с ростом длины выборки корреляция быстро сходится к единице, рис.1. Скорость сходимости падает с ростом числа признаков и уровня шума, но почти не зависит от того, где расположен шум — на границе классов, на периферии или равномерно по всему пространству. Основной вывод заключается в том, что случайные подвыборки объектов в значительной степени сохраняют важнейшие структурные особенности семейства логических закономерностей, как множества бинарных векторов ошибок, за исключением случаев выборки малой длины.

Литература

1. Ивахненко А. А., Воронцов К.В. Критерии информативности пороговых логических правил с поправкой на переобучение порогов // 15-ая Всеросс. конф. Математические методы распознавания образов, 2011. С. 48–51.
2. Vorontsov K. V., Ivahnenko A. A. Tight combinatorial generalization bounds for threshold conjunction rules // Lecture Notes on Computer Science. 4th Int'l Conf. on Pattern Recognition and Machine Intelligence, 2011. Pp 66–73.

Иллюстрации



Зависимость корреляции от зашумленности и длины выборки.

О количестве аттракторов и индексах состояний в динамической системе двоичных векторов, ассоциированных с ориентациями цикла

Жаркова Анастасия Владимировна

Аспирант

Саратовский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского
компьютерных наук и информационных технологий, Саратов, Россия

E-mail: VAnastasiyaV@gmail.com

Под конечной динамической системой понимается пара (S, δ) , где S — конечное непустое множество, элементы которого называются состояниями системы, $\delta: S \rightarrow S$ — отображение множества состояний в себя, называемое эволюционной функцией системы. Каждой конечной динамической системе сопоставляется карта — граф с множеством вершин S и дугами, проведенными из каждой вершины $s \in S$ в вершину $\delta(s)$. Компоненты связности графа, задающего динамическую систему, называются её бассейнами. Каждый бассейн представляет собой контур с входящими в него деревьями. Контур называется предельным циклом, или аттрактором. В [2] введены динамические системы бесконтурных графов следующим образом: каждому такому графу заданной размерности сопоставляется граф, полученный из него переориентацией всех дуг, входящих в стоки.

Основными проблемами теории конечных динамических систем являются задачи отыскания различных параметров системы без проведения динамики. К их числу относятся количество аттракторов в динамической системе заданной размерности, индекс состояния (расстояние до аттрактора того бассейна, которому принадлежит состояние). Автором составлены программы для ЭВМ, позволяющие вычислять различные параметры динамических систем двоичных векторов, ассоциированных с некоторыми типами графов (в частности, свидетельство РОСПАТЕНТа 2009614409, зарегистрировано 20 августа 2009 г.).

В настоящем сообщении подсчитывается количество аттракторов в динамической системе, ассоциированной с ориентациями цикла длины n , $n > 2$, которые естественным образом кодируются двоичными векторами размерности n (см. [1]). Также предлагается эффективный алгоритм подсчёта индекса состояния данной системы, доказываются его корректность и определяется максимальный из индексов.

Пусть B^n обозначает совокупность всех двоичных векторов размерности n , $n > 2$.

Теорема 1. *Количество аттракторов в динамической системе двоичных векторов (B^n, θ) , ассоциированных с ориентациями цикла длины n , $n > 2$, равно*

$$\sum_{d|n} k(d),$$

где

$$k(d) = \begin{cases} 1, & \text{если } d = 2; \\ \frac{2}{d} \sum_{d'|d} \mu\left(\frac{d}{d'}\right) \cdot (\text{Fib}(d' - 1) + \text{Fib}(d' + 1)), & \text{если } d \neq 2, \end{cases}$$

где $\mu(n)$ — функция Мёбиуса, $\text{Fib}(n)$ обозначает n -й элемент числовой последовательности Фибоначчи.

Теорема 2. *Динамическая система двоичных векторов (B^n, θ) , ассоциированных с ориентациями цикла длины n , $n > 2$, имеет максимальный индекс, равный $\frac{n-1}{2} - 1$, при нечетном n и $\frac{n}{2} - 1$ при четном n .*

Литература

1. Власова А.В. Ветвления в конечной динамической системе (B^n, θ) // Научные исследования студентов Саратовского государственного университета: Материалы итог. студ. науч. конф. Саратов, 2008. С. 57–58.
2. Barbosa V.C. An atlas of edge-reversal dynamics. London, 2001.

Параллельные реализации крестового метода интерполяционного приближения матриц и ТТ-крестового метода интерполяционного приближения тензоров.

Желтков Дмитрий Александрович

Студент

Факультет ВМК МГУ имени М.В.Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: 7342316@mail.ru

Метод крестовой интерполяции даёт возможность получать мало-ранговое приближение матриц, вычислив лишь небольшое число элементов ([1], [2], [3]). Так, для построения приближения ранга r матрицы размера $m \times n$ требуется вычислить $O((m+n)r)$ её элементов, при этом общее число операций оценивается как $O((m+n)r)M + O((m+n)r^2)$, где M — сложность вычисления одного элемента матрицы. Обычно крестовый метод используется для матриц, представленных как функция от двух целочисленных аргументов. Он особенно полезен для очень больших матриц и (или) в случае, когда вычисление каждого элемента матрицы достаточно сложно. Например, метод активно применяется при численном решении интегральных уравнений [2].

Открытие ТТ-формата для многомерных массивов (тензоров) дало возможность хранить громадные по числу элементов тензоры в

виде относительно небольших ТТ-разложений [4]. В случае ограниченных ТТ-рангов объём памяти для хранения разложения зависит от размера исходного тензора логарифмически. В связи с «проклятием размерности» для тензоров метод, позволяющий получить малопараметрическое представление не используя всех элементов, ещё более необходим, чем для матриц. Это обусловило появление ТТ-крестового метода [5]. Для тензора размерности d и размером по каждому измерению n данный метод позволяет получить приближение в ТТ-формате, используя всего $O(dnr^2)$ элементов исходного тензора. Общая сложность данного метода есть $O(dnr^2)T + O(dnr^3)$ операций, где T – количество операций для вычисления одного элемента тензора. Несмотря на логарифмическую сложность ТТ-крестового метода, вычислительная работа может быть значительной по ряду причин: высокой сложности вычисления элемента тензора, больших рангов, больших размеров по некоторым направлениям. Кроме того, возможны проблемы с нехваткой оперативной памяти для хранения приближения. Таким образом, возникает задача параллельной реализации крестового и ТТ-крестового методов.

В данной работе были созданы эффективные параллельные реализации крестового метода интерполяции матриц и ТТ-крестового метода приближения тензоров: *OpenMP* для систем с общей памятью и гибридная *MPI+OpenMP* для систем с разделённой памятью. Количество параллельных шагов реализованного алгоритма крестовой аппроксимации равно $O(r)M + O(r^2)$. Для ТТ-крестового метода количество параллельных шагов – $O(r)Td + O(r^3)d$. В обоих случаях все *MPI*-взаимодействия процессоров для гибридной *MPI+OpenMP* реализации коллективные, и их количество равно $O(r)$ и $O(r)d$, соответственно.

Приведём пример работы *OpenMP* версии ТТ-крестового метода для функции модели Вольтерра (используется в телекоммуникациях, [6]). Это комплекснозначная функция от 11 комплексных переменных, каждая из которых была дискретизирована на полярной сетке с 256 точками. Таким образом, получился 22-мерный тензор, с размером 256 по каждому направлению, т. е. общим числом элементов равным $256^{22} = 2^{176} \approx 10^{53}$. Тензор приближался с параметром точности равным 10^{-4} , в ходе аппроксимации было вычислено всего 3241181 элемент тензора, для хранения приближения в ТТ-формате используется только 500736 ячеек памяти. Аппроксимация при использовании 8 потоков находится за 19.91 секунды, а при использовании одного потока – за 156.22 секунды. Полученное ускорение – 7.6 раз, т.е. 95% от максимально возможного.

Литература

1. S. A. Goreinov, E. E. Tyrtyshnikov, N. L. Zamarashkin, A Theory of Pseudoskeleton Approximations. // Linear Algebra Appl., 1997,

- 261, pp. 1-21.
2. Tyrtyshnikov E.E., Incomplete Cross Approximation in the Mosaic-Skeleton Method. // Computing, 2000, v.64, N 4, pp. 367-380.
3. Goreinov S.A., Tyrtyshnikov E.E., The maximal-volume concept in approximation by low-rank matrices. // Contemporary Mathematics, 2001, Vol. 208, pp. 47-51.
4. Oseledets I. V., Tyrtyshnikov E. E. Breaking the curse of dimensionality, or how to use SVD in many dimensions // SIAM J. Sci. Comput. 2009. Vol 31, 5. P. 3744-3759.
5. I. V. Oseledets, E. E. Tyrtyshnikov. TT-cross approximation for multidimensional arrays // Linear Algebra and Applications. 2010. V. 432, no. 1. P. 70-88
6. Ling Liu, Liangchuan Li, Yuanda Huang, Kai Cui, Qianjin Xiong, Hauske, F.N., Changsong Xie, Yi Cai. Intrachannel Nonlinearity Compensation by Inverse Volterra Series Transfer Function // IEEE/OSA Journal of Lightwave Technology, V. 30 i. 3, P. 310-316.

Построение одномерного скелета пространственного объекта с использованием скелетов плоских проекций

Зимовнов Андрей Вадимович

Студент

Факультет ВМК МГУ имени М.В.Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: zimovnov@gmail.com

1D-скелетом (curve-skeleton) трехмерного объекта называют структуру, составленную из одномерных многообразий в \mathbb{R}^3 , которая хорошо описывает упрощенные версии геометрии и топологии исходного 3D-объекта. Задача построения 1D-скелета является одной из фундаментальных задач в области компьютерной графики. 1D-скелеты находят применения во многих задачах, в которых необходим анализ формы объекта, таких как создание анимации объекта, трансформация и сегментация объекта [3].

Существующие методы построения 1D-скелета непосредственно анализируют модель в 3D. Использование скелетов плоских проекций может значительно увеличить скорость построения 1D-скелета, так как для плоских скелетов разработаны высокоэффективные методы построения [1].

В данной работе предложен метод построения 1D-скелета полигональной модели с использованием скелетов плоских проекций. Предлагается по стереопаре плоских проекций объекта идентифицировать пары соответственных точек 1D-скелета в пространстве, используя эпиполярную геометрию [2]. Решение задачи не вызывает

затруднений в случае отсутствия окклюзий объекта на плоских проекциях, однако не всегда можно обойтись лишь такими проекциями. Будем рассматривать случай с наличием окклюзий на изображениях стереопары.

При фиксированной точке обзора ребрами перегиба полигональной модели будем называть ребра, смежные треугольники которых имеют нормали, направленные в разные стороны от наблюдателя. Ребрами «внешнего» перегиба будем называть ребра перегиба, у которых нормаль ближнего к наблюдателю треугольника направлена на наблюдателя.

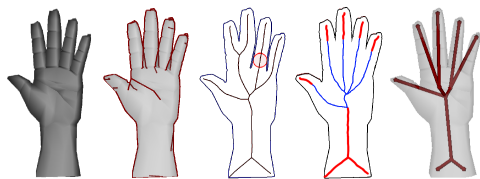
На основе разбиения ребер «внешнего» перегиба в пространстве на связные структуры можно определить «надрезы» для выделения структурных элементов объекта. На Рис. 1 (б) такими элементами пространственной модели ладони являются пальцы. Поочередно выделяя «надрезами» каждый элемент объекта, строим набор плоских скелетов, в каждом из которых выделен элемент объекта. Осталось объединить найденные плоские скелеты в один. Сначала предлагается найти общую часть всех скелетов и добавить ее в результирующий скелет. Далее предлагается достраивать скелет поочередным добавлением в него ветвей, соответствующих элементам объекта.

Эксперименты показали принципиальную реализуемость такого подхода, однако остается решить ряд проблем, таких как выбор стереопар плоских проекций, фильтрация шума на поверхности модели, и других.

Литература

1. Местецкий Л.М. Непрерывная морфология бинарных изображений: фигуры, скелеты, циркуляры. М., 2009.
2. Местецкий Л.М., Цискаридзе А. Пространственная реконструкция локально симметричных объектов по силуэтным изображениям // Материалы конференции GraphiCon, 2008.
3. Cornea N.D. Curve-skeleton applications // IEEE Visualization, 2005. С. 95–102.

Иллюстрации



(а) модель руки, (б) ребра внешнего перегиба, (в) разрез проекции, (г) восстановленный плоский скелет (жирные ветви составляют общую часть всех скелетов, тонкие ветви собраны из скелетов перекрывающихся элементов), (д)

1D-скелет

Согласование иерархической тематической модели с внешним рубрикаторм

Исупова Ольга Олеговна

Студент

Факультет ВМК МГУ имени М.В.Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: ihoho89@gmail.com

Вероятностные тематические модели, такие как PLSA (вероятностный латентный семантический анализ) или LDA (латентное размещение Дирихле) широко применяются для выявления тематики в больших коллекциях научных документов. Они позволяют оценивать условные вероятности $p(w|t)$ того, что термин w относится к теме t , и условные вероятности $p(t|d)$ того, что термины документа d относятся к теме t . Иерархические тематические модели наряду с этим восстанавливают отношение «общее–частное» между темами. Число уровней иерархии и число тем в каждом узле либо задаётся априори с помощью внешнего рубрикатора, либо определяется исходя из статистических свойств коллекции документов. В первом случае рубрикаторм может оказаться неполным, субъективным или устаревшим. Во втором случае статистические закономерности коллекции могут противоречить общепринятым представлениям о структуре предметной области; кроме того, возникает проблема интерпретации и наименования каждой темы.

Предлагается итерационный метод согласования иерархических моделей PLSA и LDA с внешним рубрикаторм. Для коллекции научных документов рассматривается подмножество рубрикатора УДК. Первоначально структура иерархии определяется рубрикаторм и используется информация о принадлежности некоторых документов определённым рубрикам. Модель выявляет случаи, когда структура рубрикатора не согласуется со статистическими свойствами коллекции. Рассматриваются следующие типы несогласия: раздел неоднороден и должен быть разбит на подразделы; подразделы однородны и могут быть объединены в новый раздел; документ или раздел может быть отнесён к другим подразделам, возможно, одновременно к нескольким. Для проверки этих условий используются статистические критерии согласия и однородности для мультиномиальных распределений. Для выявления отношения «общее–частное» между темами используется расстояние Кульбака–Лейблера между распределениями вида $p(w|t)$ [1]. Выявленные несогласия предъявляются экспертам в виде списка, ранжированного по «степени несогласия». Изменения в структуру иерархии вносятся только в том случае, когда эксперты их подтверждают, что позволяет отслеживать актуальность структуры, избегая произвольных изменений, которые могла бы допустить модель в случае полностью автоматического режима работы.

Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках Государственного контракта 07.524.11.4002.

Литература

1. Wei W., Barnaghi P. M., Bargiela A. Probabilistic topic models for learning terminological ontologies // IEEE Trans. on Knowl. and Data Eng. — 2010. — Vol.22, No.7. — Pp.1028–1040.
2. Zavitsanos E., Paliouras G., Vouros G. Non-parametric estimation of topic hierarchies from texts with hierarchical Dirichlet processes // Journal of Machine Learning Research. — 2011. — No.12. — Pp.2749–2775.

Предсказание связности графа

Кириллов Александр Николаевич

Студент

Факультет ВМК МГУ имени М.В.Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: arhipisk@gmail.com

Задача предсказания связности графа (Link Prediction Problem) — относительно новая проблема для анализа данных. Она быстро набирает популярность в связи с активным развитием и исследованием социальных сетей. На данный момент уже разработан ряд методов, которые активно используются при её решении.

В общем виде задача ставится как предсказание появления новых ребер в динамически изменяющемся графе, более строго — дан граф $G =$ в дискретные моменты времени $t = t_0, t_1, \dots, t_n$, требуется предсказать, каким будет граф в момент времени t_{n+1} . Такой динамический граф легко интерпретируется как модель социальной сети, где множество вершин это пользователи, а множество ребер это дружеские связи между ними. Основной проблемой задачи является большой размер данных, что требует разработки эффективных с точки зрения производительности методов.

Целью работы являлся поиск новых методов, которые позволяют улучшить качество решения. Исследования проводились на реальных данных социальной сети flickr, предоставленных для проведения международного конкурса «IJCNN Social Network Challenge» компании KAGGLE [3]. В исследуемом графе более 1-го миллиона вершин и около 7-ми миллионов ребер. Целью конкурса было упорядочить набор из пар вершин по вероятности возникновения ребра между ними в ближайшем будущем. Функционалом качества решения являлся AUC (площадь под ROC-кривой).

