

# Инструментальное средство **Gsim** проверки отношений симуляции моделей программ *Булычёв Пётр Евгеньевич*<sup>1</sup>

студент

Московский Государственный Университет имени М.В. Ломоносова,  
факультет Вычислительной Математики и Кибернетики, Москва, Россия

E-mail: [peterbulychev@mail.ru](mailto:peterbulychev@mail.ru)

Говорят, что две модели программ находятся в отношении симуляции, если вычисления этих моделей имеют подобную структуру. Благодаря этому, симуляция сохраняет широкий класс позитивных свойств вычислений и позволяет сводить анализ сложных моделей программ к анализу более простых моделей. В частности, отношение симуляции положено в основу всех методов абстракции, которые используются для верификации моделей программ.

Существуют различные виды симуляций – обычная, слабая, прореженная, k2-симуляция [1]. Разные отношения симуляции имеют разные алгоритмы проверки, но, тем не менее, существует универсальный теоретико-игровой подход к построению этих алгоритмов. В этом подходе проверка симуляции сводится к поиску выигрышной стратегии в конечной игре двух игроков. В частности, с помощью этого метода был получен ряд новых алгоритмов для нахождения прореженной симуляции [2].

Хотя разным отношениям симуляции соответствуют разные игры, все они имеют сходное устройство. В игре всегда участвуют два игрока. Первый игрок стремится опровергнуть симуляцию, а второй пытается доказать ее существование. Первый игрок выигрывает, если второй игрок не может совершить очередной ход. Автором настоящей заметки был разработан язык, позволяющий единообразно описывать устройство игр для разных симуляций. Описание игры включает в себя описание структуры игрового состояния, указание начального состояния, а также формальное описание правил по которым игроки могут совершать переходы.

Также было разработано программно-инструментальное средство **GSim**, которое позволяет по двум моделям и формальному описанию игры, соответствующей той или иной симуляции, выяснить, выполняется ли данная симуляция между представленными моделями. Для построения моделей используется среда верификации Лаборатории Вычислительных Комплексов ВМиК МГУ, в которой модели формируются на основе систем взаимодействующих процессов. По описанию игры и двум моделям **GSim** строит граф игры и далее проводит в нем поиск выигрышной стратегии при помощи И-ИЛИ алгоритма. В целях повышения эффективности поиска игровой граф и модели представляются в виде упорядоченных двоичных разрешающих диаграмм (OBDD).

В рамках системы верификации **GSim** были описаны обычная, прореженная ([2]), k2-симуляция. В качестве моделей программ, на которых проводилось испытание системы **Gsim**, использовались протокол избрания лидера в древесных сетях, алгоритм обедающих философов, кольцевой алгоритм Дейкстры, алгоритм двухфазной блокировки (с различными параметрами).

В дальнейшем инструментальное средство проверки симуляции моделей программ **GSim** планируется использовать в качестве ядра системы верификации параметризованных распределенных программ [3].

## Литература

1. K. Etessami, T. Wilke, R.A. Schuller. Fair Simulation Relations, Parity Games, and State Space Reduction for Buchi Automata // SIAM Journal on Computing, vol. 34, No. 5, pp. 1159-1175, 2001.
2. Bulychev P.E., Zakharov V.A. Computing (bi)simulation relations preserving CTL<sub>X</sub> logic for ordinary and fair Kripke structures // Труды Института системного программирования РАН (ред. В.П. Иванников), т. 12, 2007.
3. Zakharov V.A., Konnov I.V. On the verification of asynchronous parameterized networks of communicating processes by model checking // Труды Института системного программирования РАН (ред. В.П. Иванников), т. 12, 2007.

---

<sup>1</sup> Автор выражает глубокую признательность своему научному руководителю к.ф.-м.н. доценту В.А. Захарову за помощь в написании тезисов

**Оценка характеристик вычислительного процесса при использовании  
транспарентного распараллеливания**

**Бурдейный Виктор Викторович<sup>2</sup>**

*студент*

*Одесский национальный университет им И.И. Мечникова, Одесса, Украина*

*E-mail: vburdejny@gmail.com*

Задача оценки времени выполнения участков кода, как и сходная задача нахождения узких мест (bottlenecks), играют важную роль в процессе разработки прикладных программ. В случае параллельных вычислений эти задачи могут также решаться с целью оценки требуемых параметров вычислительной системы. В данной работе рассматривается решение этих задач в рамках технологии транспарентного распараллеливания, основанного на заказах, описанной в [1]. Эта технология основана на прозрачном вынесении выполнения некоторых процедур на другие компьютеры кластера и внесении изменений в переданные им значения выходных параметров при первом обращении из вызывающей процедуры.

В данной работе предлагается методика динамического анализа процесса выполнения параллельного приложения, основанная на идее о том, что во время тестового запуска приложения можно не выполнять некоторые трудоемкие вычисления, если можно достаточно точно оценить время их выполнения, а их результат не используется прямо или косвенно в каких-либо условных операторах. Предлагаемая методика анализа состоит из четырех этапов.

На первом этапе пользователь выделяет в программе некоторые блоки, время выполнения которых можно оценить с двух сторон одной оценкой с точностью до константы, которые не содержат отправок заказов или запросов к данным и результат выполнения которых не влияет на ход дальнейшего выполнения программы. Эти блоки необходимо обмотать отправкой уведомлений инструментарию о значении оценки времени их выполнения при данном вызове и проверкой необходимости выполнения блока. На втором этапе производится выполнение набора тестов для оценки констант в асимптотических оценках времени выполнения блоков. На третьем этапе производится выполнение программы, причем выделенные блоки не выполняются, а время их выполнения считается равным произведению значения асимптотической оценки времени их выполнения на оценку соответствующей константы. Подобное приближение является относительно грубым, но достаточным для решения широкого круга задач [2]. Результатом этого этапа является т.н. «картина вычислений», содержащая для каждого выполненного заказа время его выполнения и моменты отправки заказов и запросов данных. На четвертом этапе производится эмуляция выполнения программы на кластере определенного состава (именно с этим связано предлагаемое название методики – «эмуляция вычислений»). Отметим, что эмуляция вычислений может быть после изменения некоторых условий частично повторена. Например, можно, изменяя состав эмулируемого кластера, повторять только четвертый этап.