Для построения признакового пространства использовались классические признаки, такие как коэффициент Жаккара, коэффициент Adamic/Adar, Katz, PageRank и другие методы, описанные в [2]. Результирующий вектор — линейная комбинация этих признаков, настроенная с помощью алгоритма «LENKOR» [1]. Два раз-

личных подхода позволяют расширить признаковое пространство и существенно улучшить результат. Первый подход является обобщением идеи использования количества общих соседей: вершины x и y соединены, если между множеством вершин смежных с x и множеством вершин смежных с y большое количество ребер. Второй подход эксплуатирует гипотезу о том, что вершины соединены ребром, если уже соединены похожие на них. Для данного подхода была использована техника коллаборативной фильтрации.

Нам удалось выделить ряд новых признаков, которые в комбинации с классическими методами значительно улучшают качество решения. Топология динамического графа позволяет с большой точностью предсказывать появление новых связей. Итоговый результат — AUC = 0.94.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект 12-07-00187-а.

Литература

1. D'yakonov A. Two Recommendation Algorithms Based on Deformed Linear Combinations // ECML-PKDD 2011 Discovery Challenge Workshop. 2011. Pp. 21-27.
2. Liben-Nowell D., Kleinberg J. The Link Prediction Problem for Social Networks // Society for Information Science and Technology. 2007. Vol. 58. No. 7. Pp. 1019-1031.
3. Kaggle: <http://www.kaggle.com/c/socialNetwork>

Прогнозирование вероятности кликов на новые рекламные объявления

Колесников Александр Александрович

Студент

Факультет ВМК МГУ имени М.В.Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: alekkolesnikov@gmail.com

Основным источником прибыли поисковых систем является контекстная реклама. Главная задача системы показов контекстной рекламы — это отбор баннеров для размещения на странице, которую просматривает пользователь. Целью такого отбора является максимизация прибыли поисковой системы и эффективности рекламы для рекламодателей. Ключевой величиной, используемой в алгоритмах отбора баннеров, является вероятность клика на баннер, при условии что он будет показан конкретному пользователю на конкретной web-странице. Если баннер собрал достаточно большую статистику показов, то вероятность клика по нему можно оценить как отношение количества кликов к количеству показов, и затем скорректировать эту оценку с учетом доступной информации о пользователе и контексте web-страницы, на которой он показывается. Если

же баннер новый или имеет слишком короткую историю показов, то предсказание вероятности клика по нему усложняется. В работе рассматривается подход, позволяющий оценивать стартовую вероятность кликов на новые баннеры.

С каждым баннером связан текст, который видит пользователь, и множество фраз, по которым производится отбор баннеров: если пользовательский запрос полностью содержит фразу баннера, то баннер становится кандидатом на показ. Задача состоит в том, чтобы оценить стартовую вероятность клика для каждой пары баннер-фраза. Предлагается регрессионная модель, использующая около 20 признаков следующих типов: средние частоты кликов по баннерам со схожими текстами и фразами, которые набрали значимую статистику; оценки релевантности фразы баннера его тексту; количество слов во фразе; репутация домена, на который ссылается баннер. Кроме того, используется более 100 бинарных признаков присутствия определённых слов во фразе баннера. Признаки для регрессионной модели отбирались с учетом совокупности критериев, оценивающих их полезность для модели. Регрессионная модель для предсказания стартовой вероятности клика строится на основе градиентного бустинга над деревьями регрессии. Целевой функцией при построении модели является частота кликов по баннерам, которые показывались в системе. Предложенная модель показала значительное улучшение качества предсказания вероятности кликов на баннеры по сравнению с базовой моделью, в которой всем парам баннер-фраза приписывалась одна из нескольких констант. Линейная корреляция между прогнозом и вероятностью клика выросла на 75% по сравнению с базовой моделью. Обучение модели производилось на четырех миллионах баннеров, собранных из статистики показов. Данные для исследования предоставлены ООО Яндекс.

Выражаю благодарность своему научному руководителю, Воронцову Константину Вячеславовичу, и группе оптимизации рекламы в компании Яндекс за помощь в проведении исследования.

Литература

1. Regelson M., Fain D. Predicting click-through rate using keyword clusters. In Proceedings of the Second Workshop on Sponsored Search Auctions, 2006. — Vol. 9623.
2. Richardson M., Dominowska E., Ragno R. Predicting clicks: estimating the click-through rate for new ads. In Proceedings of the 16th international conference on World Wide Web, pages 521–530. ACM, 2007.

Обучаемые алгоритмы выделения ссылок в научных документах

Полежаев Валентин Александрович

Студент

Факультет ВМК МГУ имени М.В.Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: valentin.polezhaev@gmail.com

Автоматическое построение графа цитирований по коллекции научных документов требует решения следующей последовательности задач: (1) выделение одного или нескольких блоков библиографии в документе, (2) разбиение каждого блока на отдельные ссылки, (3) выделение в каждой ссылке полей авторов, названия и т.д., (4) идентификация ссылок и выявление ссылок-дубликатов. Известно, что применение методов машинного обучения — классификации, кластеризации, условных случайных полей CRF [2] для решения задач (3, 4) повышает качество распознавания цитирования по сравнению с простыми эвристическими методами. В то же время, для решения задач (1, 2) принято использовать «инженерный подход», что вполне оправдано для относительно небольших однородных коллекций. В данной работе для решения задач (1, 2) предлагаются методы классификации, ориентированные на обработку больших мультидисциплинарных мультязычных коллекций, содержащих документы различных форматов и жанров.

Объектами в задаче классификации (1) являются строки текста. Признаками являются информативные характеристики строки, например, число чисел, число символов-разделителей, наличие определённых ключевых слов, наличие четырёхзначного числа, похожего на год, и т.д. Классов два — строка принадлежит или нет блоку библиографии. Для решения проблемы разрезанных строк используется суммирование признаков в скользящем окне, охватывающем несколько соседних строк. Предлагается метод оптимизации ширины окна. Для выделения блоков библиографии используется вторичная классификация на основе результатов базовой классификации. Объектами в задаче классификации (2) также являются строки текста; классов два — начало новой ссылки или продолжение предыдущей.

Для решения задач классификации предлагается использовать решающие деревья, их композиции и модель CRF. Все методы явным образом учитывают зависимости между последовательными строками. Рассматриваются также инкрементные решающие деревья и их композиции [1]. Их применение позволяет минимизировать затраты времени на разметку обучающих выборок благодаря тому, что эксперты размечают только те объекты, на которых алгоритм классификации допустил ошибку.

Предварительные эксперименты на коллекции разнородных документов, составленной из авторефератов ВАК, статей из англо-

язычных журналов, докладов с различных конференций, показывают, что предложенные методы позволяют добиться высокого качества распознавания строк библиографии (порядка 97%), не достигимого при использовании чисто эвристического подхода без обучения по прецедентам.

Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках Государственного контракта 07.524.11.4002.

Автор выражает благодарность своему научному руководителю д.ф.-м.н. К.В. Воронцову за советы и конструктивные замечания.

Литература

1. Кудинов П. Ю., Полежаев В. А. Композиция случайных инкрементных деревьев и восстановление структуры таблиц // Бизнес-информатика. 2011. Т.18. No. 4. С.39–46.
2. Lafferty, J., McCallum, A., Pereira, F. Conditional random fields: Probabilistic models for segmenting and labeling sequence data // Proc. 18th International Conf. on Machine Learning. Morgan Kaufmann. 2001. С.282–289.

Количество (k,l) -сумм в группах простого порядка

Саргсян Ваге Гнелович

Аспирант

Факультет ВМК МГУ имени М.В.Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: vahe_sargsyan@yandex.ru

Пусть \mathbf{Z}_p – группа вычетов по простому модулю p , а $k \geq 0$ и $l \geq 0$ целые числа, удовлетворяющие условию $k + l \geq 2$. Для всякого $B \subseteq \mathbf{Z}_p$ и любых целых чисел $k \geq 0$ и $l \geq 0$, удовлетворяющих условию $k + l \geq 2$, положим $kB - lB = \{x_1 + \dots + x_k - x_{k+1} - \dots - x_{k+l} : x_1, \dots, x_{k+l} \in B\}$. Подмножество $A \subseteq \mathbf{Z}_p$ называется (k,l) -суммой, если существует подмножество $B \subseteq \mathbf{Z}_p$ такое, что $A = kB - lB$. Семейство всех (k,l) -сумм в группе \mathbf{Z}_p обозначим через $\mathbf{SS}_{k,l}(\mathbf{Z}_p)$. В 2004 г. Б. Грин (B. Green) и И. Ружа (I. Ruzsa) [2] получили асимптотику логарифма числа $|\mathbf{SS}_{2,0}(\mathbf{Z}_p)|$. В работе получена асимптотика логарифма числа $|\mathbf{SS}_{k,l}(\mathbf{Z}_p)|$ при $k + l = 2$.

Пусть p – простое число, а $k \geq 0$ и $l \geq 0$ целые числа, удовлетворяющие условию $k + l = 2$. Тогда выполняются неравенства

$$p^2 2^{p/3} \ll |\mathbf{SS}_{k,l}(\mathbf{Z}_p)| \leq 2^{p/3 + \varepsilon(p)}$$

где $\varepsilon(p)/p \rightarrow 0$ при $p \rightarrow \infty$ и $\varepsilon(p) \ll p(\log \log p)^{2/3}(\log p)^{-1/9}$.

В работе использована следующая литература [1–4].

Литература

1. Сапоженко А.А. Проблема Дедекина и метод граничных функционалов. М., 2009.

2. Green B., Ruzsa I. Counting sumsets and sum-free sets modulo a prime // Studia Sci. Math. Hungarica. 2004. 41. P. 285–293.
3. Nathanson M.B. Additive number theory: Inverse problems and the geometry of sumsets, Graduate Texts in Mathematics 165. Berlin, Heidelberg, New York; Springer-Verlag, 1996.
4. Pollard J.M. A generalization of the theorem of Cauchy and Davenport // J. London Math. Soc. 1974. 8. N 2. P. 460–462.

Оценки вероятности переобучения и комбинаторные отступы объектов в задачах классификации

Соколов Евгений Андреевич

Студент

Факультет ВМК МГУ имени М.В.Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: sokolov.evg@gmail.com

Переобучением в задачах классификации называют ситуацию, когда частота ошибок алгоритма классификации на обучающей выборке существенно меньше частоты его ошибок на независимой контрольной выборке. В комбинаторном подходе [1] рассматривается множество объектов $\mathbb{X} = \{x_1, \dots, x_L\}$ и семейство алгоритмов \mathbb{A} . Каждый алгоритм a порождает бинарный вектор ошибок $\vec{a} = (a_1, \dots, a_L)$, где $a_i = 1$ означает, что алгоритм a ошибается на объекте x_i . Рассматривается граф Хассе естественного отношения порядка на множестве векторов ошибок. Истоки этого графа соответствуют лучшим алгоритмам. Для каждой вершины графа вводятся две количественные характеристики – *связность*, равная числу исходящих рёбер, и *расслоение*, характеризующее удалённость вершины от истоков графа. Эти характеристики используются в комбинаторной оценке вероятности переобучения, благодаря чему она оказывается на порядок точнее классических оценок Вапника–Червоненкиса. Для приближённого вычисления оценки расслоения–связности достаточно перебрать вершины нескольких нижних слоёв графа, что позволяет непосредственно применять её на практике.

В данной работе вводится понятие *комбинаторного отступа* $d(x_i)$ объекта x_i . Это минимальное число объектов, на которых необходимо «испортировать» ответ одного из лучших алгоритмов, чтобы классификация объекта x_i изменилась. Комбинаторный отступ тем меньше, чем ближе x_i к границе классов. Классическое понятие отступа объекта, широко используемое в теории классификации, имеет схожую интерпретацию, но определяется из геометрических соображений.

Доказано, что если в графе из вершины a выходит ребро, соответствующее объекту x_i , то вклад алгоритма a в оценку расслоения–связности экспоненциально убывает с ростом $d(x_i)$. Если $d(x_i) = t$,

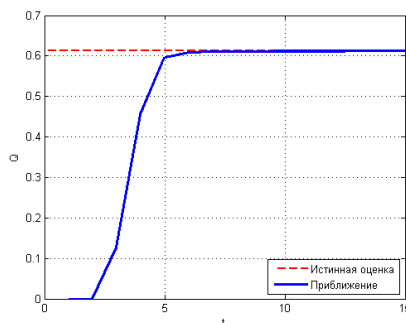
то объекту x_i могут соответствовать только рёбра графа, выходящие из вершины слоя $(t - 1)$ или выше. Отсюда следует, что если из графа удалить все ребра, соответствующие объектам с отступом не меньше t , то нижние t слоёв не будут нарушены. Таким образом, зная отступы всех объектов, можно упростить граф и эффективно вычислить приближённые оценки расслоения–связности.

Численные эксперименты проводились с семейством линейных классификаторов. На рис. 1 представлены точная оценка и её приближения при различных значениях t для выборки из $L = 100$ объектов. Вычисление точной оценки по всему графу заняло 1 час, тогда как для вычисления приближения с $t = 5$ потребовалось всего 4 секунды.

Литература

1. Воронцов К.В. Комбинаторная теория переобучения: результаты, приложения и открытые проблемы // 15-ая Всеросс. конф. Математические методы распознавания образов. М.: МАКС Пресс, 2011. С. 40–43.

Иллюстрации



Зависимость приближённой оценки вероятности переобучения от t .

Линейная комбинация случайных лесов в задаче предсказания релевантности документов

Фигурнов Михаил Викторович

Студент

Факультет ВМК МГУ имени М.В.Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: michael@figurnov.ru

В работе представлен метод ранжирования документов по пользовательскому поведению, который был разработан для конкурса Интернет-математика «Relevance Prediction Challenge» [3] и занял

там второе место из 85 участников (лучший результат среди российских команд). Поискковые системы выдают по запросу пользователя документы, ранжированные по убыванию релевантности (степени соответствия) документа запросу. Ранжирование производится на основе данных о документе. Для настройки параметров алгоритма ранжирования используется обучающая выборка, содержащая оценки релевантности для части документов. Особенности задачи соревнования:

1. Данные представляют собой обезличенные поисковые логи. Строки лога соответствуют действиям пользователей в сессиях.
2. Данные имеют достаточно большой объем (размер 16 ГБ, 340,8 млн. действий) и зашумлены.
3. Используется нестандартный функционал качества (средний AUC [3]).

Для решения задачи было использовано множество из 43 признаков документа, основанных на показах, истории кликов и времени. Примеры признаков: средняя позиция в выдаче поисковой системы, вероятность последнего в сессии клика, среднее время, потраченное на просмотр документа. Поскольку требуется упорядочить документы по релевантности, применён попарный (pair-wise) подход: рассматриваются признаки пар документов из одного запроса и ставится задача предсказания разности оценок релевантностей этих документов (т.е. какой из документов лучше подходит к запросу). В этой задаче естественно оптимизировать среднеквадратичную ошибку. Для этого мы используем случайные леса [1], которые хорошо зарекомендовали себя при решении других задач с зашумлёнными данными, например, кредитного скоринга. Исходная обучающая выборка разбивается на обучающую и валидационную выборку. На подгруппах признаков обучающей выборки создаются 28 случайных лесов. Парные оценки релевантности каждого леса для валидационной и тестовой выборки переводятся в оценки релевантности отдельных документов. Затем применяется идея метода «LENKOR» [2]: оценки различных лесов объединяются в линейную комбинацию с неотрицательными коэффициентами. Её параметры настраиваются методом покоординатного спуска с убывающим шагом для достижения максимального функционала качества исходной задачи на валидационной выборке. Ответы на тестовой выборке усредняются с полученными коэффициентами. Предложенный метод позволил решить задачу с нестандартным функционалом качества и зашумлёнными данными. Оценки релевантности, полученные предложенным методом, можно использовать в поисковых системах для улучшения ранжирования документов.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект 12-07-00187-а.

Литература

1. Breiman L. Random Forests // Machine Learning. 2001. Vol. 45. Pp. 5-32.
2. D'yakonov A. Two Recommendation Algorithms Based on Deformed Linear Combinations // ECML-PKDD 2011 Discovery Challenge Workshop. 2011. Pp. 21-27.
3. Интернет-математика «Relevance Prediction Challenge»: <http://imat-relpred.yandex.ru/>

Методы агрегации метрических описаний на основе оптимальной матричной факторизации

Суворов Михаил Андреевич

Студент

Факультет ВМК МГУ имени М. В. Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: suvorov_m90@mail.ru

В распознавании, прогнозировании широко используют меры сходства между объектами. В связи с этим возник целый комплекс приемов для работы с метрическими конфигурациями. Интенсивно развиваются преобразования и методы синтеза, выявляющие скрытые структуры и закономерности [1].

В работе рассматриваются методы агрегации метрических описаний на основе оптимальной матричной факторизации. Исходные данные, используемые при решении задачи верификации, оказались не слишком пригодными для анализа. Было решено использовать знания о различиях между объектами. При этом векторное описание становится метрическим.

Для агрегирования описаний используют, например, метод главных компонент или метод неотрицательной матричной факторизации, предложенный Ли и Сёнгом [4]. Эти методы были модифицированы так, чтобы учитывать особенности метрических описаний.

Значения метрик на выборке образуют метрические конфигурации [1]. Из них составим матрицу \tilde{P} , по которой методами матричной факторизации получим две матрицы F, W меньшего ранга. Хотелось, чтобы в матрице F также были записаны метрические конфигурации. Качество проектирования оценивается привычно, при помощи матричной нормы Фробениуса:

$$\|\tilde{P} - FW\| \longrightarrow \min_{F,W}.$$

109

Известна также постановка задачи со свободным членом:

$$\|\tilde{P} - W_0 - FW\| \longrightarrow \min_{F, W_0, W}.$$

Метод МГК был модифицирован Найденовым [2]. За счет изменения свободного удалось добиться «метричности» векторов, составляющих матрицу F , без потери качества разложения. Однако этот метод гарантирует выполнение метрических свойств только на конечной обрабатываемой выборке.

В данной работе на основе метода главных компонент была построена модель, гарантирующая для новых конфигураций, получаемых в результате агрегирования, выполнение метрических свойств для генеральной совокупности. Если модифицировать функционал в методе МГК:

$$Q(V, W) = \frac{1}{2} \|P - PVW\|^2,$$

и потребовать неотрицательности коэффициентов в матрице V , то в матрице PV обязательно будут записаны значения метрик. Приходим к задаче условной оптимизации [3]

$$Q(V, W) = \frac{1}{2} \|P - PVW\|^2 \longrightarrow \min_{V \geq 0, W}.$$

Задачу предложено решать методом проекции градиента. Предложенный метод находит одно и то же оптимальное значение функционала, независимо от начального приближения, совпадающее с оптимальным значением классической задачи МГК.

Литература

1. А.И.Майсурадзе. Об оптимальных разложениях конечных метрических конфигураций в задачах распознавания образов // Ж. вычисл. матем. и матем. физ. 2004. Том 44. №9. С. 1697-1707.
2. Н.А.Найденов. Исследование метрического аналога метода главных компонент // Сборник статей молодых ученых факультета ВМК МГУ. 2010. №7. С. 60-69.
3. A. Cichocki, R. Zdunek, A. H. Phan, S.-I. Amari. Nonnegative matrix and tensor factorizations. John Wiley & Sons Inc, 2009.
4. D. D. Lee, H. S. Seung. Algorithms for Nonnegative Matrix Factorization. MIT Press, 2001.

110

Метод отбора N -грамм для формирования лексикона коллекции текстовых документов

Царьков Сергей Валерьевич

Аспирант

Факультет инноваций и высоких технологий Московского

физико-технического института, Москва, Россия

E-mail: s.v.tsarkov@gmail.com

Для тематического моделирования большой коллекции документов необходимо сформировать словарь ключевых фраз, которые могли бы характеризовать тематику документов. Процесс выделения ключевых фраз включает этап ранжирования N -грамм — фраз из N слов — с последующим составлением списка из k фраз, наиболее «весомых» по некоторому критерию [2], например C -value [1].

С помощью морфологического словаря и базы правил образования словосочетаний из текста выделяются только те N -граммы, между словами которых существуют синтаксические связи. Для построения N -грамм производится объединение $(N - 1)$ -грамм с синтаксически связанными с ними 2-граммами. В результате строится лексикон коллекции документов — словарь фраз, хранящий также их статистические характеристики. Эксперименты показывают, что объем лексикона быстро растёт по мере добавления документов, главным образом за счет фраз, не являющихся ключевыми. Для сокращения лексикона предлагается отбрасывать фразы, встречающиеся в документе менее t раз. Так как фраза не может встречаться чаще, чем её часть, для построения N -грамм можно использовать только $(N - 1)$ -граммы, встречающиеся в документе не менее t раз, что позволяет повысить скорость построения лексикона.

Целью работы является исследование влияния параметра t на объём и качество лексикона. Эксперименты проводились на коллекции из 2000 русскоязычных документов. Было получено 3 лексикона при $t = 1, 2, 3$. Для каждого лексикона и каждого документа был составлен список $k = 100$ лучших N -грамм, ранжированных по критерию C -value. Точность списка b оценивалась как доля его фраз, входящих в эталонный список e , полученный при $t = 1$. Кроме того, оценивалась средняя ошибка ранжирования списка b :

$$PE(b) = \frac{1}{|b|} \sum_{s \in b} |p(s, e) - p(s, b)|,$$

где $p(s, b)$ — позиция фразы s в списке b . Общая ошибка ранжирования PE лексикона оценивалась как среднее PE по всем документам.

При $t = 1$ объём лексикона 5 066 852 фраз. При $t = 2$ объём сокращается в 5 раз (904 588), при этом точность 81%, $PE = 10,56$. При $t = 3$ объём 352 920, точность 68%, $PE = 33,15$.

Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках Государственного контракта 07.524.11.4002.

Литература

1. Frantzi K., Ananiadou S., Mima H. Automatic recognition of multiword terms: the C-value/NC-value method // Intl. J. of Digital Libraries Vol. 3 Issue 2, 2000, p. 117-132.
2. Hussey R., Williams S., Mitchell R. Automatic keyphrase extraction: a comparison of methods // In Proc. of the 4th International Conference on Information, Process, and Knowledge Management, 2012, p. 18-23.

Задача выбора пути в ориентированном графе при неполной информации

Черепова Александра Евгеньевна

Аспирант

Факультет ВМК МГУ имени М.В.Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: ae.cherepova@gmail.com

В ситуации массовой автомобилизации подавляющее большинство участников дорожного движения любого города составляют легковые автомобили, совершающие преимущественно маятниковые поездки: место проживания — место работы. Как правило, водители легкового транспорта независимо друг от друга выбирают маршруты следования, каждый стремится достигнуть конечного пункта своей поездки как можно быстрее и из имеющихся возможных вариантов выбирает тот маршрут, при движении по которому он будет нести минимальные затраты (временные, финансовые, моральные и т.п.).

В работе построена математическая модель, основанная на предположении о наличии у участников движения лишь некоторой статистической информации о ситуации на дорогах. В рамках этой модели транспортная сеть описывается следующим образом: задана карта дорог — взвешенный ориентированный граф [2]. Полагается, что каждое ребро графа имеет некоторый заданный вес — цену прохождения соответствующего этому ребру участка дороги при свободном движении. При построении маршрута из точки A в точку B необходимо учитывать такой немаловажный фактор как наличие «пробок» на дорогах. Моделирование возможности возникновения «пробки» на участке дороги проведено следующим образом: возникновение пробки полагается бернуллиевской случайной величиной с неизвестным параметром $q(\theta)$. В случае наличия пробки на каком-либо участке маршрута полагается, что сложность прохождения этого участка увеличивается в два раза. Для получения оценок параметров случайной величины $q(\theta)$ используется метод «обучения»: в результате каждого нового проезда по маршруту (испытания) оценки

обновляются с учетом поступивших наблюдений. Для этого в работе используется понятие «сопряженного априорного распределения» и делается предположение о том, что чем старше информация, тем меньше к ней доверия [3].

Для предложенной модели была сформулирована и решена задача поиска управляющей стратегии и на основе методов динамического и линейного программирования [1] разработан алгоритм, реализованный в среде Matlab. Написано программное приложение и проведено моделирование, подтверждающее адекватность модели.

Литература

1. Беллман Р. Динамическое программирование. М., 1960.
2. Введение в математическое моделирование транспортных потоков. Учебное пособие под редакцией А.В.Гасникова. М., 2010.
3. A.C.G. Verdugo Lazo, P.N. Rathie. On the entropy of continuous probability distributions. IEEE Trans. Inf. Theory, IT-24:120–122, 1978.

Сравнительный анализ современных технологий измерения экспрессий генов

Шанин Иван Андреевич

Студент

Факультет ВМК МГУ имени М.В.Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: v08shanin@gmail.com

Экспрессия генов — один из важнейших процессов, составляющих основу жизнедеятельности клетки. Анализ экспрессии позволяет изучать и выявлять молекулярные механизмы, лежащие в основе различных процессов, протекающих в живых системах. Благодаря развитию биотехнологий, в последнее десятилетие стало возможным проведение полногеномных исследований, в которых одновременно собираются данные об экспрессии всех генов. В настоящее время широко используются два основных метода анализа — с помощью ДНК-микрочипов и РНК-секвенирования.

ДНК-микрочип представляет собой пластину с пробями — короткими участками ДНК, последовательность которых комплементарна известным участкам генов. После нанесения на микрочип препарата, содержащего фрагменты ДНК с флюоресцентными метками, происходит соединение последовательностей. Сканирование микрочипа позволяет измерить интенсивность свечения проб, и, таким образом, определить уровни экспрессии всех генов [2].

При анализе с помощью ДНК-микрочипов возникает ряд проблем. Во-первых, на этапе сканирования появляется фоновый шум, обусловленный погрешностью сканера. Во-вторых, имеет место кросс-гибридизация, то есть связывание молекул ДНК в препарате с пробями, комплементарными им лишь частично.

Другим способом измерения экспрессий генов является РНК-секвенирование. При использовании данной технологии происходит непосредственное считывание последовательностей всех фрагментов РНК, имеющихся в образце. Выравнивая миллионы считываемых фрагментов на геном, можно оценить концентрации РНК всех генов в препарате и получить оценки экспрессий. Поскольку в данном методе не используется ни гибридизация, ни флуоресценция, указанные выше проблемы, возникающие при анализе микрочипов, для него не характерны [3]. В свою очередь, проблемы секвенирования заключаются в том, что оценки экспрессий слабо активных генов являются смещёнными из-за неравномерности распределения фрагментов РНК [1].

В данной работе проведено сравнение двух описанных технологий. Использованы данные эксперимента, в котором одни и те же образцы была проанализирована с помощью ДНК-микрочипов и РНК-секвенирования. Исследована корреляция между оценками экспрессий генов, полученных этими двумя технологиями и эффект, который оказывают различные погрешности и технологические проблемы методов. Кроме того, исследовано влияние погрешности, возникающей при приготовлении препарата для РНК-секвенирования и влияние концентрации препарата на результат эксперимента.

Литература

1. J.C.Marioni et. al. RNA-seq: an assessment of technical reproducibility and comparison with gene expression arrays. // Genome Research, 2008, 18:1509-1517
2. Affymetrix Inc. Statistical Algorithms Description Document: www.affymetrix.com
3. Illumina Inc. RNA-Seq Data Comparison with Gene Expression Microarrays: www.illumina.com

Простой пороговый алгоритм обнаружения QRS-комплексов ЭКГ на основе фрактальной размерности

Чувиллина Елена Владимировна

Аспирант

*Факультет радиоэлектроники и информатики Рыбинский Государственный
Авиационный Технический Университет имени П.А. Соловьёва, Рыбинск,
Россия*

E-mail: elenabarkhonina@mail.ru

Структурно-сложные сигналы, как правило, поступают от сложных искусственных источников или от источников естественного происхождения. При их анализе возникают две задачи: задача обнаружения локальных неоднородностей и задача оценки моментов времени

их появления. Существуют различные функции сложности для их нахождения.

Рассматривается задача автоматического обнаружения QRS-комплексов по изменениям фрактальной размерности кардиограмм. В настоящее время для решения задачи обнаружения сердечного сокращения по сигналу ЭКГ широко используется алгоритм Пана и Томпкинса [2]. По оптимистическим оценкам он обеспечивает обнаружение не менее 95% QRS-комплексов.

Предложен следующий алгоритм обнаружения QRS-комплекса, основанный на расчете фрактальной размерности. Сигнал разбивается на перекрывающиеся блоки равной длины b (в отсчетах). Их количество равно целой части $l = 2N/b$, где N — длина (количество отсчетов) сигнала. Таким образом, сигнал раскладывается на элементарные участки равной длины со сдвигом на половину блока $b/2$:

$$s_0^{N-1} \rightarrow [e_0^{b-1}, e_{b/2}^{3b/2-1}, \dots, e_{ib/2}^{(i+2)b/2-1}, \dots, e_{(l-1)b/2}^{N-1}].$$

Для каждого блока $e_{ib/2}^{(i+2)b/2-1}$ рассчитывается размерность Минковского m_i [1] на основе соотношения: $\log N(\varepsilon) = \log c - \log \varepsilon$, где c — константа, $N(\varepsilon)$ — минимальное число клеток со стороной ε , необходимых для покрытия участка сигнала. В случае, когда отношение размерности к среднему значению $\sigma = |d_{i+1} - d_i|/\bar{d}$, превышает порог α , принимается решение о наличии QRS-комплекса.

Работа алгоритма исследовалась на реальных сигналах ЭКГ. Для блоков, не содержащих QRS-комплекс отношение изменения размерности к среднему изменению размерности на сигнале в среднем составляет чуть меньше единицы. Для блоков с QRS-комплексом это отношение больше единицы и варьируется от 1 до 19. Такие результаты получены в 95% исследуемых случаев.

Для участка сигнала с QRS-комплексом размерность Минковского принимает большие значения, отражая большую сложность сигнала. На разных сигналах процент обнаружения варьируется от 70 до 95%. Лучшие результаты получены на хорошо снятых электрокардиограммах. На зашумленных сигналах процент обнаружения снижается. Применение предложенного метода возможно и перспективно, однако требуются дополнительные исследования шумоподавления, выявления трендов. Решение этих задач — направление дальнейшей работы.

Литература

1. Кроновер Р.М. Фракталы и хаос в динамических системах. Основы теории. М.: Постмаркет, 2000.
2. Pan J., Tompkins W.J., A real-time QRS detection algorithm. IEEE Trans. Biomed. Eng., BME-32 (3): 230-236, 1985.

Программирование

Метод сбалансированного выбора механизмов обеспечения отказоустойчивости для распределённых вычислительных систем реального времени

Волканов Дмитрий Юрьевич

Соискатель

Факультет ВМК МГУ имени М.В.Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: dimawolf@cs.msu.su

Под распределённой вычислительной системой реального времени (РВС РВ) будем понимать такую вычислительную систему, узлы которой распределены в пространстве, а правильность работы зависит не только от логических результатов вычислений, но и от промежутка времени, за который эти результаты были получены [5].

В данной статье задача сбалансированного выбора набора механизмов обеспечения отказоустойчивости (МОО) рассматривается для РВС РВ в следующей постановке. Пусть нам задана РВС РВ в виде набора модулей и структуры связей между модулями БВС. К каждому модулю применяется один МОО. Каждый модуль содержит не менее одного аппаратного и программного компонентов. Каждый компонент может иметь несколько версий. Количество аппаратных и программных компонентов в модуле зависит от МОО, используемого для модуля. Тем самым возникает несколько вариантов РВС РВ. Требуется выбрать сбалансированный набор вариантов модулей РВС РВ эффективный по определенным критериям на множестве вариантов РВС РВ.

Надо сразу отметить, что автору не удалось найти работ, где задача выбора сбалансированного набора МОО рассматривалась бы при ограничениях на время и стоимость. Наиболее близкой к рассматриваемой в данной статье является задача, в которой максимизируется надёжность вычислительной системы при ограничении на стоимость системы. Причём часть модулей системы может находиться в резерве. Задача в такой постановке рассматривалась разными исследователями начиная с 60-х годов прошлого века. В [3] было показано, что эта задача является NP-трудной. В [4] дан современный обзор методов решения данной задачи.

В данной работе ставится задача, которая является расширением рассматриваемой в литературе задачи. Расширение заключается в совместном рассмотрении аппаратной и программной частей системной надёжности и учёте ограничений на время выполнения

программных компонентов. В настоящей работе, для решения поставленной задачи, предложен адаптивный гибридный эволюционный алгоритм (АГЭА). Этот алгоритм включает в себя процедуру автоматического изменения параметров и штрафование решений, не удовлетворяющих ограничениям. Была обоснована корректность данного алгоритма и проведено его экспериментальное исследование. Важно отметить, что ограничение на время выполнения программ проверялось при помощи имитационного моделирования. Разработанное программное средство для решения поставленной задачи интегрировано со средствами со средой моделирования ДИАНА[2] и средой конструирования специализированных алгоритмов оптимизации[1].