**Литература**

1. Павленко В.Д., Бурдейный В.В. (2006) Принципы организации кластерных вычислений с помощью неявного распараллеливания, основанного на заказах // Труды III Международной конференции «Параллельные вычисления и задачи управления» РАСО '2006 памяти И.В. Прангишвили. – С. 670 – 690, CD ISBN 5-201-14990-1
2. Fissgus U. A (2001) Tool for Generating Programs with Mixed Task and Data Parallelism. Dissertation, University Halle-Wittenberg (<http://sundoc.bibliothek.uni-halle.de/diss-online/01/01H119/prom.pdf>)

---

<sup>2</sup> Автор выражает признательность доценту, к.т.н., с.н.с. Павленко В.Д. за помощь в подготовке тезисов.

## Вероятностный подход к оценке технического состояния объектов

**Владова Алла Юрьевна**

преподаватель

Оренбургский государственный университет, Оренбург, Россия

E-mail: [avladova@rambler.ru](mailto:avladova@rambler.ru)

Оценку технического состояния (ТС) линейных частей трубопроводов проводят на основе традиционных методов строительной механики с использованием концепции коэффициентов запаса, что не в полной мере учитывается разнообразие условий эксплуатации и сочетание различных факторов и обуславливает повышение значимости вероятностных моделей /1/. Один из самых ответственных объектов газовой промышленности – трубопровод (ТП) представляет собой иерархическую систему со множеством стохастических состояний, сложной структурой переходов и адекватным математическим аппаратом, способным описать и найти вероятности переходов, является аппарат теории графов. Разработка графовой модели ТС ТП предполагает выяснение количества типов повреждений и разработки соответствующей модели состояний ТП, нахождение собственных и взаимных интенсивностей потоков повреждений ТП, решение задач идентификации КС относительно вероятностей состояний. Экспериментальные исследования ряда ТП-ов на этапе длительной эксплуатации показывают, что количество классов всегда конечно, что дает конечное количество типов повреждений, не превышающее пяти, одно из которых является начальным, соответствующем наработке /2/. В соответствии с полученными результатами построен граф  $G$  для двух внутритрубных дефектоскопий (ВТД), в котором  $S1_0, \dots, S2_3$  – коррозионные состояния ТП, определяемые номером ВТД и типом повреждения.

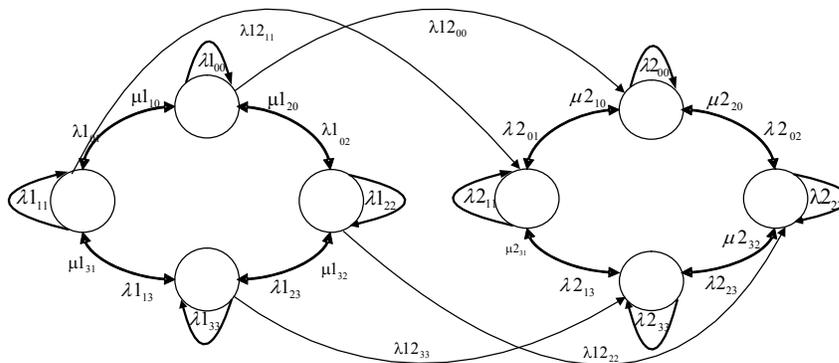


Рисунок – Графовая модель состояний ТП с тремя типами повреждений, полученная по результатам двух ВТД

Математическая модель ТС ТП представляет собой систему 8-ми линейных дифференциальных уравнений с неизвестными вероятностями как функциями времени  $p1_0(t), \dots, p2_3(t)$ .

### Литература

1. Куликов В.Д., Шибнев А.В., Яковлев А. Е., Антипов В. Н. Промысловые трубопроводы. – М.: Недра, 1994. -303 с.
2. Владова А. Ю., Владов Ю. Р. Автоматизированная идентификация состояния трубопроводных систем в машиностроении Учебное пособие. Рег. уч. номер 17В02442005. - Оренбург: ГОУ ВПО ОГУ, 2005. -101 с.

## Автоматизация создания адаптеров для сред неоднородных распределенных информационных источников

**Вовченко Алексей Евгеньевич**

*студент*

*Московский Государственный Университет имени М.В. Ломоносова,  
факультет Вычислительной Математики и Кибернетики, Москва, Россия*

*E-mail: [itsnein@gmail.com](mailto:itsnein@gmail.com)*

Основной идеей инфраструктуры решения задач над неоднородными распределенными информационными источниками является введение промежуточного слоя между информационными источниками и потребителями информации [1]. Компонентами промежуточного слоя являются предметные посредники, существующие независимо от информационных источников.

Схема посредника определяется приложением и не зависит от схемы источников. Релевантные посреднику источники регистрируются как взгляды над виртуальными классами схемы посредника. При решении задач запросы посредника формулируются в терминах его схемы. Посредник переписывает [2] запрос в терминах локальных источников. Источники возвращают объединенный результат посреднику для выполнения дальнейших операций в ходе решения задачи. Источники регистрируются в посредниках независимо друг от друга.

Адаптеры реализуют унифицированный интерфейс доступа посредника к разнородным информационным источникам. Различные модели источников должны поддерживаться разными адаптерами.

Основными компонентами любого адаптера являются: Translator (осуществляющий преобразование запросов в канонической модели посредника в запросы модели источника), Constructor (осуществляющий преобразование объектов, представленных в различных моделях), VOClass Receiver (осуществляющий прием данных от других адаптеров), Transformation Schema (осуществляющая разрешение конфликтов имен и типов, используемых в схеме посредника и источника). Кроме того, три компонента осуществляют связь адаптера с источником: Native Query Interface, Native Object Receiver, Native Object Loader.