В рамках проведённого экспериментального исследования было показано, что предложенный в работе метод работает не хуже предложенного в статье [6], а на малой области приемлемых решений лучше этого алгоритма. Необходимо отметить, что метод, предложенный в работе [6] не поддерживает учёт ограничений на время выполнения.

Литература

1. Калашников А.В., Костенко В.А., Маркин М.И. Средства конструирования итерационных алгоритмов для решения задач комбинаторной оптимизации // Искусственный интеллект, 2004., No 2, С.91-95.
2. Bakhmurov A.G., Kapitonova A.P., Smeliansky R.L. DYANA: An Environment for Embedded System Design and Analysis // in Proc. of 5-th International Conference TACAS'99, Amsterdam, The Netherlands, March 22-28, 1999. Springer (LNCS Vol.1579), pp.390-404.
3. Chern M. S. On the computational complexity of reliability redundancy allocation in a series system // Operations Research Letters, vol.11, pp. 309-315, 1992.
4. Kuo W., Wan R. Recent Advances in Optimal Reliability Allocation. // Handbook of Military Industrial Engineering" by Adedeji B. Badiru, Marlin U. Thomas. 2009. N. 10. p.1-24.
5. Stankovic J. A. Real-time Computing. // Byte Magazine. 1992. 17. N 8. P. 155-160
6. Wattanapongsakorn N., Coit D.W. Fault-tolerant embedded system design and optimization considering reliability estimation uncertainly // Reliability Engineering and System Safety, 92, 395-407, 2007

Реализация метода решёточных уравнений Больцмана для расчетов на GPU кластере

Биколов Дмитрий Александрович

Студент

Физический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: bikulov@physics.msu.ru

Высокопроизводительные вычисления с использованием технологии NVIDIA CUDA все больше набирают популярность. В top500.org самых мощных суперкомпьютеров мира три из пяти первых оборудованы графическими ускорителями. Последние выгодны и из-за существенного меньшего потребления электроэнергии по сравнению с кластером CPU такой же совокупной мощности.

Метод решеточных уравнений Больцмана построен на основе дискретизированного по времени, координатам и направлениям скоростей кинетического уравнения Больцмана. Он позволяет моделировать течение жидкостей и газов в пористых средах. Метод допускает реализацию в терминах высокой параллельности и потому хорошо подходит под программную модель CUDA.

CUDA не предоставляет встроенных механизмов обмена данными между видеокартами, расположенными на физически разных узлах. Эту задачу принято возлагать на MPI. MPI и CUDA выполняют разные задачи, не мешают работе друг друга, а дополняют ее. Поэтому сначала задача разбивается на подзадачи, и посредством MPI информация об области рассылается различным процессам. Каждый процесс уже использует CUDA и работает с собственной видеокартой.

Область моделирования представляет собой куб со сторонами $N_x \times N_y \times N_z$ ячеек. Последние бывают двух видов: непротекаемые и протекаемые.

Была реализована модель однокомпонентного течения LBM D3Q19 [3] с интегралом столкновений ВКГ [1]), on-grid краевыми условиями. Граничные условия позволяют фиксировать давление среды [5] или скорость потока [2]. Для расчетов используется технология CUDA вычислений на GPU и MPI для их синхронизации.

Проведена оценка масштабируемости для реального моделирования на суперкомпьютерном комплексе «Ломоносов». В качестве примера был проведен расчёт области $256 \times 512 \times 510$ с тестом Пуазейля (радиус трубы $r = 50$) на 1, 2, 5, 10, 15 и 30 видеокартах. Использовались NVIDIA Tesla X2070, стоящие на суперкомпьютере Ломоносов. В результате был получен линейный рост производительности при увеличении числа видеокарт: объем данных на каждой из них уменьшается — расчёт происходит быстрее, а обмен данными по MPI происходит параллельно и занимает фиксированное время.

В рамках текущей реализации использован приём [4], позволяющий уменьшить необходимый объем дополнительной памяти для работы алгоритма вдвое при сохранении простоты реализации.

Проведена верификация реализованного алгоритма с помощью двух тестов: стационарного течения Пуазейля и расчёта коэффициента лобового сопротивления шара. Результаты моделирования хорошо согласуются с теоретическими значениями в обоих случаях.

Спасибо коллегам из «Интровижн»: Д.С. Сенину, Д.С. Демину, Г.А. Калашникову, А.В. Дмитриеву и Н.Е. Грачеву за поддержку и полезные советы. Спасибо НИВЦ МГУ за доступ на суперкомпьютер Ломоносов, С. Жуматию за быстрые ответы техподдержки.

Литература

1. Bhatnagar P. L., Gross E. P. and Krook M. A model for collision processes in gases. i. small amplitude processes in charged and neutral one-component systems. // Phys. Rev. 1954 No. 94 p. 511-525.
2. Hecht M., Harting J.J. Implementation of on-site velocity boundary conditions for D3Q19 lattice Boltzmann simulations // Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment. 2009. No. 1.
3. Kutay M.E., Aydilek A.H. and Masad E. Laboratory validation of lattice boltzmann method for modeling pore-scale flow in granular materials. // Computers and Geotechnics 2006 No. 33 p. 381-395.
4. Latt J. How to implement your DdQq dynamics with only q variables per node (instead of 2q). Technical report, Tufts University, 2007.
5. Narvaez A., Harting J. Evaluation of Pressure Boundary Conditions for Permeability Calculations Using the Lattice-Boltzmann Method // Advances in Applied Mathematics and Mechanics. 2010. 2. No 5. 685-700.

Reputation and Trust in Online Social Networks with Location-Awareness

Гладыш Сергей Викторович

Аспирант

ITEM, Norwegian University of Science and Technology, Трондхейм, Норвегия

E-mail: svgladysh@gmail.com

Internet offers many opportunities for virtual social interactions, which can be very useful, informative, fun and profitable. Indeed, the popularity of Online Social Networks (OSN) is growing in many areas of life (personal communications, information sharing, real-time collaborative work, recommendations, online dating, business, education, government, politics, forensics, data mining, science etc).

Moreover, Location-Awareness (LA) can be added to OSN (e.g Facebook Places, Foursquare etc) in order to enable additional social dynamics. For example, user-submitted location data can allow OSN to connect and coordinate users with local people, places or events that match their interests.

However, with the benefits from using OSN and LA in Internet, new problems, risks and undesirable consequences arise (privacy, security, overhead from incoming information, unnecessary openness, discomfort, low quality of service etc).

Information security systems, access control and privacy policies are supposed to solve the problem to some extent. However, they were neither developed for targeting “the open world of strangers“, nor include reputation and trust metrics as explicit fine-grained parameters.

Reputation and Trust (RnT) are known to be efficient mechanisms of social control in real life. It would be smart to use RnT in order to make online decisions more informative, safer and more secure. Some amount of research in online RnT systems has been already done by scientists [1, 2]. But from our perspective, the existent theoretical results and RnT systems have the following disadvantages: they are a) not intelligent enough; b) not made specifically for OSN; c) not taking into account LA.

The goal for this research work is to investigate the opportunities for designing more intelligent RnT systems, which could be integrated into OSN with LA. To achieve this, we are developing the following results [3]: RnT metrics, rules, policy representation, reasoning approach, system architecture, and use-case scenarios.

This work is supported by UbiCompForAll Research Project, funded by The Research Council of Norway.

Литература

1. Golbeck J. Trust on the World Wide Web: A Survey // Foundations and Trends in Web Science, 1(2), 2008.
2. Josang A., Ismail R., Boyd C. A Survey of Trust and Reputation Systems for Online Service Provision // Decision Support Systems, 43(2):618–644, 2007.
3. Gladys S., Herrmann P., Knapskog S. User-Centered Security, Privacy and Trust in Ubiquitous Social Network Services // VERDIKT conference, Oslo, Norway, 2010.

Анализ социальной активности вокруг Интернет-новостей и блогов

Зайцев Владимир

Студент

*Институт (НОЦ) Систем Управления и Информационных Технологий
Югорского государственного университета, Ханты-Мансийск, Россия
E-mail: vladimir@zvm.me*

В последнее десятилетие социальные сети и Интернет-СМИ стали важным источником обратной связи для бизнеса и, отчасти, электронной коммерции. В тоже время, контент генерируемый этими сайтами остается в большой степени неиспользованным. При этом, анализ таких данных может быть применен для повышения эффективности рекламных и маркетинговых компаний, оптимизации контента под социальные сети (SMO) и оптимизации взаимодействия с аудиторией сайтов.

Целью моей работы является создание прототипа системы для анализа социальной активности вокруг Интернет-новостей и блогов. Система собирает контент из определенных веб-сайтов, предоставляющих данные о количестве просмотров Интернет-страниц и реакции на эти страницы из социальных сетей. Собранные данные используются для анализа и выявления связей между содержанием и популярностью контента [1]. Полученные результаты предоставляются пользователю в удобном для восприятия виде.

Доклад будет посвящен обзору архитектуры системы и используемым методам анализа данных. Архитектура системы состоит из четырех основных частей: подсистемы сбора ссылок, подсистемы извлечения данных из полуструктурированных источников, подсистемы анализа данных и веб-интерфейса. Анализ полученных данных происходит в несколько этапов: преобразование текста в векторную модель [2]; уменьшения размерности модели с помощью статистических методов, SVD [3] и д.р.; построение модели для прогнозирования популярности контента с помощью различных методов машинного обучения; настройка и выбор моделей [3]. Также в докладе будут представлены результаты анализа таких сайтов, как: Business Insider, Forbes Blogs и LookAtMe.ru.

Литература

1. K. Lerman and T. Hogg, Using a Model of Social Dynamics to Predict Popularity of News // In Proceedings of 19th International World Wide Web Conference. 2010.
2. C. Manning, P. Raghavan and H. Schütze. Introduction to Information Retrieval. Cambridge University Press. 2008.
3. T. Hastie, R. Tibshirani and J. Friedman. The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction. Second Edition. Springer. 2009.

Поиск семантически близких терминов при оценки близости текстов

Карпов Илья Андреевич

Аспирант

*Факультет информатики и радиоэлектроники Московского государственного
открытого университета, Москва, Россия
E-mail: karilan@yandex.ru*

Большинство систем автоматической обработки текстов построены на векторной модели документа (VSM). Для оценки близости двух текстов производится сравнение векторов, состоящих из термов, входящих в эти тексты. Один из недостатков модели - отсутствие информации о синонимии (одно значение выражается множеством термов) и лексической многозначности (один терм имеет множество значений) при сравнении двух векторов. [2]

Задача снятия лексической многозначности, как правило, решается в два этапа:

1. Для каждого слова, относящегося к тексту, определить, какие оно может иметь значения;
2. На основании контекста, в котором встретилось слово, выбрать наиболее подходящее значение.

Таким образом, у термина появляется дополнительная информация о контексте, отличающая его от аналогичного по написанию термина. Дальнейшее сравнение производится с учетом контекста, в котором существует терм.

Для решения задачи разработано большое число методов, дающих высокие результаты (F-мера определения значения 54-86% в зависимости от коллекции), например на основе сетей документов или алгоритм Леска. [1]

В данной работе предлагается использовать описанный выше подход для поиска семантически близких термов при сравнении текстов. Для выдвижения гипотезы о синонимии выполняется поиск среди устойчивых n-грамм слов. Тогда, если n-1 термов словосочетания одинаковы, но при этом контекст n-граммы остается неизменным, то можно сделать вывод о семантической близости двух слов в данном контексте. При этом выполняется допущение "One sense per collocation" о том, что одной n-грамме соответствует только 1 смысл, что справедливо для 90-99% биграмм. [3].

При сравнении n-грамм предлагается использовать соответствующие термам словарные статьи Wikipedia. При этом необходимо учитывать степень гранулярности значений термина: использование тонко различающихся значений оправдано только при обработке узко-специализированных текстов.

Литература

1. Турдаков Д. Ю. "Методы и программные средства разрешения лексической многозначности терминов на основе сетей документов" // Автореф. дисс. канд. ф-м. наук. Москва, 2010.
2. Tsatsaronis George, Panagiotopoulou Vicky. A generalized vector space model for text retrieval based on semantic relatedness // EACL '09 Proceedings of the 12th Conference of the European Chapter of the Association for Computational Linguistics: Student Research Workshop
3. Yarowsky David. One sense per collocation // HLT '93 Proceedings of the workshop on Human Language Technology

Разработка интеллектуального ассистента управления автомобилем

Корягин Евгений Викторович

Аспирант

Факультет прикладной математики Российский государственного университета имени И. Канта, Калининград, Россия

E-mail: koryagin.evgeniy@gmail.com

Создание систем управления различными мобильными объектами в последнее время является очень актуальной задачей. Автоматизация вождения и управления сложными габаритными транспортными средствами (погрузчики, буксиры) позволяет ускорить и упростить процессы транспортировки грузов и минимизирует возможность ошибок и несчастных случаев, вызванных человеческим фактором. Также, создание системы автоматического или полуавтоматического управления автомобилем не только облегчит жизнь опытным водителям, но и поможет начинающим.

Коллектив исследователей БФУ им.И.Канта работает над созданием системы вспомогательного управления транспортным средством. Использование минимального набора датчиков (лазерные дальномеры, камеры) и малогабаритного суперкомпьютера позволит устанавливать систему на любой автомобиль. Система, используя алгоритмы искусственного интеллекта (нечеткий вывод, нейронные сети) будет анализировать текущие показания датчиков и давать рекомендации к управлению (голосом или на экране).

Для решения этой проблемы в качестве основных информационных технологий были выбраны система управления на основе нечеткого вывода и запатентованный метод извлечения умений у опытного водителя [1] (рис. 1).

На данный момент достигнуты определённые результаты в разработке системы полуавтоматической парковки, пригодной для установки на любой автомобиль [2] (рис. 2).

В рамках данного проекта планируется разработать виртуальную среду (в виде набора моделей и окружений), используя ПО «Microsoft Robotics Developer Studio» Перед проведением экспериментов на реальных автомобилях планируется провести большую серию опытов (парковок, обгонов, поворотов и пр. маневров) в виртуальной среде [3]. Использование виртуальных 3D-моделей позволит обучить систему на моделях транспортных средств различных габаритов и сделать систему более гибкой.

Система нечеткого вывода обладает набором баз правил. В зависимости от текущей ситуации (парковка, обгон, поворот) система подключает соответствующую базу правил и находит значения выходных переменных. Для переключения между базами правил и режимами функционирования СНВ, а так же для лучшей адаптации к изменяющимся условиям окружающей среды (для выделения новых кластеров-ситуаций) используется специально разработанный класс нейронных сетей – Растущую нейронную сеть [4]. РНС – сеть непостоянной структуры. В процессе ее функционирования, по специально определенным правилам к сети добавляются новые вершины и связи и удаляются старые, таким образом, система способна обобщать и классифицировать знания и создавать ассоциативные связи между разнородными данными.

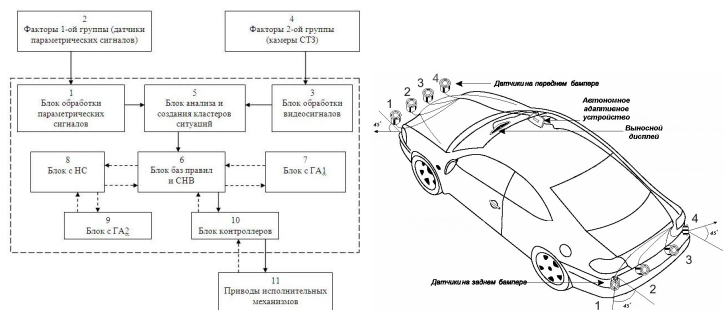
Для повышения качества работы системы и расширения ее возможностей планируется использовать дополнительный модуль – систему технического зрения. Модуль реализует нейросетевую структуру с большим количеством скрытых нейронов [5] и позволяет решить задачу распознавания образов (определение дорожных знаков, слежение за полосой движения).

Также планируется применить гибридный подход, суть которого состоит в сочетании нескольких технологий искусственного интеллекта, с целью дополнения друг друга и улучшения характеристик системы. Базу правил блока нечеткого управления планируется дополнительно настраивать генетическим алгоритмом (рис. 1, ГА1). Систему планируется дополнительно оснастить блоком с реализованными на нем нейронными сетями (НС), корректирующими описание функций принадлежности нечетких переменных, входящих в лингвистические переменные, применяемые в базах правил, и блоком с реализованным на нем вторым генетическим алгоритмом (ГА2), настраивающим нейронные сети предыдущего блока.