Все компоненты адаптера можно разделить на три группы: компоненты, зависящие от модели данных (Translator, Constructor, Transformation Schema), компоненты не зависящие от модели данных (VOClass Receiver), компоненты зависящие от конкретного источника (Transformation Schema, Native Query Interface, Native Object Receiver, Native Object Loader).

Компоненты, не зависящие от модели источника, можно создавать автоматически. Компоненты, зависящие от модели источника, можно создавать полуавтоматически посредством разрабатываемого инструментария – Генератора Адаптеров. Существенной частью этого инструментария является система ASF+SDF Meta-Environment, основанная на теории переписывания термов [3] и позволяющая упростить создание необходимых в адаптере трансляторов.

Апробация разрабатываемого подхода будет производиться в рамках инфраструктуры Российской виртуальной обсерватории, использующей в своей основе систему AstroGrid (<http://synthesis.ipi.ac.ru/synthesis/projects/astromedia>).

### Литература

1. Л.А.Калиниченко. Методология организации решения задач над множественными распределенными неоднородными источниками информации. Сборник трудов Международной конференции «Современные информационные технологии и ИТ-образование», МГУ, 2005 г., с. 20 – 37
2. Kalinichenko L.A., Martynov D.O., Stupnikov S.A. Query rewriting using views in a typed mediator environment. Proceedings of the East-European Conference on “Advances in Databases and Information Systems” (ADBIS'04), Hungary, Budapest, Springer, Lecture notes in Computer Science, Vol. 3255, September 2004
3. <http://www.cwi.nl/htbin/sen1/twiki/bin/view/Meta-Environment/WebHome>

## Предварительная подкачка кода для микропроцессора Эльбрус-3М

*Галазин Александр Борисович*

*аспирант*

*ЗАО «МЦСТ», Москва, Россия*

*E-mail: [galazin@mcst.ru](mailto:galazin@mcst.ru)*

Производительность современных микропроцессоров существенно зависит от эффективной загрузки их вычислительных устройств. Наиболее известным способом обеспечения непрерывной работы микропроцессора и снижения количества блокировок конвейера является организация иерархической системы памяти с использованием кэшей разных уровней. Кроме того, используются программные, аппаратные и комбинированные методы предварительной подкачки данных. Совокупность этих подходов позволяет обеспечить практически полную загрузку вычислительных устройств микропроцессора для некоторых классов задач. Однако, как показывают исследования, эти методы оказываются неэффективными для больших системных приложений, таких как операционные системы, оконные менеджеры и базы данных [1]. В этих приложениях обрабатываются значительные объемы информации, которая хранится в структурах, слабо поддающихся анализу во время компиляции, а код приложения состоит из больших ациклических участков. Потребность в повышении эффективности работы микропроцессора во время обработки этих приложений определяется их частым использованием в реальной жизни.

В отличие от научных приложений, в которых значительное влияние на производительность оказывают блокировки по ожиданию данных, в системных приложениях более важную роль играют блокировки по ожиданию кода. Подобные блокировки возникают при передаче управления на инструкцию, которая отсутствует в буфере инструкций, в результате чего микропроцессор вынужден посылать запрос в оперативную память, что приводит к простоям конвейера.

Для уменьшения блокировок по ожиданию кода предложены различные аппаратные и комбинированные подходы.

Программные методы предварительной подкачки кода практически не рассматриваются в литературе, тем не менее, программная предварительная подкачка важна для микропроцессоров, реализующих архитектуру с широким командным словом, поскольку для таких микропроцессоров весь анализ возможности параллельного исполнения инструкций передан компилятору.

В работе рассмотрен программный метод предварительной подкачки кода для микропроцессора Эльбрус-3М [2]. Описываются аппаратные особенности архитектуры и особенности исполняемого кода, созданного оптимизирующим компилятором, обуславливающие потребность в предварительной подкачке.

Предлагаемый метод реализован в составе оптимизирующего компилятора для микропроцессора Эльбрус-3М и исследовался на различных задачах пакетов Spec95, Spec2000, в которых ожидание кода может вносить значительный вклад в итоговое время исполнения программы.

Несмотря на то, что на некоторых приложениях было обнаружено незначительное увеличение времени работы, связанное с переходом блокировок по ожиданию кода в блокировки по ожиданию данных, исследования показали повышение производительности на большинстве выбранных задач.

### Литература

1. *Nagle D., Uhlig R., Mudge T., Sechrest S., Emere J.* Instruction Fetching: Coping with Code Bloat // Proc. of the 22th Annual International Symposium on Computer Architecture, June 1995. P. 345-356.
2. *Babayan B.* E2K Technology and Implementation // Proc. of the 6th International Conf. Euro-Par 2000 – Parallel Processing. Vol. 1900/2000, January 2000. P. 18-21.

## Методика автоматизированного анализа цифровых флюорографических снимков

**Гуреев Алексей Петрович**

аспирант, ассистент

Муромский Институт Владимирского Государственного Университета, Муром, Россия

E-mail: [gureevalexey@mail.ru](mailto:gureevalexey@mail.ru)

Современные системы диагностики для исследования заболеваний внутренних органов позволяют использовать снимки, полученные в результате ультразвукового, магниторезонансного или рентгеновского излучения. Если представить полученное изображение в виде цифрового сигнала, то появляется возможность улучшения, выделения, распознавания, препарирования и других процедур обработки и анализа изображений с помощью ЭВМ, что позволяет облегчить работу врача-эксперта и повысить качество диагностирования патологий.

При проведении автоматизированного анализа флюорограмм и обнаружении на них патологических участков необходимо обнаружить и подавить на флюорограмме изображения тех частей скелета, которые мешают визуальному восприятию анализируемой области. Такими объектами являются задние и передние части ребер [1].