Для быстрого решения вышеописанных сложных задач на встраиваемом бортовом компьютере будет использована уникальная российская разработка - малогабаритные суперкомпьютеры (реконфигурируемые вычислительные системы на базе программируемых логических интегральных схем – ПЛИС). Концепция создания РВС разработана и развивается в Научно-исследовательском институте мно-

гопроцессорных вычислительных систем имени академика А.В. Каляева Южного федерального университета (НИИ МВС ЮФУ) [6], с которым наша группа взаимодействует.

Иллюстрации



Общая структура интеллектуального ассистента управления автомобилем (слева) и Общий вид автомобиля с системой полуавтоматической парковки (справа).

Литература

1. Толстель О.В. Патент N 2361726 от 20.07.2009 г на группу изобретений «Система управления антропоморфным роботом и способ управления», приоритет от 28.02.2007г.
2. Толстель О.В., Вольвач А.Ю. Устройство парковки автомобиля на аппаратном нечётком контроллере. Известия КГТУ. Научный журнал, Калининград, 2011 г., N 21, с. 186-191.
3. С.С.Орешков, О.В. Толстель., «Виртуальное моделирование домашнего робота». Международная научно-техническая мультиконференция «Актуальные проблемы информационно-компьютерных технологий, мехатроники и робототехники». Сборник трудов конференции, Дивноморское, 28.09-3.10.2009 г.
4. Корягин Е.В., Разработка системы управления мобильного робота на основе нейроподобной растущей сети. Вестник Российского Государственного университета им. И.Канта, 2010, 10.
5. В.Э.Прукс, О.В.Толстель. Модель Гибридной нейронной сети для распознавания графических образов. Научно-теоретический журнал «Искусственный интеллект», 3, 2007. стр. 578-583. ИПШ МОН i НАН України «Наука і освіта», Донецк.
6. Дордопуло А.И., Каляев И.А., Левин И.И., Семерников Е.А. Семейство многопроцессорных вычислительных систем с динамически перестраиваемой архитектурой. Материалы Четвертой Международной научной молодежной школы «Высокопроизводительные вычислительные системы». - Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2007. - С. 68-74.

Формализация информационных Интернет источников для автоматизации сбора данных

Найденев Никита Анатольевич

Аспирант

Отделение Теоретические основы информатики Вычислительного центра

им.Дородницына РАН , Москва, Россия

E-mail: naidyonov@gmail.com

Все данные, представленные в глобальной сети Интернет, можно назвать неструктурированными, ввиду индивидуальности и специфичности архитектуры каждого ресурса. В основном, такие данные – это HTML страницы, т.е. текстовые структуры. В настоящее время, в связи с постоянным ростом информации во всемирной паутине, необходимо развитие технологий, позволяющих использовать ее для решения различных производственных задач предприятий и организаций, вследствие чего активно развивается область анализа текстовых данных и неструктурированной информации. Очень актуальной является задача предварительной обработки данных, которую можно разделить на 3 этапа: консолидация, трансформация и очистка [1]. Самым трудоёмким этапом является консолидация данных, которая включает в себя сбор данных. Если исследования ведутся с большой выборкой, то для того, чтобы накопить достаточное количество материала, могут уйти недели или месяцы кропотливого труда. Данная работа посвящена разработке методов автоматического сбора информации из открытых интернет источников.

Основную задачу проведенного исследования можно описать следующим образом: требуется собрать данные с открытых новостных источников в сети Интернет за определенный период времени. Если информационный ресурс предоставляет данные в формате RSS [2], то можно воспользоваться инструментами по обработке такой ленты новостей. Однако не все сайты располагают таким форматом. Существует большое количество технологий и механизмов обработки ресурсов как с RSS лентой, так и без нее, но все они требуют настройки определенных параметров для каждого источника.

Цель проведенного исследования заключается в том, чтобы предложить и исследовать метод автоматической формализации информационных источников, которые не предоставляют данные в формате RSS. В таком случае не требуется какая-либо дополнительная настройка для сбора данных с ресурса. Такой подход был исследован экспериментально более чем на 40 новостных источниках, были проанализированы точность и полнота метода формализации ресурсов.

Результатом данной работы можно считать метод автоматической формализации новостных источников данных.

Литература

1. Паклин Н.Б., Орешков В.И. Бизнес-аналитика: от данных к знаниям // Спб.: Питер, 2009 - 624 с
2. Определение RSS: <http://ru.wikipedia.org/wiki/RSS>

Алгоритм кластеризации в терминологической сети**Новиков Константин Викторович***Студент**Факультет ВМК МГУ имени М.В.Ломоносова, Москва, Россия**E-mail: novkostya@gmail.com*

Современную жизнь нельзя представить без возможности грамотного использования ресурсов сети. Во многих случаях недостаток знаний человек компенсирует обращением к терминологическим словарям, содержащим слабо структурированный набор статей, каждая из которых представляет собой определение одного термина. Особый интерес представляют глоссарии - терминологические словари по частным вопросам [1]. Описанная технология реализована в виде интернет-ресурса [2].

Данная работа заключается в изучении и построении решения задачи кластеризации понятий и формирования структуры связей между кластерами. Решение данной задачи позволит пользователю удобно обозревать и выбирать интересующие его проблемные области.

Литература

1. Мальковский М.Г., Соловьев С.Ю. Универсальное терминологическое пространство. Труды международного семинара "Компьютерная лингвистика и интеллектуальные технологии М: Наука, 2002, т.1, стр.266-270.
2. www.glossary.ru

Процесс автоматизированного разбиения сенсорных данных на уникальные образы**Прокопович Григорий Александрович***Соискатель**Лаборатория моделирования самоорганизующихся систем Объединённого института проблем информатики НАН Беларуси, Минск, Беларусь**E-mail: bigznich@tut.by*

На основе модели [1] итерационной нейросетевой ассоциативной памяти в [2] была предложена модель достижения цели для иерархического управления эффекторами робота. Преимуществом описываемой модели является простота реализации, а также наличие адаптивных свойств, заключающихся в обобщении образов и простой схеме корректировки подцелей.

В итоге, на примере управления виртуальной моделью шестизвенового антропоморфного манипулятора UNIMATE PUMA-762, был проведен ряд численных экспериментов [3], которые доказали возможность решения задачи записи и воспроизведения состояний различных динамических систем. Однако, процесс разбиения траектории движения манипулятора на характерные точки, которые записываются в виде ассоциативной последовательности образов с помощью значений коэффициентов синаптических связей матрицы весов W , не был автоматизирован.

Другими словами, количество и расстояние между характерными точками выбирались по усмотрению оператора, перед которым ставилась задача разбить траекторию таким образом, чтобы расстояние Хэмминга между бинарными векторами, с помощью которых они кодировались, было максимальным. Это связано со структурой нейроразнообразной сети двунаправленная ассоциативная память, процессы извлечения информации в которой, как и в сети Хопфилда, сильно зависят от корреляции между записанными образами.

С целью повышения автономности и адаптивности описываемой нейросетевой модели памяти было решено автоматизировать процесс выбора характерных точек. Для решения поставленной задачи было предложено использовать адаптивный нейросетевой классификатор [4], обладающий способностью к дообучению. Отличительной особенностью предлагаемого классификатора являются: оригинальный механизм выявления новизны, реализация обучения с учителем, а также безытерационный процесс обучения. В процессе проведенных численных экспериментов были получены следующие результаты: указанный нейросетевой классификатор способен не только выделять из потока сенсорных данных характерные образы, но и присваивать им уникальные идентификационные номера, что упрощает процесс их дальнейшей обработки и анализа, а также позволяет определить оптимальный размер весовой матрицы W .

Литература

1. Прокопович Г.А. Итерационная модель нейросетевой ассоциативной памяти // Сборник тезисов XVII Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Ломоносов-2010». Секция «Вычислительная математика и кибернетика». М., 2010. С. 113-114.
2. Прокопович Г.А. Нейросетевая ассоциативная модель достижения цели // Сборник тезисов XVIII Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Ломоносов-2011». Секция «Вычислительная математика и кибернетика». М., 2011. С. 91-93.
3. Прокопович Г.А. Нейросетевая ассоциативная модель достижения цели в задачах управления манипулятором. Сборник до-

кладов Международной молодежной конференции «Мехатроника и робототехника». Сп-Б., 2011, С. 80-87.

4. Прокопович Г.А. Адаптивный нейросетевой классификатор // Информатика. 2009, 3(23), С. 68-81.

Применение генетического алгоритма для оптимизации топологической структуры сети по критериям стоимости и живучести

Пашков Василий Николаевич

Аспирант

Факультет ВМК МГУ имени М.В.Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: vasyapashkov@gmail.com

Живучесть – это способность системы сохранять в приемлемых пределах качество и объёмы предоставляемого сервиса при выходе из строя её компонентов или при наличии других разрушающих воздействий (РВ) [1]. В связи с активным развитием компьютерных сетей и ростом количества критически значимых телекоммуникационных сервисов задачи анализа живучести сетей приобретают особую актуальность. Решение таких задач позволяет выявлять узкие места сети, прогнозировать возможный ущерб от различных РВ, принимать решения о модернизации, расширении сети и гибком управлении сетевой инфраструктурой.

Для обеспечения функциональной живучести сети должен быть заложен определенный уровень структурной живучести сети за счет выбора оптимальной схемы соединения узлов. Требование живучести при проектировании сети учитываются путем введения ограничений на связность сети (количество независимых маршрутов) и количество промежуточных узлов в маршрутах [2]. Оптимизируемым критерием является стоимость каналов связи, которую необходимо минимизировать.

Целью данной работы является исследование существующих подходов к решению задачи выбора оптимальной топологии сети по критериям стоимости и живучести.

В работе приводится классификация разрушающих воздействий и механизмов, позволяющих уменьшить ущерб от этих воздействий, рассматривается влияние РВ на структурную живучесть сети.

В рамках данной работы для выбора оптимальной топологии сети предлагается использовать модификации генетического алгоритма, используя схему кодирования, описанную в [3], результаты работы которых сравниваются с комбинаторным алгоритмом, приведенным в [2]. В качестве исходных экспериментальных данных используются описания реальных сетей.

Литература

1. Смелянский Р.Л. Компьютерные сети. Учебник в двух томах. Том 2. Сети ЭВМ. 2011.
2. Вишневецкий В.М. Теоретические основы проектирования компьютерных сетей. Москва: Техносфера, 2003.
3. Nissen, V., Gold, S.: Survivable Network Design with an Evolution Strategy. In: Yang, A., Shan, Y., Bui, L.T. (eds.) Success in Evolutionary Computation, Studies in Computational Intelligence, pp. 263–283. Springer, Berlin (2008).

Применение параллельных алгоритмов для ускорения моделирования физических процессов на вычислительных кластерах и способы уменьшения времени моделирования

Подольский Владимир Эдуардович

Студент

Факультет информатики и систем управления Московского государственного технического университета имени Н.Э. Баумана, Москва, Россия

E-mail: v.e.podolskiy@gmail.com

Моделирование физических процессов в условиях растущей сложности естественнонаучных задач становится вызовом для вычислительной техники. Помочь учёным с этой проблемой предназначены суперкомпьютеры и вычислительные кластеры.

Узким местом вычислительных кластеров является пересылка сообщений. Из-за неё наблюдается рост времени обработки заданий, в частности таких заданий как моделирование физических процессов с большим числом объектов.

На примере броуновского движения частиц опишем кластерную архитектуру для моделирования физического процесса движения молекул и укажем её модификации для увеличения производительности.

Для решения задачи моделирования броуновского движения лучше всего воспользоваться архитектурой кластерных вычислений типа master-slave, где нулевой процесс (master) осуществляет ввод информации, предварительный расчёт начальных условий и инициализацию пространства для моделирования, а также перераспределение частиц между остальными процессорами.

После окончания инициализации плоскость, на которой проводится эксперимент, разбивается при помощи заранее заданной сетки на N_{sp} частей. Каждая такая часть соответствует одному из slave-процессов. Master-процесс производит пересылку slave-процессу записей о тех молекулах, которые находятся в соответствующей slave-

процессору ячейке (пространственное, топологическое распараллеливание). Так как молекулы хаотично движутся и могут перемещаться по всему пространству площадью S , то необходимо предусмотреть пересылку информации о молекулах, подошедших вплотную к границе между процессами, которые и разделяет эта граница. По окончании процесса моделирования все slave-процессы пересылают свои блоки информации о молекулах master-процессу. После этого нулевой (master) процесс и выводит полученную информацию в файл для дальнейшего анализа. Отметим, что также можно снимать через равные интервалы времени моделирования показания со slave-процессов, чтобы потом построить траектории движения взвешенных молекул. Описанная параллельная архитектура представлена на рисунке 1.

Для получения временных параметров алгоритма были написаны последовательная и параллельная программы. Программы были протестированы на кластере производства фирмы ИВМ. Было проведено по 10 экспериментов для каждого из 15 вариантов площадок экспериментального ряда (S , нм^2 : 0,01; 0,04; 0,09; 0,16; 0,25; 0,36; 0,49; 0,64; 0,81; 1,00; 1,21; 1,44; 1,69; 1,96; 2,25). Усреднённые результаты в виде графиков (последовательная версия и параллельные версии для 5, 10, 17, 26 процессоров, из которых один – master-процессор) представлены на рисунке 2. На рисунке 3 представлена дисперсия по времени.

На рисунке 4 представлены графики ускорений параллельных версий по отношению к последовательной. В случае использования 26 процессоров достигается практически 6-кратное ускорение. При увеличении числа процессоров и площади моделируемой области ускорение увеличится вследствие уменьшения числа пересылок.

Существует несколько возможностей по дальнейшему ускорению процесса моделирования на высокопроизводительной параллельной аппаратуре за счёт уменьшения времени, затрачиваемого на пересылку сообщений между процессорами. Пара таких способов, не вошедших в тезисы ввиду ограничения на объём, разрабатывается автором:

- Применение различных топологий разбиения поверхности;
- Использование нечётких границ между ячейками разбиения.

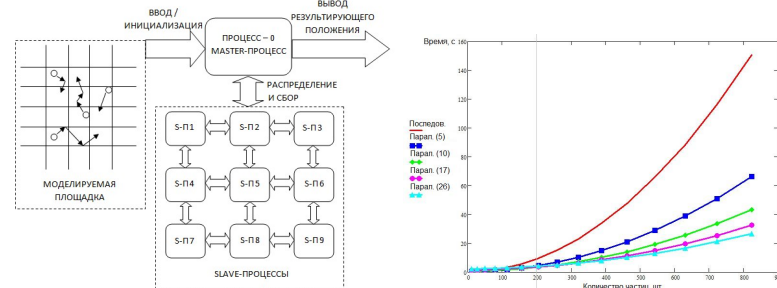
В ходе реализации предложенного алгоритма удалось добиться практически шестикратного ускорения. Также в ходе экспериментов был выявлен важный факт: время пересылки между процессорами при параллельном моделировании вносит свой постоянный вклад, поэтому уменьшать общее время моделирования можно лишь до определённого предела (см. рис. 2). Уменьшить вклад пересылок

можно при помощи изменения топологии разбиения и применения прогнозирования с использованием аппарата нечёткой логики.

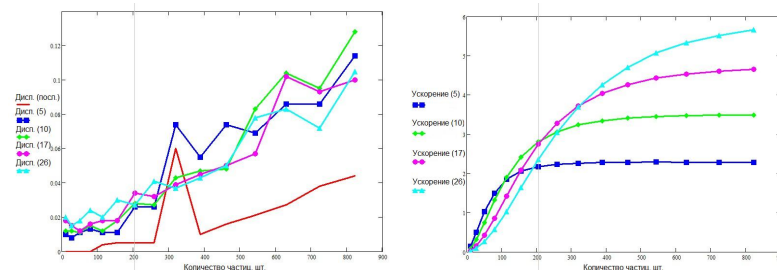
Литература

1. Яворский Б.М. Справочник по физике для инженеров и студентов вузов / Б.М. Яворский, А.А. Детлаф, А.К. Лебедев. – 8-е изд., перераб. и испр. – М.: ООО «Издательство Оникс»: ООО «Издательство Мир и Образование», 2006. – 1056 с.
2. Элементарный учебник физики: Учеб. Пособие. В 3 т. / Под ред. Г.С. Ландсберга; Т. 1. Механика. Теплота. Молекулярная физика. – 13-е изд. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. – 608 с.
3. Корнеев В.Д. Параллельное программирование в MPI. – 2-е изд., испр. – Новосибирск: Изд-во ИВМиМГ СО РАН, 2002. – 215 с.
4. Шпаковский Г.И., Серикова Н.В. Программирование для многопроцессорных систем в стандарте MPI / Г.И. Шпаковский, Н.В. Серикова. – Минск: Изд-во БГУ, 2002. – 323 с.
5. Кофман А. Введение в теорию нечётких множеств: Пер. с франц. – М.: Радио и связь, 1982. – 432 с.
6. IBM. Tivoli Workload Scheduler LoadLeveler: Using and Administering. – version 3, release 4. Publication No. SA22-7881-06, 2006. – 718 p.

Иллюстрации



Параллельная архитектура, используемая в моделирующей программе (для случая 10 процессоров, 9 из которых являются slave-процессами, слева) и Время моделирования (среднее по 10 экспериментам, справа)



Дисперсия времени (по 10 экспериментам, слева) и ускорение параллельных версий по сравнению с последовательной (справа)

Трансляция моделей на языке UML во временные автоматы UPPAAL для верификации RVSRP

Подымов Владимир Васильевич, Зорин Даниил Александрович

Аспиранты

Факультет ВМК МГУ имени М.В.Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: vvpodymov@gmail.com, jfaranime@gmail.com

В данной работе предлагаются алгоритм и средство преобразования диаграмм состояний UML во временные автоматы, использующиеся в средстве верификации UPPAAL [3]. Такое средство позволяет верифицировать свойства системы на этапе проектирования, до написания кода, что может повысить качество разработки.

Язык UML предназначен для моделирования широкого класса систем, поэтому в его стандарте намеренно не фиксирована семантика. Однако для формальной проверки свойств модели необходимо строго задать синтаксис и семантику всех используемых элементов диаграмм состояний. В данной работе задаются дополнительные ограничения на структуру диаграмм состояний и синтаксис выражений и, таким образом, устраняется неоднозначность интерпретации элементов диаграмм.

Транслятор диаграмм UML в сеть автоматов UPPAAL получает на вход диаграмму состояний в распространенном формате XMI. После преобразования диаграммы во внутреннее представление непосредственная трансляция осуществляется в два этапа. Сначала диаграмма переводится в промежуточное представление – иерархический временной автомат (НТА) [1], затем этот автомат преобразуется в сеть временных автоматов в соответствии с алгоритмом, основанным на алгоритме из работы [1].

Алгоритм трансляции НТА в сеть автоматов UPPAAL последовательно обрабатывает все композитные состояния от корня к листьям, транслируя каждое из них в отдельный процесс в сети. Каждый получаемый процесс содержит состояние, соответствующее неактивности исходного композитного состояния в НТА, состояния, соответствующие всем вложенным состояниям в НТА, и служебные состояния, используемые для синхронизации работы всех автоматов посредством передачи сообщений и изменения значений служебных переменных. Алгоритм существенно изменен по сравнению с описанием в [1], в частности, добавлены фрагменты алгоритма, пропущенные в [1], и добавлена возможность широковещательной посылки.

Для проверки работы алгоритма была использована модель системы реального времени, описанная подробно в [2]. Авторы этой статьи построили вручную сеть автоматов UPPAAL, соответствующую данной модели, и проверили для нее некоторые свойства. Мы построили иерархическую модель системы перекрестка на UML вме-

сто менее компактной и более трудной для восприятия плоской модели из [2] и получили сеть автоматов UPPAAL с помощью транслятора автоматически. В результате верификации сети временных автоматов, полученной автоматической трансляцией, все свойства из [2] были успешно проверены.

Литература

1. David A., M. Moller O., Wang Yi. Verification of UML Statechart with Real-time Extensions // Department of Information Technology, Uppsala University. IT Technical Report 2003-009, 2003.
2. Furfaro A., Nigro L. A development methodology for embedded systems based on RT-DEVS // Innovations in Systems and Software Engineering, vol. 5. 2009. N 2. P. 117-127.
3. Larsen K.G., Petterson P., Wang Yi. UPPAAL in a Nutshell // Int. Journal on Software Tools for Technology Transfer, vol. 1. Oct 1997. N 1-2. P.134-152.

Технология выявления, хранения и анализа первичных и вторичных понятий в корпусе текстов

Сабурова Мария Ивановна

Студент

Факультет ВМК МГУ имени М.В.Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: masha-saburova@yandex.ru

Содержательной задачей работы, является задача структурированного представления текста в виде перечня ключевых понятий, их вхождения в текст и связей между понятиями и частями текста. Первоначальная идея, из которой развилась эта задача, заключается в том, чтобы создать аналог поисковой системы, на вход которой подавались бы два понятия, и в результате система показывала бы, как эти понятия связываются в корпусе текстов. Вообще же, структурированное представление текста помогает извлекать и визуализировать информацию из больших коллекций документов, что весьма востребовано в современном мире.

В настоящее время ведется работа по созданию программного обеспечения, которое помогает человеку создавать разметку текста, т.е. подсказывает ему понятия и их вхождения. Также разрабатываются инструменты для изучения накопленных разметок. Задача создания такой программной системы нетривиальна, поэтому на первом этапе было создано ПО, которое позволяет аналитику удобно размечать текст вручную.

Процесс разработки программы включал в себя дизайн хранилищ данных. При формулировке требований производилось итеративное

уточнение. Анализ сценариев использования ПО позволил оценить частотность выполнения операций, в соответствии с чем развивался пользовательский интерфейс программы. Текущий вариант программы был сочтен удобным.

С помощью программы были собраны данные. Входные данные – 18 текстов, объемом 2-3 абзаца каждый. В результате для каждого текста была получена разметка. Также был получен словарь, состоящий из 37 понятий. Получив эти данные, появилась возможность начать этап исследований.

Визуализация полученных данных была выполнена в виде графа, где вершины – понятия из словаря, ребром соединялись вершины, если эти понятия встречались в одном тексте. Вес ребра определялся разными способами. Во-первых, просто число общих текстов для двух понятий. Также был рассчитан индекс парной зависимости понятий [2]. Показаны самые зависимые и наименее зависимые пары понятий, определяющие новые связи, ранее не отмеченные экспертами.

В рамках анализа формальных понятий построена диаграмма Хассе для понятий и текстов, из которой были получены новые связи между объектами анализа [3].

Ближайшие цели: продолжать анализ полученных в эксперименте данных, кластеризовать тексты, визуализировать получаемые данные удобным образом, ввести функционал выделения связей в тексте и между текстами.

Литература

1. Маннинг К., Рагхаван П., Шютце Х. Введение в информационный поиск.—ООО "И.Д.Вильямс 2011.—528 с.
2. Ивченко Г. И., Медведев Ю.И. Введение в математическую статистику.— Издательство ЛКИ, 2009
3. <http://www.upriss.org.uk/fca/> – Formal Concept Analysis Homepage

Применение генетических алгоритмов для тестирования модулей ядра ОС Linux

Туманян Ани Гагиковна

Студент

Факультет Прикладной Математики и Информатики Российско-Армянского (Славянского) Университета, Ереван, Армения

E-mail: ani.tumanyan92@gmail.com

Операционные системы, основанные на ядре Linux, становятся все более популярными, особенно на рынках суперкомпьютеров, серверов и мобильных устройств. Ядро Linux распространяется как свободное ПО на условиях GNU General Public License. Из-за перечисленных факторов верификация как самого ядра, так и модулей Linux

является актуальной задачей[4]. Решение этой задачи связано с определенными трудностями, обусловленными тем, что режимы работы модулей и драйверов ОС зависят от большого числа факторов, связанных с состоянием самого ядра ОС. Следовательно, тестовый набор, наиболее полно проверяющий работу модуля, должен проверять взаимодействие этих факторов между собой и их влияние на поведение модуля. Для построения такого набора перебор всех комбинаций значений факторов требует слишком больших затрат, поэтому в данной работе используется генетический алгоритм (ГА), который имеет широкое применение для решения задач оптимизации, обладающих высокой вычислительной сложностью[3].

Существуют различные критерии, оценивающие качество тестирования - полноту тестового набора. Критериями полноты тестового набора нами выбраны: выполнение всех строк и покрытие ветвей в графе потока управления[1]. Следовательно элементами покрытия являются как ветви управления (ребра графа), так и строки кода (вершины графа).

Тест представляет собой вызов интерфейсных функций модуля ядра с соответствующими аргументами при определенных состояниях различных факторов, влияющих на его работу. Хромосома в терминах ГА — представление теста, с которым и будет работать ГА. В ней закодированы: вызов определенных функций как строка из 0 и 1 (вектор вызова), аргументы этих функций, закодированные с помощью вещественнозначных или двоичных векторов, а также состояния влияющих факторов. Множество хромосом — популяция. Оператор кроссовера выполняет обмен частей между векторами вызова или между компонентами, соответствующих аргументам некоторой вызываемой функции. Мутация - инвертирование гена в векторе вызова или допустимое изменение значения элемента хромосомы, соответствующей аргументу некоторой функции. При создании новых хромосом проверяется допустимость соответствующих им тестов для модуля. Функция приспособленности хромосомы для вершины графа определяется как минимальное расстояние от покрытых соответствующим ей тестом элементов до данного элемента с учетом метрик покрытия. Покрытие вычисляется программой gcov, входящей в GCC[5]. Для ребер графа функция приспособленности определяется как вероятность прохождения по нему[2]. Искомый тестовый набор формируется по ходу эволюции из тестов, покрывающих ранее непокрытые элементы тестового покрытия.

С помощью данного подхода реализовано построение тестовых наборов для драйверов символьных устройств. Планируется его применение для тестирования драйверов файловых систем ОС Linux и сравнение с другими методами тестирования по затратности ресурсов и по качеству покрытия.

Литература

1. Владимиров М.А. Критерии полноты тестового покрытия в генетических алгоритмах генерации тестов // Труды ИСП РАН, 2006. No 9. С 57-66.
2. Paolo Tonella. Evolutionary testing of classes. // ISSTA '04: Proceedings of the 2004 ACM SIGSOFT international symposium on Software testing and analysis, pp 119-128, New York, NY, USA, 2004.
3. S.N. Sivanandam, S.N. Deepa Introduction to Genetic Algorithms. Springer-Verlag, Berlin, 2008.
4. Сайт Linux Documentation Project: http://tldp.org/LDP/intro-linux/html/chap_01.html
5. Документация по Gcov: <http://gcc.gnu.org/onlinedocs/gcc/Gcov.html>

Автоматическое улучшение синтезированных правил коррекции документов в формате \LaTeX *Чувиллин Кирилл Владимирович**Аспирант**Факультет управления и прикладной математики Московского физико-технического института, Москва, Россия**E-mail: kirill.chuvilinn@gmail.com*

Многие конференции и издательства принимают материалы от авторов в формате \LaTeX . Обычно авторские тексты содержат значительное количество типографических ошибок, связанных с несоблюдением требований к оформлению, исправление которых производится корректорами вручную. Можно минимизировать рутинную работу с помощью правил для автоматической коррекции. Но ручное описание таких правил приведёт скорее к увеличению трудозатрат.

В работе рассматривается способ автоматического синтеза правил коррекции по обучающей выборке, составленной из пар документов «черновик-чистовик», и последующего их улучшения на основе статистики применимости к черновикам и чистовикам.

Файлы формата \LaTeX обладают естественной древовидной структурой (синтаксическим деревом), исследуя которую, можно получить всю необходимую информацию для описания корректорской правки. Узлы этой структуры называются токенами. Правила замены удобно формулировать именно для деревьев.

Для выявления различий между синтаксическими деревьями документов используется алгоритм, основанный на алгоритме Zhang-Shasha [3]. Алгоритм позволяет вычислять редактирующее расстояние (минимальное количество операций) между двумя деревьями и, кроме того, определять, какую операцию нужно применить к каждой вершине для реализации такого расстояния.

После построения различия между черновиком и чистовиком синтезируется набор правил, которые преобразуют дерево первого в дерево второго [2]. Каждое построенное правило характеризуется шаблоном (последовательностью соседних токенов с общим родителем) и типом локализатора (токена, к потомкам которого применяется шаблон).

Оценка качества правил производится на основе статистики их применимости к черновикам и чистовикам [1]. Эксперименты показывают, что построенные правила позволяют обнаружить значительное число ошибок, но частота срабатываний на чистовиках составляет, в среднем, 40% от частоты срабатываний на черновиках, что довольно много.

Для улучшения качества синтезируемых правил используется следующее решение. Начальный набор генерируется с минимально возможными шаблонами. Для каждого правила собирается статистика применимости для чистовиков: каждый случай применимости считается отрицательным прецедентом для правила. Если количество отрицательных прецедентов превышает некоторый порог, правило заменяется новыми, которые получаются из исходного с помощью увеличения шаблонов. Эксперименты показывают, что после таких модификаций качество правил улучшается, в среднем, на 30%.

Литература

1. Чувиллин К.В. Автоматический синтез и статистическая оценка качества правил коррекции документов в формате \LaTeX // Труды 54-й научной конференции МФТИ. — 2011.
2. Чувиллин К.В. Синтез правил коррекции документов в формате \LaTeX с помощью сопоставления синтаксических деревьев // Математические методы распознавания образов. — 2011. — 15.
3. Zhang K., Shasha D. Simple fast algorithms for the editing distance between trees and related problems // SIAM Journal of Computing, 1989. — No.18. — Pp.1245-1262.

Разработка проблемно-ориентированной системы автоматизированного проектирования космического аппарата наблюдения и реализация её совместной работы с PDM-системой*Якишич Артём Андреевич**Аспирант**Факультет Летательных Аппаратов Самарского Государственного Аэрокосмического Университета им. С.П. Королева, Самара, Россия**E-mail: yakischik@mail.ru*

В настоящее время на начальных стадиях проектирования космических аппаратов используются математические модели для определения основных массогабаритных характеристик последних. В силу

того, что подобные модели имеют большое количество переменных и уравнений, зачастую связанных между собой сложными зависимостями, поиск аналитического решения часто крайне трудоемок, а в отдельных случаях невозможен в принципе. Также аналитическое решение подразумевает возможность ошибок, связанных с человеческим фактором.

На основании вышеизложенного было принято решение о создании проблемно-ориентированной системы автоматизированного проектирования. Данная система анализирует математическую модель, основываясь на исходных данных и требуемых выходных параметрах, указанных пользователем. В качестве результата система выдает отчет о корректности модели, при положительном содержании которого разбивает модель на последовательность уравнений и систем уравнений, после чего пытается решить их численно. Если численные значения исходных данных не позволяют найти численное решение требуемых параметров, система сообщит о некорректности введенных пользователем данных.

Методика построения проблемно-ориентированных автоматизированных систем основана на использовании теории графов и теории отношений. Подобная реализация проблемно-ориентированной системы позволяет решать разнородные задачи на постоянном множестве моделей. Поскольку анализ моделей и поиск решения осуществляется автоматизированно, участие пользователя ограничивается лишь изменением наборов входных и выходных параметров без перестройки модели в целом. Также для решения отдельных задач возможно заимствование уже готовых моделей и последующее их использование в совокупности с уже имеющимися. Таким образом, будет обеспечена существенная экономия времени на начальных этапах разработки космического аппарата.

На данный момент проблемно-ориентированная система частично на языке программирования Java как 'stand-alone'-приложение.

Поскольку в процессе проектировании любого изделия, в том числе и космического аппарата, участвует множество конструкторов, было принято решение об интеграции проблемно-ориентированной системы в систему управления жизненным циклом изделия (PDM-система). В качестве PDM-системы был выбран продукт фирмы PTC - Windchill 9.1, тесно связанный с САПР Pro/Engineer.

На данный момент реализована возможность переноса результатов работы проблемно-ориентированной системы в САПР Pro/Engineer, что позволяет автоматически регенерировать предварительные трехмерные модели составных частей космического аппарата.

Результаты, полученные с помощью проблемно-ориентированной системы, хранятся в виде файла-сценария. Данный файл в последу-

ющем можно использовать для построения трехмерных моделей в PRO/Engineer следующим образом. С каждой математической моделью связана модель PRO/Engineer. При регенерации модели в PRO/Engineer часть характеристик будет заимствуется из соответствующего файла-сценария, созданного проблемно-ориентированной системой.

Интеграция САПР и PDM-системы обеспечит централизованное хранение конструкторской документации, а при совместной работе с проблемно-ориентированной системой – возможность быстрого поиска решения, разработки и внесения изменений в созданные трехмерные модели PRO/Engineer. В дальнейшем планируется развить эту разработку, что позволит создавать потоки работ для отдельных групп разработчиков и конструкторского бюро в целом.