Изображения ребер представляют собой полосовые объекты, поэтому для проверки наличия фрагмента ребра на исходном изображении  $f(x, y)$  в точке  $(x_0, y_0)$  можно выполнить интегральное преобразование как скалярное произведение (свертка) [2]:

$$h(\theta, \sigma) = \int_{-\infty-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} f(x - x_0, y - y_0) Rot_{\theta} P(x) \cdot G(x, y) dx dy, \quad (1)$$

где  $Rot_{\theta}$  - оператор вращения профиля ребра  $P(x)$  вокруг оси аппликат на угол  $\theta$ ;

$G(x, y) = e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}}$  - гауссоид.

Полученный отклик  $h(\theta, \sigma)$  на детектирование позволяет определить в каждой точке изображения ширину и угол наклона полосовых объектов, соответствующих заданному профилю ребра. Несмотря на то, что рентгеновские лучи проходят через костную ткань намного хуже, чем через мягкие ткани, изображения скелета имеют некоторую степень прозрачности, что позволяет подавить изображение ребер путем вычитания оптической составляющей ребер из оптической составляющей легочного поля (фона).

Следующим этапом обработки является выделение признаков изображения для распознавания при помощи текстурного анализа. В качестве вектора локальных признаков на изображении использовались фильтры Габора. Этот подход мотивирован современными представлениями о психофизической природе человеческого зрения.

Последним этапом распознавания является применение порогового классификатора, который по имеющимся характеристическим векторам определяет участки изображения с подозрениями на патологию.

Разработанный алгоритм подавления ребер с последующим поиском патологических участков по текстурным признакам был исследован на реальных и тестовых изображениях. Полученные результаты позволяют сделать вывод, что успех анализа сильно зависит от выбранного классификатора и от качества его обучения на возможные виды патологий.

### Литература

1. Гуреев А.П., Захарова Е.А. К вопросу создания системы автоматизированного анализа флюорографических снимков. Системы и методы обработки и анализа информации: Сборник научных статей – М.: Горячая линия – Телеком, 2005, С. 98-103.
2. Орлов А.А. Выделение полосовых объектов на цифровых изображениях. Составляющие научно-технического прогресса: сборник материалов 2-й международной научно-практической конференции – Тамбов: Першина, 2006, С. 202-204.

## Локализация красных глаз на изображении при помощи метода деформируемых моделей

*Дегтярева Анна Александровна*

*Соискатель*

*Московский Государственный Университет имени М.В. Ломоносова,  
факультет Вычислительной Математики и Кибернетики, Москва, Россия*

*E-mail: [adegtiareva@graphics.cs.msu.ru](mailto:adegtiareva@graphics.cs.msu.ru)*

На фотопортретах, снятых со вспышкой, может проявляться так называемый эффект красных глаз – пиксели зрачка имеют на изображении красный оттенок. Это происходит из-за особенности строения глаза человека – светочувствительный элемент фиксирует цвет капилляров глазного дна, который невозможно заметить невооруженным взглядом. Для устранения эффекта красных глаз на цифровом фотоснимке достаточно локализовать пиксели, относящиеся к зрачку, и изменить их цвет.

Предложенный алгоритм локализации пикселей зрачка на изображении базируется на методе деформируемых моделей [1], основная идея которого заключается в подборе параметров аналитически заданной модели искомого объекта. Модель объекта, в данном случае зрачка, инициализируется параметрически заданным шаблоном. Шаблоном зрачка может выступать окружность. Параметры шаблона – координаты центра и радиус окружности – итеративно модифицируются таким образом, чтобы построенная по нему модель наилучшим образом соответствовала зрачку на изображении. При инициализации модели центр окружности задается пользователем, а радиус устанавливается минимально возможным (для дискретного изображения – один пиксель).

Функция несоответствия модели к исходным данным для поставленной задачи может быть выражена величиной, обратнопропорциональной количеству красных пикселей на исходном изображении, попавших внутрь окружности, моделирующей зрачок. На каждом шаге алгоритма параметры модели меняются так, чтобы минимизировать функцию несоответствия. Алгоритм завершает работу, когда ни один из параметров модели не может быть изменен так, чтобы функция несоответствия уменьшилась. Шаги работы алгоритма показаны на рис.1.

Для корректного определения степени красноты пикселя входное изображение предварительно переводится в цветовую систему HSV, где цветность отделена от яркостной составляющей.

Алгоритм был протестирован на реальных данных, полученных различными цифровыми фотоаппаратами при разных условиях съемки. На рис.2 представлены некоторые результаты работы алгоритма.



Рис.1. Работа алгоритма. Слева – инициализация модели, справа – результат.



Рис.2. Результаты работы алгоритма.

### Литература

1. Terzopoulos D., Platt J., Barr A., Fleischart K. (1987) Elastically Deformable Models // Computer Graphics, Volume 21, Number 4, pp.205 - 214.

# Ньютоновские методы для отыскания особых решений систем нелинейных уравнений

*Ерина Мария Юрьевна*

*математик*

*ВЦ РАН, Москва, Россия*

*E-mail: [yerina@ccas.ru](mailto:yerina@ccas.ru)*

Рассматривается уравнение

$$F(x) = 0, \quad (1)$$

где  $F: O \rightarrow R^m$  – дважды непрерывно дифференцируемое отображение,  $O \subset R^n$  – открытое множество,  $n \geq m$ . Решение уравнения  $\bar{x} \in O$  называется особым, если  $\text{rank } F'(\bar{x}) < m$ .

Данный доклад посвящен проблеме численного отыскания особых решений уравнения (1). Один из наиболее естественных и продуктивных подходов к построению эффективных численных методов поиска особых решений основан на использовании так называемых определяющих систем. Такие системы, помимо уравнения (1), включают в себя дополнительные уравнения, характеризующие структуру особенности отображения  $F$  в решении  $\bar{x}$ , причем так, чтобы в естественных предположениях точка  $\bar{x}$  была изолированным решением новой системы. В этом случае  $\bar{x}$  можно искать применением к определяющей системе методов ньютоновского типа.

Структура особенности  $F$  в точке  $\bar{x}$  описывается матричным уравнением  $\bar{P}F'(x) = 0$ , где  $\bar{P} \in R^{m \times m}$  – проектор на некоторое прямое дополнение  $Y_2$  подпространства  $Y_1 = \text{im } F'(\bar{x})$  в  $R^m$  параллельно  $Y_1$ . Поскольку  $\bar{P}$  не может быть известно без знания искомого решения  $\bar{x}$ , то  $\bar{P}$  заменяется некоторой его аппроксимацией  $P: O \rightarrow R^m$ . В данной работе предлагается конкретный способ выбора  $P(\cdot)$  и реализация определяющей системы  $F(x) = 0$ ,  $P(x)F'(x) = 0$ .

Итерация метода Гаусса-Ньютона для определяющей системы вида  $\Phi(x) = 0$ , где  $\Phi: O \rightarrow R^m \times R^{r \times (n-m+r)}$  – гладкое отображение, записывается формулой

$$(\Phi'(x^k))^T \Phi'(x^k)(x^{k+1} - x^k) = -(\Phi'(x^k))^T \Phi(x^k).$$

Необходимым и достаточным условием того, что  $\ker \Phi'(\bar{x}) = \{0\}$ , а значит  $\bar{x}$  будет изолированным решением определяющей системы, является равенство

$$\{\xi \in \ker F'(\bar{x}) \mid F''(\bar{x})[\xi, x] \in \text{im } F'(\bar{x}) \quad \forall x \in \ker F'(\bar{x})\} = \{0\}.$$

В работе рассматривается реализация метода Гаусса-Ньютона для переопределенной системы  $\Phi(x) = 0$ , формулируются условия его локальной сверхлинейной сходимости. Также предлагается конструктивный способ локальной идентификации числа  $r = \text{cogrank } F'(\bar{x})$ , основанный на оценке расстояния до решения. Приводятся результаты вычислительных экспериментов для полученного алгоритма и сравнение этих результатов с поведением обычного метода Ньютона, применяемого к исходному уравнению (1).

## Литература

1. Брежнева О.А., Измаилов А.Ф. О построении определяющих систем для отыскания особых решений нелинейных уравнений // ЖВМ и МФ. 2002. Т. 42, № 1. С. 10-22.
2. Измаилов А.Ф., Штуца М.Ю. Класс ньютоновских методов для отыскания особых решений нелинейных уравнений при ослабленных требованиях гладкости // Теоретические и прикладные задачи нелинейного анализа. Изд-во ВЦ РАН. 2005. С. 62-75.
3. Измаилов А.Ф., Штуца М.Ю. Класс ньютоновских методов для нелинейных комплементарных задач // Теоретические и прикладные задачи нелинейного анализа. М.: ВЦ РАН, 2006. С. 3-22.

## **Выявление аномалий в работе сетевых устройств по структурированной информации о трафике в компьютерной сети<sup>3</sup>**

**Жданова Мария Сергеевна<sup>4</sup>**

*инженер-программист Центра новых информационных технологий  
Московский инженерно-физический институт (государственный университет), Москва,  
Россия*

*E-mail: [mszhdanova@mephi.ru](mailto:mszhdanova@mephi.ru)*

С распространением компьютерных сетей как инструмента хранения, обработки и обмена информацией приобретает все большее значение проблема контроля над работой сети и защищенностью ее ресурсов. Для ее решения применяются различные средства, такие как межсетевые экраны, системы обнаружения/предотвращения вторжений и пр. Общее свойство этих систем – реализуемый ими сигнатурный подход, при котором защитные функции выполняются при удовлетворении правила (сигнатуры), определяющего нарушение. Отсутствие правила может стать причиной пропуска атаки и несанкционированного доступа к ресурсам сети. Альтернативой является выявление аномалий, основанное на построении шаблона нормального поведения объекта анализа и отслеживании отклонений от него. Этот подход позволяет обнаруживать нарушения, которые не имели место ранее и не отражены в базе сигнатур. Специфика выявления аномалий в работе сетевых устройств задает ряд требований к применяемым методикам, к которым относится полнота и точность шаблона, адаптация к условиям конкретной сети и изменениям в ее работе, устойчивость к наличию «шумов» в обучающих данных, снижение объема обрабатываемых данных без потери информативности.

Методика выявления аномалий базируется на многомерных методах анализа сетевого трафика, структурированного в соответствии с принципами в [1], где вводится понятие модели сетевого устройства (СУ) в виде набора характеристик СУ, извлекаемых из IP-заголовков переданных и полученных пакетов и позволяющих оценивать степень аномальности состояния СУ. Представленная в [1] методика выявления аномальных состояний на основе статистических методов анализа показала наличие ограничений при тестировании на трафике реальной сети. С учетом этих ограничений, для построения «нормального» шаблона предлагается использовать иммунный алгоритм кластеризации динамических данных [2], основанный на сетевой иммунной модели. Аномальность состояния СУ определяется при превышении текущих значений характеристик порога принадлежности к иммунной сети. Состояния, признанные аномальными, подвергаются дополнительной классификации на множестве детекторов, содержащих признаки и типы аномалий. Метод классификации строится на модели T – клетки и взаимной стимуляции в биологической иммунной системе.

Для тестирования методики использовался разработанный в ООО «ЛСТ» в сотрудничестве с ЦНИТ МИФИ программный комплекс «ЛОКАТОР БЕЗОПАСНОСТИ», реализующий накопление сетевого трафика в базе данных и анализ накопленной информации на наличие аномалий. Результаты экспериментов, проведенных как на специальном испытательном стенде, так и в реальном сегменте сети МИФИ, и сравнение с другими решениями показывают применимость рассматриваемого подхода.

### **Литература**

1. Дружинин Е.Л. (2005) Разработка методов и программных средств выявления аномальных состояний компьютерной сети: дисс. канд. техн. наук // М.: МИФИ - Б. ц.
2. Nasraoui, O. (2003) A scalable artificial immune system model for dynamic unsupervised learning // <http://ais.cs.memphis.edu/papers/ais/2003/DYNAMIC-AIS.pdf>

---

<sup>3</sup> Тезисы доклада основаны на материалах исследований, проводимых на базе ООО «ЛСТ» («Лаборатория Сетевых Технологий») и финансируемых Фондом содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере.