Таким образом, предполагаемым результатом совместной работы САПР, PDM-системы и проблемно-ориентированной системы будет существенное ускорение проектирования космического аппарата на начальных стадиях, возможность обнаружения и обработки ошибок, допущенных при начальных расчетах, оптимизация характеристик космического аппарата на раннем этапе проектирования.

Выражаю благодарность научному руководителю Куренкову В.И., а также Кучерову А.С. и Прасолову Г.С.

Литература

1. Друшляков Ю.И. Теоретические основы программирования: учеб. пособие/Ю.И. Друшляков, И.В.Ежова.- М.: МАИ, 1986.- 60 с.
2. В.И. Куренков, В.В. Салмин, А.Г. Прохоров. Методика выбора основных проектных характеристик и конструктивного облика космических аппаратов наблюдения: учеб. пособие- Самара: изд-во СГАУ, 2007.- 160 с.

Стохастический анализ и его приложения

Позиционирование корабля «Союз» при стыковке с МКС по видеосигналу

Гончаренко Мирослав Богданович

Студент

Факультет ВМК МГУ имени М.В.Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: banjo15571@rambler.ru

Была поставлена задача построить дублирующую систему позиционирования корабля "Союз" которая бы использовалась при стыковке с Международной Космической Станцией, в случае выхода из строя основной системы, и обеспечила бы безопасную стыковку. Для решения этой задачи строится карта краёв, используя первую производную Гауссиана и две пороговые обработки [2]. После этого карта краёв сегментируется и ищутся особые точки, ими могут быть солнечные батареи, стыковочный шлюз, мишень стыковки, и многие другие детали станции, при этом они все располагаются в строго определённом порядке друг относительно друга и имеют определённые размеры, используя это и можно рассчитать положение и удалённость корабля относительно станции. Главное при поиске особых точек - минимизировать ошибку первого рода (ложное срабатывание на "не нужном" узле станции). После обнаружения особых точек, происходит их отслеживание в следующем кадре в окрестности предыдущей позиции. Необходимо чтобы система работала в режиме реального времени (25 кадров в секунду) и была простой и надёжной, устойчивой к шумам и перепадам яркости. В итоге схема действия алгоритма такова:

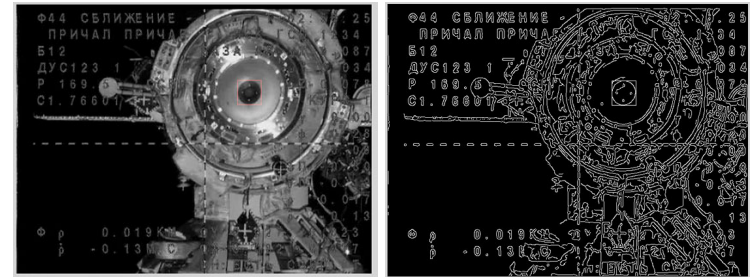
1. Шумоподавление (медианная фильтрация, возможное выравнивание яркостей, возможное удаление телеметрии) [1].
2. Построение карты краёв (возможно с последующим применением операций математической морфологии).
3. Сегментирование карты краёв [1].
4. Поиск "особых точек" (по шаблону, используя дополнительные признаки) [1].
5. Расчёт положения модуля по найденным "особым точкам".

Литература

1. Дэвид А. Форсайт, Джин Понс Компьютерное зрение. Современный подход. М.: «Вильямс», 2004.

2. John Canny. A Computational Approach to Edge Detection // IEEE Transactions on pattern analysis and machine intelligence, vol. PAMI-8, no. 6, November 1986

Иллюстрации



Кадр видеоряда с найденным стыковочным шлюзом (слева) и карта краёв предыдущего изображения (справа).

Исследование вероятностных характеристик электромиограмм и энцефалограмм

Климов Григорий Анатольевич

Студент

Факультет ВМК МГУ имени М.В.Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: gregklimov@yandex.ru

В исследованиях по нейрофизиологии для оценки деятельности мозга используются характеристики пространственной организации биопотенциалов мозга. Эти исследования основаны на концепции о функциональной роли пространственной синхронизации потенциалов различных областей коры головного мозга в реализации каких-либо психических функций. В данной работе были проведены эксперименты с использованием метода вызванных потенциалов.

Метод вызванных потенциалов является одним из результативных в экспериментальной нейрофизиологии. Этот метод помогает раскрыть сущность ряда важнейших механизмов мозга.

Были обработаны магнитоэнцефалограммы (МЭГ) - значения магнитных полей, возникающие вследствие электрической активности мозга, и электромиограммы (ЭМГ) - значения электрических сигналов, полученных в результате регистрации мышечных сокращений.

Основными задачами исследования являлись: определение вероятностных характеристик сигналов МЭГ и ЭМГ, нахождение зависимостей между этими сигналами. Эти характеристики имеют важное значение для изучения деятельности мозга. Основной сложностью

обработки сигналов МЭГ и ЭМГ являлось очень низкое отношение сигнал/шум.

Было проанализировано большое количество сигналов МЭГ и ЭМГ.

Проведенный статистический анализ отверг гипотезу о нормальной распределенности шумов в обрабатываемых сигналах, также было показано, что эти сигналы нестационарные. Дальнейшая обработка сигналов проводилась при помощи вейвлет-анализа [1, 2]. Получаемые характеристики при этом более информативны, по сравнению с анализом Фурье.

Выражаю глубокую признательность своему научному руководителю Александру Александровичу Грушо за постановку задачи и оказанное внимание в ходе выполнения работы.

Литература

1. Morten Morup, Lars Kai Hansen, Sidse M. Arnfred. ERPWAVELAB a toolbox for multi-channel analysis of time-frequency transformed event related potentials // NeuroImage, 2006, No 29. P. 938-947
2. Захарова Т.В., Шестаков О.В. Вейвлет-анализ и его приложения: Учебное пособие - М.: МАКС Пресс, 2009

Универсальность некоторых моделей случайных матриц

Наумов Алексей Александрович

Аспирант

Факультет ВМК МГУ имени М.В.Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: naumov_ne@inbox.ru

Рассмотрим случайную матрицу $X_n : \Omega \rightarrow \mathbb{R}^{n \times n}$. Обозначим через $\lambda_1, \dots, \lambda_n$ собственные значения матрицы $n^{-1/2}X_n$, и пусть $F_n(x, y) = \frac{1}{n} \# \{i : \operatorname{Re}(\lambda_i) \leq x, \operatorname{Im}(\lambda_i) \leq y\}$ - эмпирическая функция распределения собственных значений. Если матрица является симметричной, то все собственные значения являются действительными числами, и эмпирическая функция распределения будет функцией одной переменной $F_n(x)$. Первый вопрос, который нас будет интересовать, при каких условиях последовательность $F_n(x, y)$ сходится в слабом смысле к некоторой предельной функции, скажем $F(x, y)$, по вероятности. Второй вопрос – какой вид имеет функция $F(x, y)$. Принцип универсальности утверждает, что предельное распределение не должно зависеть от распределения элементов матрицы. Многие результаты в теории случайных матриц мотивированы этим феноменом. В докладе я рассмотрю полукруговой закон Вигнера, круговой закон и эллиптический закон, который является обобщением двух предыдущих.

Пусть матрица $X_n = \{X_{ij}\}_{i,j=1}^n$ удовлетворяет условиям : а) пары $(X_{ij}, X_{ji})_{i \neq j}$ - н.о.р. случайные векторы, $\mathbb{E}X_{12} = \mathbb{E}X_{21} = 0$, $\mathbb{E}X_{12}^2 = \mathbb{E}X_{21}^2 = 1$ и $\mathbb{E}X_{12}X_{21} = \rho$; б) $\{X_{ii}\}_{i \geq 1}$ - н.о.р. случайные величины, не зависящие от $\{X_{ij}\}_{i \neq j}$, $\mathbb{E}X_{11} = 0$ и $\mathbb{E}X_{11}^2 < \infty$.

1. При $\rho = 1$ матрица является симметричной, $F_n(x) \xrightarrow{w} F(x)$ по вероятности, и $F(x)$ имеет плотность, которая представляет собой полукруговой закон Вигнера, см. [1].

2. При $\rho = 0$ $F_n(x, y) \xrightarrow{w} F(x, y)$ по вероятности, и $F(x, y)$ имеет плотность равномерного распределения на круге. Круговой закон был впервые доказан Гирко в работе [2], но его доказательство содержало неточности, в частности, не было показано, почему наименьшее сингулярное число матрицы $(n^{-1/2}X_n - zI)$, $z \in \mathbb{C}$ не может быть сколь угодно малым. Основной заслугой Гирко был метод, который позволяет переходить от несимметричной матрицы $n^{-1/2}X_n$ к симметричной матрице $(n^{-1/2}X_n - zI)^*(n^{-1/2}X_n - zI)$, $z \in \mathbb{C}$. Используя метод Гирко, Бай привел новое доказательство в предположении ограниченности плотности элементов матрицы, см. [1]. Без этого предположения круговой закон был впоследствии доказан в работах [3] и [4].

3. При $|\rho| < 1$ в работе [5] Гирко показал, что $F_n(x, y) \xrightarrow{w} F(x, y)$ по вероятности, и $F(x, y)$ имеет плотность равномерного распределения на эллипсе, но его доказательство содержало аналогичные неточности, что и доказательство кругового закона. В [6] автором доказана

Теорема. Если $\max(\mathbb{E}X_{12}^4, \mathbb{E}X_{21}^4) < \infty$ и $|\rho| < 1$, то $F_n(x, y) \xrightarrow{w} F(x, y)$ по вероятности, $F(x, y)$ имеет плотность

$$g(x, y) = \begin{cases} \frac{1}{\pi(1-\rho^2)}, & x, y \in \left\{u, v \in \mathbb{R} : \frac{u^2}{(1+\rho)^2} + \frac{v^2}{(1-\rho)^2} \leq 1\right\}, \\ 0, & \text{иначе.} \end{cases}$$

Результат работы [6] опирается на работу [7], в которой получена асимптотика наименьшего сингулярного числа симметричной матрицы, и на работы [3], [4].

Литература

1. Bai Z., Silverstein J. W. Spectral analysis of large dimensional random matrices. Springer, New York, 2010
2. Girko V. L. The circular law // Teor. Veroyatnost. i Primenen., 1985. 29. No. 4. P. 669-679.
3. Götze F., Tikhomirov, A.N. The circular law for random matrices // Ann. Probab., 2010. 38. No. 4. P. 1444-1491.
4. Tao T., Vu V. Random matrices: universality of local eigenvalue statistics // Acta Math., 2011. 206. No. 1. P. 127-204.

5. Girko V. L. The elliptic law // *Teor. Veroyatnost. i Primenen.*, 1985. 30. No. 4. P. 640-651.
6. Naumov A.A. Elliptic law for real random matrices // arXiv:1201.1639
7. Vershynin R. Invertibility of symmetric random matrices // arXiv:1102.0300

Асимптотические свойства оценок, полученных с помощью сеточных методов разделения смесей вероятностных распределений

Назаров Алексей Леонидович

Аспирант

Факультет ВМК МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: nazarov.vmik@gmail.com

Многие модели, использующие смеси вероятностных распределений, популярны среди исследователей, работающих с реальными данными. Эти модели применяются для изучения хаотических процессов, описывающих поведение цен финансовых инструментов, турбулентной плазмы, они используются в задачах распознавания образов. Примеры случайных процессов, имеющих в качестве одномерных распределений смеси нормальных распределений, можно найти в книге [1] и библиографии к ней.

При определении параметров рассматриваемых моделей на реальных данных, часто возникает задача статистического разделения смесей. Для нормальных смесей она может быть решена сеточными методами разделения смесей вероятностных распределений, рассмотренными в [1, 2]. Оценки устойчивости используемых моделей позволяют доказать обоснованность замены исходного распределения приближенным при использовании сеточных методов (см. [3]).

Не исследованным остается вопрос о поведении оценок смешивающего распределения, полученных с помощью сеточных методов, при согласованном увеличении размера выборки и числа узлов сетки. Цель данной работы заключается в поиске ответа на этот вопрос. Представлены асимптотические свойства оценок, полученных с помощью сеточных методов. Изложенные факты в основном опираются на результаты монографии [4] и источников, приведенных в ней (см. также [5]). Сформулированные утверждения помогают лучше понять поведение оценок в каждой из серий, соответствующих одному из последовательных разбиений сетки параметров.

Показано, что оценки смешивающих распределений для рассматриваемых классов смесей нормальных законов, полученные с помощью сеточных методов разделения смесей вероятностных распределений, являются состоятельными при согласованном увеличении

размера выборки и числа узлов сетки. Данный факт является важным теоретическим обоснованием применимости сеточных методов на практике. Он согласуется с результатами, полученными при анализе работы алгоритмов на различных наборах данных.

Литература

1. Королев В. Ю. Вероятностно-статистический анализ хаотических процессов с помощью смешанных гауссовских моделей. Декомпозиция волатильности финансовых индексов и турбулентной плазмы. М.: ИПИ РАН, 2007.
2. Korolev V., Nazarov A. Separating mixtures of probability distributions with the grid method of moments and the grid maximal likelihood method. // *Autom. Remote Control*. 2010. Vol. 71, № 3. Pp. 455–472.
3. Назаров А. Л. Об устойчивости смесей вероятностных законов к возмущениям смешивающих распределений // *Статистические методы оценивания и проверки гипотез*. 2010. № 22. С. 154–172.
4. van der Vaart A.W. *Asymptotic Statistics* (Cambridge Series in Statistical and Probabilistic Mathematics). Cambridge University Press, 2000.
5. Pollard D. *Empirical Processes: Theory and Applications*. Hayward, CA: Institute of Mathematical Statistics, 1990. Vol. 2 of NSF-CBMS Regional Conference Series in Probability and Statistics.

Определение областей активности нейронов в головном мозге

Никифоров Семен Юрьевич

Студент

Факультет ВМК МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: nikisimonmsu@gmail.com

Операции на мозге человека требуют высокой точности исполнения, так как некоторые отделы мозга не способны к самостоятельному восстановлению. Случайное повреждение этих областей может привести к необратимым последствиям, в связи с чем решение задачи по определению области активности нейронов в головном мозге позволит минимизировать риск врачебных ошибок.

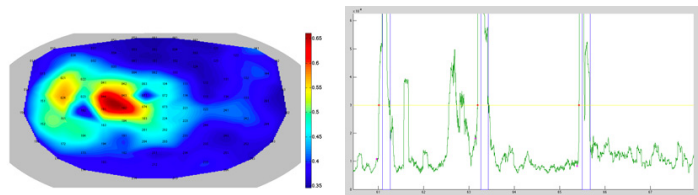
Центром нейро-когнитивных исследований проводились следующие эксперименты: пациенты совершали периодические движения указательным пальцем одной из рук и приборами фиксировались мозговая (электроэнцефалограмма) и мышечная (миограмма) активность, а так же показания акселерометра, закрепленного на пальце. На этапе обработки полученных данных главной задачей явля-

ется точное определение начала движения пальца пациента (по миограмме и акселерометру) и последующий перенос полученных точек на электроэнцефалограммы. Из-за невозможности обеспечить идеальные условия эксперимента данные электроэнцефалограмм включают большое количество шумов, которые необходимо удалить, не затрагивая полезный сигнал. В результате усреднения обработанных электроэнцефалограмм (с учетом расставленных ранее точек начала движения) возможно выделить электроэнцефалограммы с наибольшими "изменениями". Именно они и будут соответствовать областям активности нейронов в головном мозге.

Таким образом в решении задачи можно выделить следующие основные этапы:

1. Обработка сигналов (различные виды фильтрации, выделение зон движения).
2. Усреднение электроэнцефалограмм для усиления полезного сигнала.
3. Нахождение наиболее «сильных» сигналов.
4. Определение областей активности нейронов и построение карт активности.

Иллюстрации



Карта датчиков с областями активности (слева) и расстановка точек начала движения по дисперсии миограммы (справа)

Запреты в цепях Маркова

Пекичев Павел Валентинович

Аспирант

Факультет ВМК МГУ имени М. В. Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: pavelpek@mail.ru

Нередко для решения практических задач бывают полезны состоятельные последовательности критериев. В некоторых случаях построение критерия может быть довольно трудной задачей. В работе [1] было определено понятие “запрета” в дискретной вероятностной схеме, и доказаны необходимые и достаточные условия, при которых

существуют состоятельные последовательности критериев, критические множества которых определяются через запреты. Использование “запретов” может значительно облегчить проверку статистических гипотез о рассматриваемой вероятностной схеме. Важной задачей является поиск вида запретов для конкретной вероятностной схемы. Это поможет определять принадлежность наблюдаемой последовательности критическому множеству.