<sup>4</sup> Работа автора проводится под научным руководством профессора, д.т.н. Чернышева Ю.А.

## Устранение размытия в изображениях и видео

*Западинский Анатолий Борисович<sup>5</sup>*

*студент*

*Московский Государственный Университет имени М.В. Ломоносова,  
факультет Вычислительной Математики и Кибернетики, Москва, Россия*

*E-mail: [zanatolyb@mail.ru](mailto:zanatolyb@mail.ru)*

Существуют разные причины размытия изображения: неправильная фокусировка камеры, быстрое движение камеры или объектов в кадре, влияние среды. Стремление улучшить качество размытых фотографий привело к появлению целой области исследований. Восстановление размытых изображений - вычислительно сложная задача. В связи с этим, до недавнего времени, математические методы восстановления применялись лишь к фотографиям, полученным в результате астрономических исследований. Но в последнее время дешевизна любительских цифровых фотоаппаратов и видеокамер, а также рост вычислительных мощностей персональных компьютеров, повысили интерес к этой задаче.

В предлагаемой работе исследуется размытие, известное как «размытие в движении». Такое размытие появляется в результате быстрого движения самой камеры или объектов в кадре при съёмке с большим временем экспонирования. Нами разработан алгоритм определения направления и силы размытия для видео, а так же алгоритм восстановления изображений и видео при известных параметрах размытия.

Для восстановления отдельных изображений зачастую выбирают однородную модель размытия в движении, в которой направление и сила размытия задаются одним вектором для всего изображения. Однако такой подход может использоваться для решения лишь небольшого класса задач. В предлагаемом алгоритме в качестве модели размытия применяется более сложная «неоднородная модель размытия». В рамках этой модели для каждой точки изображения задается независимый вектор, выражающий направление и силу размытия. Эти вектора называются «векторами размытия». Предлагаемый алгоритм определения векторов размытия использует информацию о смещении фрагментов кадра за время экспонирования. Для этого применяется анализ движения между кадрами, аналогичный используемому при сжатии видео [1]. Смещение фрагментов кадра описывается векторами движения; затем вычисляется оценка доверия к полученным векторам движения, и восстановление применяется в областях с хорошо распознанным движением. Такой подход позволяет минимизировать количество артефактов, вызываемых неточным определением движения.

Для восстановления размытого изображения применяется модифицированный алгоритм Lucy-Richardson [2, 3]. Восстановление алгоритмом Lucy-Richardson сопряжено с появлением артефактов вблизи резких границ. Модификация заключается в комбинировании этого алгоритма с разрабатываемым нами алгоритмом восстановления без артефактов. Такой подход существенно уменьшает число артефактов восстановления и не вызывает видимого ухудшения изображения.

### Литература

[1] G. de Haan, Progress in motion estimation for video format conversion // IEEE Transactions on Consumer Electronics, Aug 2000, Vol 46 No 3, pp 449-450

[2] L. B. Lucy, An iterative technique for the rectification of observed distributions // Astronomical Journal, 1974, Vol. 79, pp. 745-754

[3] W. H. Richardson, Bayesian-based iterative method of image restoration // Journal of the Optical Society of America, January 1972, Vol. 62, pp. 55-59

---

<sup>5</sup> автор выражает благодарность своему научному руководителю к.ф.-м.н. старшему научному сотруднику Ватолину Д.С., а также аспиранту лаборатории компьютерной графики Стрельникову К.Н. за помощь в проведении исследования

## Моделирование многомерных нестационарных газодинамических процессов методом ленточно-адаптивных сеток

**Захаров Андрей Алексеевич, Ануфриев Сергей Николаевич, Левина Александра Игоревна, Дзагания Андрей Юрьевич<sup>6</sup>**

*Аспирант 2 г.о., Аспирант 2 г.о., Аспирант 3 г.о, Ассистент*

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

*E-mail: [anzakhar@mail.ru](mailto:anzakhar@mail.ru), [sanufriev@videoport.ru](mailto:sanufriev@videoport.ru), [adzag@mail.ru](mailto:adzag@mail.ru),*

В настоящей работе разработан метод решения задач многомерной нестационарной газовой динамики, основанный на регулярных адаптивных сетках [1] с ленточной структурой, и, с его помощью, моделируются процессы нестационарного двумерного и трехмерного течения воздуха в сверхзвуковых воздухозаборниках. В качестве метода построения структурной адаптивной сетки выбран алгебраический подход [2], базирующийся на методе трансфинитной интерполяции, преимуществами которого являются простота реализации, быстрота построения сетки, хорошее качество сетки для областей, имеющих плавные, не сильно деформированные границы. Для разбиения сложной трехмерной области на стандартные криволинейные блоки предлагается «обратный» способ, когда расчетная область изначально строится из блоков-примитивов в редакторе геометрии. Объединение локальных сеток осуществляется при помощи технологии ленточных адаптивных сеток [3-4]. Суть ее состоит во введении сплошной одноиндексной нумерации узлов и построении специального списка для такой нумерации. Построение численного метода решения газодинамических уравнений производится с помощью модификации разностной схемы типа Мак-Кормака.

В результате данной работы разработано специализированное программное обеспечение, включающее редактор двумерной и трехмерной геометрии, генератор сетки, решатель и визуализатор сеточных функций. При численном моделировании процессов получены распределения газодинамических параметров (давления, температуры газовой среды, вектора скорости движения газа). Показывается, что учет влияния некоторых факторов (трехмерности, выбора параметров для задания граничных условий, качества сетки) существенно влияет на параметры установившегося режима течения в канале воздухозаборника.

### Литература

1. Годунов С.К., Забродин А.В., Иванов М.Я., Крайко А.Н., Прокопов Г.П. Численное решение многомерных задач газовой динамики. М.: Наука, 1976. – 400 с.
2. Лисейкин В.Д. Метод алгебраической адаптации. // Журнал вычислительной математики и математической физики, 1998, Т.38. № 10, с. 1692-1709.
3. Димитриенко Ю.И., Изотова С.Г., Ануфриев С.Н., Захаров А.А. Численное моделирование трехмерных газодинамических процессов в камерах сгорания РДТТ на основе метода геометрически-адаптивных сеток // Вестник МГТУ им. Баумана. Сер. «Естественные науки». – 2005.-№3.
4. Димитриенко Ю.И., Захаров А.А. Разработка метода ленточных адаптивных сеток для решения трехмерных задач течения газов в воздухозаборниках. // Вестник МГТУ им. Баумана. Сер. «Естественные науки». – 2006. - №3.

---

<sup>6</sup> Авторы выражают признательность профессору, д.ф.-м.н. Димитриенко Ю.И. за помощь в подготовке тезисов.

**Внешняя полиэдральная аппроксимации многогранников,  
основанная на вычислении функции расстояния**

***Игнатенкова Анна Анатольевна***<sup>7</sup>

*аспирантка*

*Московский Государственный Университет имени М.В. Ломоносова,  
факультет Вычислительной Математики и Кибернетики, Москва, Россия*

*E-mail: ann.ign@mail.ru*

В некоторых методах построения множеств достижимости динамических систем (Методе Связанных Состояний, [1]) и задачах многокритериальной оптимизации [2] часто приходится иметь дело с полиэдральными множествами, заданными системами линейных неравенств, число которых слишком велико для анализа, визуализации или дальнейшего использования изучаемых полиэдральных множеств. Зачастую такие системы содержат большое число несущественных неравенств. В связи с этим большое значение имеют методы аппроксимации полиэдральных множеств, заданных таким образом. В [3] предложены и изучены семейства методов отсечения, основанных на вычислении дистанционной (калибровочной) функции, которая может быть легко вычислена для полиэдральных множеств, заданных системами линейных неравенств.

В развитие методов, реализующих схему отсечения для полиэдральных множеств, заданных системами линейных неравенств, нами был предложен метод, в котором отсекающими гиперплоскостями аппроксимирующего многогранника является подмножество гиперплоскостей аппроксимируемого многогранника. Такое подмножество итеративно расширяется за счет включения в него наиболее подходящей гиперграни. Для выбора гиперграни, включаемой в аппроксимацию, вычисляется расстояние от вершин аппроксимирующего многогранника до аппроксимируемого многогранника вдоль луча, исходящего из его некоторой внутренней точки. Предложен метод, позволяющий строить последующий аппроксимирующий многогранник, используя информацию о вершинах и ребрах предыдущего, без анализа взаимного расположения гиперграней.

### **Литература**

1. Лотов А.В. Методы анализа математических моделей управляемых систем на основе построения множества достижимых значений критериев качества управления, диссер. на соискание степ. д. ф.-м. н. М., ВЦ АН СССР, 1985.
2. Lotov A.V., Bushenkov V.A., and Kamenev G.K. Interactive decision maps. Approximation and visualization of Pareto frontier. Boston: Kluwer, 2004.
3. Каменев Г.К. Сопряженные адаптивные алгоритмы полиэдральной аппроксимации выпуклых тел // Ж. вычисл. матем. и матем. физ., 42(9), 1351-1367, 2002.

---

<sup>7</sup> Автор выражает признательность профессору кафедры Системного Анализа, д.ф.-м.н. Лотову Александру Владимировичу за помощь в подготовке тезисов.

## Проблема отбора в системах разностных уравнений на единичном симплексе

Капитанов Д.В., Кузенков О.А.

студент, к. ф-м н.

Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, факультет  
Вычислительной Математики и Кибернетики, Н.Новгород, Россия

E-mail: [ocherk@list.ru](mailto:ocherk@list.ru)

Целью работы является исследование систем разностных уравнений вида

$$\Delta x_i = F_i(x)\Delta t \quad (1)$$

при выполнении условий

$$x_i \geq 0, \quad \sum_{i=1}^n x_i = 1, \quad i = \overline{1, n}. \quad (2)$$

Здесь и далее под  $x$  понимается  $n$  — мерный вектор  $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ , а  $\Delta x_i = x_{i,k+1} - x_{i,k}$ . Систему (1), при условиях (2) будем называть системой на симплексе. В [1] доказано, что для системы (1) при условиях (2) справедливо представление

$$\Delta x_i = (\Phi_i(x) - x_i \sum_{j=1}^n \Phi_j(x))\Delta t; \quad i = \overline{1, n}, \quad (3)$$

где функции  $\Phi_i(x) = \sum_{j=1}^n x_j F_i(x / \sum_{j=1}^n x_j)$  положительно однородные и неотрицательные. Также в [1] выведена связь решений систем (1) и (3).

**Определение 1.** Систему (1) при условиях (2) будем называть системой отбора, если найдется такой номер  $i$ , что независимо от начальных условий  $x_i(0) \neq 0$ , выполняются условия:  $x_i(t_0 + n\Delta t) \xrightarrow{n \rightarrow \infty} 1$ ;  $x_j(t_0 + n\Delta t) \xrightarrow{n \rightarrow \infty} 0$ ;  $i \neq j$ .

Наличие процесса отбора можно интерпретировать как самоорганизацию системы, так как вещество или энергия, первоначально хаотически распределенные между всеми ее элементами, постепенно собираются на одном, в известном смысле самом лучшем. Явление отбора в биофизических [2] и экономических системах соответствует естественному или искусственному отбору. В [1] сформулирован и доказан ряд теорем предоставляющих необходимые и достаточные условия отбора.

**Определение 2.** Систему (1), при условиях (2) будем называть системой близкой к системе отбора, если существует число  $\varepsilon > 0$  и найдётся номер  $N$ , начиная с которого  $\forall n > N$ , имеет место неравенство:  $x_i(t_0 + n\Delta t) > 1 - \varepsilon$ .