Многие статистические задачи (например, в области информационной безопасности) моделируются цепями Маркова. В данной работе исследуются запреты и их вид в дискретных цепях Маркова с конечным числом состояний. Для этого используются информационные критерии определения порядка цепи Маркова. Также рассматривается вид запретов в циклических цепях Маркова.

Работа выполнена благодаря поддержке и руководству А.А. Грушо.

Литература

1. А.А. Грушо, Е.Е. Тимонина. Запреты в дискретных вероятностно-статистических задачах. // Дискретная математика. 2011.
2. Imre Csiszar, Paul C. Shields. The consistency of the BIC Markov order estimator. // The Annals of Statistics. 2000, Vol.28, No. 6, 1601-1619

О некотором свойстве экспонент случайных матриц

Ряудина Дарья Владимировна

Студент

Факультет ВМК МГУ имени М.В.Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: d.raudina@gmail.com

Теория случайных матриц начала свое активное развитие с 50-х годов XX-го века, чему способствовали достижения в области ядерной физики. Так, например, с помощью собственных значений и собственных векторов случайных матриц описываются спектры медленных нейтронов[1]. Также теория случайных матриц с успехом применяется при разрешении проблемы локализации нулей дзета-функции Римана - их локальные отклонения идентичны отклонениям собственных значений матриц из унитарного ансамбля[1].

Собственные значения случайных матриц являются важным объектом исследования в риск-менеджменте. Существует модификация метода Марковица диверсификации портфеля, основывающаяся на предположении о случайности матрицы корреляций, которая позволяет избежать известной проблемы недоопределения риска [4].

В последние годы достаточно активно ведется исследование свойств сингулярных значений случайных матриц. Это обусловле-

но возможностью их вычисления для прямоугольных матриц, в отличие от собственных значений. В работах Н. Алексеева, F. Götze, А. Тихомирова [2], [3] рассматривалось распределение сингулярных значений натуральных степеней случайных матриц. Группой ученых было показано, что это распределение сходится к распределению Фусса-Каталана.

Рассмотрение свойств сингулярных чисел экспонент случайных матриц является попыткой расширить результаты Н. Алексеева, F. Götze, А. Тихомирова на другие матричные функции. Основной интерес представляет сходимость функции распределения.

Литература

1. Mehta M.L. Random Matrices. 3rd edition. Elsevier Academic Press, 2004.
2. Alexeev N., Götze F., Tikhomirov A. Asymptotic Distribution of Singular Values of Powers of Random Matrices. //Preprint. arXiv: 1002.4442v1
3. Alexeev N., Götze F., Tikhomirov A. On the Asymptotic Distribution of Singular Values of Powers of Random Matrices. //Preprint. arXiv: 1012.2743v1
4. Laloux L., Cizeau P., Potters M., Bouchaud J.-P. Random Matrix Theory and Financial Correlations. //Int. J. Theoret. & Appl. Finance 3 (3) (2000) 391-397

Метод определения оптимального вейвлета на основе исследования его АЧХ

Твердохлеб Юлия Владимировна

Студент

Факультет информатики и вычислительной техники Запорожского национального технического университета, Запорожье, Украина

E-mail: tv_julia@mail.ru

Вейвлет-анализ является на сегодняшний день одной из самых перспективных технологий анализа данных. Его инструменты находят применение в самых различных сферах интеллектуальной деятельности.

Вейвлетное преобразование сигналов является обобщением спектрального анализа, типичный представитель которого – классическое преобразование Фурье. Вейвлет-анализ предлагает для обработки данных обширный набор инструментов, которые помогают разделить исходный сигнал на составляющие и увидеть его структуру на разных масштабах [1-2]. Вейвлет-фильтры позволяют не только бороться с шумами, но и извлекать требуемые компоненты сигнала.

Поскольку вейвлеты обладают хорошей частотно-временной адаптацией, они могут служить удобным инструментом для исследования частотных характеристик сигнала [3].

В работе [4] для построения амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) вейвлета было предложено на основном диапазоне частот построить зависимость отношений среднеквадратических значений восстановленного и исходного сигнала от частоты. Данный подход применим только для вейвлет-семейств, имеющих скейлинг-функцию, наличие которой является необходимым условием для восстановления сигнала [2]. Поэтому для снятия выше приведенного ограничения, автором предложено исследовать чувствительность вейвлет-коэффициентов от частоты.

При построении АЧХ вейвлета сначала выполняется прямое вейвлет-преобразование. Исходным сигналом при этом служит синусоида фиксированной амплитуды. После этого вычисляется отношение среднеквадратических значений коэффициентов разложения и исходного сигнала. Процедура повторяется для различных частот в заданном интервале (от 0 Гц до частоты Найквиста) [2].

Для каждого лепестка АЧХ определены следующие параметры: начальная, конечная и центральные частоты, ширина лепестка, частоты полосы пропускания, ширина полосы пропускания, среднеквадратические отклонения вейвлет-коэффициентов к исходному сигналу для каждого из выше перечисленных параметров.

Для определения оптимального вейвлета из заданного вейвлет-семейства использовались следующие параметры АЧХ: ширина полосы пропускания (L), площадь боковых лепестков (S), близость центральной частоты вейвлета к исследуемой частоте сигнала (dFr). Тогда оптимальный вейвлет будет определен следующим образом:

$$F(L, S, dFr) \rightarrow \min.$$

Автором были исследованы следующие вейвлет-семейства: Добеши, Симлеты, Койфлеты, биортогональные и дуально биортогональные вейвлеты, Мейера, Гауссовы вейвлеты, вейвлет «Мексиканская шляпа», Морле, Хаара. Выявлены характерные черты по каждому вейвлет-семейству.

Литература

1. Смоленцев Н.К. Основы теории вейвлетов. Вейвлеты в MATLAB. М., 2008.
2. Воробьев В.И., Грибунин В.Г. Теория и практика вейвлет-преобразования. СПб., 1999.
3. Филипский Ю.К., Агаджанян А.Р. Сравнительный анализ частотно-временных методов обработки сигналов // Труды Одесского политехнического университета. 2009. С. 175-179.
4. Шитов А.Б. Разработка численных методов и программ, свя-

занных с применением вейвлет-анализа для моделирования и обработки экспериментальных данных. Дисс. канд. техн. наук. Иваново, 2001.

Использование вейвлет-анализа в климатических исследованиях

Хазиахметов Максим Шамилович

Аспирант

Факультет ВМК МГУ имени М.В.Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: khaziakhmetov@yandex.ru

В настоящее время существует множество методов анализа и обработки цифровых сигналов. Классическим подходом является преобразование Фурье. Сравнительно новый метод для данной предметной области – вейвлет-анализ. Он применяется для удаления шумов в сигналах, сжатии, задачах распознавания образов и т. п. Подробные сведения о теории вейвлет-преобразования и его приложениях можно найти в [1, 2, 3, 5].

Данная работа (более полно она описана в [4]) посвящена применению вейвлет-анализа в исследованиях поля водяного пара Земли. Изучение именно этой составляющей земной атмосферы обусловлено тем, что она включает в себе наибольшую энергию вследствие большой теплоемкости воды. Многие процессы, происходящие в данном поле, являются периодическими, вместе с тем, значительный интерес представляют и непериодические явления. Изучение процессов, происходящих в поле водяного пара, способно помочь объяснить и предсказать многие атмосферные явления, например, тропические циклоны.

Данные для исследований были предоставлены Институтом космических исследований РАН. Они имели вид карт плотности водяного пара над поверхностью Земли размером 360 на 720 точек (то есть с шагом в 0,5 градуса широты/долготы) для каждого дня с 01.01. 1999 до 31.12.2009 включительно, на которых каждой точке ставилось в соответствие целочисленное значение – плотность в $\text{кг}/\text{м}^2$.

Обработка данных была проведена в 2-х направлениях:

1. Анализ временных рядов для каждой точки карт плотности;
2. Меридиональный анализ (анализ плотности водяного пара вдоль меридиана).

Применение вейвлет-разложения к временным рядам позволило выделить главные частоты для каждого уровня декомпозиции, что позволило ввести т. н. «карты частот», показывающие изменчивость поля водяного пара в каждой точке на заданном интервале времени. Предложенный подход позволил выявить сотрудникам ИКИ РАН

новые более тонкие закономерности в данных, локализовать зоны с различной вариабельностью поля водяного пара, а также подтвердить известные сезонные закономерности.

Меридиональный анализ подразумевает исследование временных рядов плотности водяного пара вдоль фиксированного меридиана совместно. Это позволило рассматривать активность в поле водяного пара с позиций не только времени, но и пространства. Были зафиксированы различия как в краткосрочных, так и в долгосрочных процессах в зависимости от географической широты.

В настоящее время исследуется возможность применения результатов работы для прогнозирования атмосферных явлений.

Литература

1. Захарова Т. В., Шестаков О. В. Вейвлет-анализ и его приложения. Учебное пособие. 2-е изд. М., 2012.
2. Малла С. Вэйвлеты в обработке сигналов. Пер. с англ. М., 2005.
3. Смоленцев Н. К. Основы теории вейвлетов. Вейвлеты в Matlab. М., 2005.
4. Хазиахметов М. Ш., Шрамков Я. Н., Захарова Т. В. О применении вейвлет-анализа в задачах климатических исследований // Обозрение прикладной и промышленной математики, 2011. Т.18. Вып. 1. С. 153-155.
5. Bogges A., Narkovich F. A first course in wavelets with Fourier analysis. Prentice Hall, 2001.

Проектирование программ позиционирования космических аппаратов по видеосигналу

Ярошенко Илья Игоревич

Студент

Факультет ВМК МГУ имени М. В. Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: ilyayaroshenko@gmail.com

Данная работа предлагает базовые алгоритмы по позиционированию космических аппаратов относительно друг друга по видеосигналу.

Представленные в работе алгоритмы базируются на основе обратной (относительно координат) задачи синтеза фотореалистичных изображений. Результатом решения обратной задачи является двоичное дерево разбиений n -мерного пространства. Пространство имеет компоненты, отвечающие физическим и алгоритмическим параметрам. Построение и оптимизация данного дерева выполняется программой на супер-ЭВМ.

Основным достоинством предложенного метода является простота оценки надежности и точности полученных деревьев. Полученные в ходе тестирования оценки поставляются на бортовой компьютер

вместе с программой. На их основе можно выбрать наиболее удачные условия для сближения космических аппаратов.

Выполнение программы компьютером космического аппарата представляет собой обход листовых элементов. Для обхода используется специальный эвристический алгоритм с предсказаниями. Данный алгоритм использует большое количество отложенных вычислений. Другими словами, вычисляет лишь часть параметров. С целью повышения надежности алгоритм выполняется тремя волокнами (fibers).

Данные, предоставляемые волокнами, обрабатываются одним из них с использованием статистических методов. Статистическая обработка имеет две цели:

1. Получение предсказаний для эвристического алгоритма,
2. Анализ корректности сделанных выводов о взаимном расположении космических аппаратов.

Литература

1. <https://github.com/9il/lom2012>. Материалы конференции.

Расписание заседаний секции «Вычислительная математика и кибернетика»

Заседания секции «Вычислительная математика и кибернетика» проходят 10 – 11 апреля 2012 года по адресу: 119991, Москва, ГСП-1, Ленинские Горы, д. 1, стр. 52, факультет Вычислительной математики кибернетики.

Компьютерная графика

Вторник, 10 апреля, 10:30–14:10, аудитория 523

Руководитель секции — Конушин Антон Сергеевич.

Численные методы, математическое моделирование и исследование операций

Вторник, 10 апреля, 14:30–16:10, аудитория 523

Руководители секции — Мокин Андрей Юрьевич, Позднеев Александр Валерьевич.

Оптимальное управление

Вторник, 10 апреля, 10:30–13:00, аудитория 510

Руководители секции — Дарьин Александр Николаевич, Капалин Иван Владимирович, Ровенская Елена Александровна.

Дифференциальные уравнения

Вторник, 10 апреля, 13:20–15:50, аудитория 510

Руководители секции — Смирнов Илья Николаевич, Холмоеева Анна Андреевна, Гончаров Олег Игоревич.

Математические методы прогнозирования и дискретная математика

Среда, 11 апреля, 12:10–15:40, аудитория 526Б

Руководители секции — Майсурадзе Арчил Ивериевич, Федорова Валентина Сергеевна.

Программирование

Среда, 11 апреля, 15:00–18:00, аудитория 510

Руководители секции — Дмитриев Леонид Вадимович, Корныхин Евгений Валерьевич, Корухова Юлия Станиславовна, Морозов Владимир Анатольевич, Сальников Алексей Николаевич.

Стохастический анализ и его приложения

Среда, 11 апреля, 18:10–20:00, аудитория 510

Руководители секции — Шевцова Ирина Геннадьевна, Нефедова Юлия Сергеевна.

Именной указатель

Абдукаримов М.Ф., 71
 Алексеев Д.В., 44
 Алехин В.Ю., 10
 Аристов А.И., 72
 Артемьева Л.А., 55
 Афанасьев В.В., 11
 Афанасьева А.Е., 12
 Ахватова К.В., 46
 Баграмян Т.Э., 56
 Беккер А.В., 90
 Беликов А.В., 73
 Биккулов Д.А., 118
 Бодров А.Г., 47
 Борисов А.В., 13
 Варганов С.А., 43
 Вещинская В.В., 57
 Волканов Д.Ю., 116
 Гайнуллова С.Р., 74
 Галиев Д.Р., 48
 Германов К.С., 15
 Гитман Ю.А., 16
 Гладыш С.В., 119
 Гончаренко М.Б., 141
 Гончаров А.С., 59
 Грачев Д.А., 75
 Губанова М.А., 60
 Дворяков К.В., 18
 Динь В.Ш., 20
 Долматова М.С., 53
 Дорофеев Н.Ю., 92
 Дударенко М.А., 93
 Егоров И.Е., 76
 Ерофеев М.В., 22
 Жаркова А.В., 95
 Желтков Д.А., 96
 Жуковский С.З., 79
 Жулин С.С., 23
 Зайцев В., 121
 Зейналов Р.Ш., 25
 Зимовнов А.В., 98
 Зипа К.А., 23
 Зорин Д.А., 133
 Ильин А.А., 23, 26

Исупова О.О., 100
 Карпов И.А., 122
 Карпунин И.А., 26
 Кац Д.С., 78
 Кириллов А.Н., 101
 Климов Г.А., 142
 Колесников А.А., 102
 Колосова Г.Г., 28
 Конотоп Д.И., 29
 Корягин Е.В., 123
 Куренной А.С., 61
 Лебедев А.С., 31
 Лихоманенко Т.Н., 81
 Малахов К.В., 52
 Месяц А.И., 84
 Минаева Ю.Ю., 62
 Мингалеева З.Т., 79
 Мисатюк Н.С., 82
 Мяков П.А., 34
 Назаров А.Л., 145
 Найденов Н.А., 126
 Нападковский В.В., 32
 Наумов А.А., 143
 Некрасова В.А., 35
 Нефедов П.В., 85
 Никифоров С.Ю., 146
 Никольский И.М., 51
 Новиков К.В., 127
 Новикова А.О., 63
 Одинокоев Д.О., 84
 Орлов С.М., 64
 Пашков В.Н., 129
 Пекичев П.В., 147
 Пестун М.В., 37
 Подольский В.Э., 130
 Подымов В.Д., 133
 Полежаев В.А., 104
 Потапенко Т.А., 49
 Прокопович Г.А., 127
 Раудина Д.В., 148
 Рогожников А.М., 87
 Сабурова М.И., 134
 Самыловский И.А., 65

Саргсян В.Г., 105
 Соколов Е.А., 106
 Степанович В. А., 67
 Стрелковский Н.В., 67
 Суворов М.А., 109
 Сумин Д.А., 39
 Твердохлеб Ю.В., 149
 Туманян А.Г., 135
 Усков Е.И., 69
 Федоров А.А., 40

Фигурнов М.В., 107
 Хазиахметов М.Ш., 151
 Царьков С.В., 111
 Черепова А.Е., 112
 Чувилин К.В., 137
 Чувилина Е.В., 114
 Чурбанов Д.В., 88
 Шанин И.А., 113
 Якищук А.А., 138
 Ярошенко И. И., 152