Сформулирован и доказан ряд теорем предоставляющих необходимые и достаточные условия, при которых системы (1),(2), и (3),(2) являются близкими к системе отбора. Кроме того, рассмотрена система вида

$$\Delta x_i = (\sum_{j=1}^n f_{ij} b_j x_j - x_i \sum_{k=1}^n \sum_{j=1}^n f_{kj} b_j x_j)\Delta t; \quad i = \overline{1, n}; \quad (4)$$

$$f_{ij} > 0, \quad \sum_{i=1}^n f_{ij} = 1, \quad f_{ij} = f_{ji}, \quad f_{ii} = f_{jj}, \quad f_{ii} \gg f_{ij}. \quad (5)$$

Доказывается, что система (4),(2),(5) является близкой к системе отбора.

### Литература

1. Кузенков О.А., Капитанов Д.В. Системы разностных уравнений на единичном симплексе. МКО Сб. научных трудов. Том. 2// Под ред. Г.Ю.Ризниченко. - М.-Ижевск: НИЦ "Регулярная и хаотическая динамика". 2006. С. 39-50
2. Ризниченко Г.Ю. Математические модели в биофизике и экологии. М.: Институт компьютерных исследований. 2003.

## Метод поиска рационального решения в СППР на основе лингвистической модели

*Козлов Дмитрий Борисович*

*аспирант*

*Тульский государственный университет, Факультет кибернетики, Тула, Россия*

*E-mail: [littlejah@rambler.ru](mailto:littlejah@rambler.ru)*

Задача выдвижения множества альтернатив и формирования подмножества рациональных возложена на так называемые системы поддержки принятия решений (СППР). Такие системы, как правило, должны выполнять последовательность операций: определение текущего состояния исследуемого объекта – формулирование цели – генерация альтернатив, удовлетворяющих цели – оценка последствий их применения – выбор из множества альтернатив, подмножества удовлетворяющих ЛПР. Наибольшую сложность представляют собой последние две операции. В качестве, процедуры оценки последствий выбора альтернативы предлагается использование метода прогнозирования на основе адаптивной лингвистической модели. Данная модель является приближенной, и служит для оценки зависимостей ВХОД-ВЫХОД, и представляющей набор правил вида: ЕСЛИ (контерм входных переменных) ТО (выходной терм). Адаптация модели осуществляется подбором величины смещения в зависимости от динамики изменения исследуемого объекта. Процедура отыскания необходимого решения должна решать следующие задачи: в случае достаточности исходной информации, необходима процедуры поиска альтернативы, ведущей непосредственно к достижению цели, критерии оптимальности которой удовлетворяют ЛПР; в случае, когда достижение поставленной цели невозможно, необходимо найти решение, максимально близкое поставленной цели. Для поиска решения лингвистическая модель процесса представляется в виде графа, матрица связности которого характеризуется следующими соотношениями

$$M(m_{ij}^*, m_{ij}) = \begin{cases} 1, \rho(m_{ij}^k, m_{ij}^l) = \min_i \rho(m_{ij}^k, m_{ij}^l) & k=1..n, l=1..n, k \neq l, \\ 0 & \end{cases}$$

где  $\rho(m_{ij}^*, m_{ij})$  – мера расстояния между контермами лингвистической модели,  $n$  – общее число записей в модели,  $m_{ij}$  -конъюнкция термов входных переменных. В полученном графе расстояние между вершинами будет минимально, а переход из одной вершины в другую будет представлять элементарную операцию по изменению управляющего воздействия, и временные затраты на осуществление операции:  $m_{ij}^1 \xrightarrow[t, L]{\Delta Q} m_{ij}^2$ , где  $t$ – время перехода,  $L$  – действия, выполняемые ЛПР для осуществления операции. Таким образом, строится ориентированный граф элементарных операций, вершинами которого являются контермы входных лингвистических переменных модели. Идентифицируя текущее состояние процесса, и формируя цель возможно отыскание такой последовательности элементарных операций, позволяющей добиться рационального решения. Для этого необходимо, чтобы при выборе рационального пути достижения требуемой цели выполнялись следующие условия: после каждого выполнения элементарной операции необходимо изменения критерия в сторону оптимальности; каждый шаг должен вести к достижению цели. Поиск требуемого решения осуществляется с помощью волнового алгоритма определения пути на графе. Результатом, которого является множество возможных сценариев. Наиболее рациональным из них будет являться такое, изменение критерия, для которого будет максимальным (минимальным, в зависимости от условий оптимизации.) Опробование метода производилось в системе экологического мониторинга состояния подземных вод, в рамках федеральных экологических программ. Предложенный метод позволяет так же осуществлять информационную поддержку принятия решений для систем, описывающихся разнотипными переменными (измеряемыми как в количественных, так и качественных шкалах) в таких областях как экономика, экология, медицина.

## Концепция построения самоорганизующегося программного обеспечения

**Кольчугина Елена Анатольевна<sup>8</sup>**

*доцент, кандидат технических наук  
Пензенский государственный университет*

*E-mail: [kea@stup.ac.ru](mailto:kea@stup.ac.ru)*

Современное программное обеспечение функционирует в общем случае в составе многопользовательской мультипрограммной среды, возможно, распределенной по узлам некоторой вычислительной сети. Характерными свойствами этой среды являются: неопределенность внутреннего состояния, являющаяся следствием обилия и непредсказуемости ситуаций, возникающих внутри самой среды благодаря взаимодействию ее компонентов, а также возможным внешним воздействиям; наличие иерархических связей между элементами среды; потенциальная возможность возникновения трудноразрешимых конфликтов при использовании ресурсов. В этих условиях традиционные детерминированные централизованные методы управления состоянием программных сред становятся неэффективными по причине возрастающей алгоритмической сложности и потребности в больших объемах служебно-справочных данных. Поэтому предлагается перейти к децентрализованным вероятностным принципам построения программного обеспечения и управления состоянием программных сред, основанным на стратификации элементов программной среды по функциональному признаку и регламентации локальных взаимодействий между отдельными элементами. Сами элементы такой среды предлагается наделить способностью к адаптации своего поведения с тем, чтобы оно стремилось к оптимальному с точки зрения эффективности решения поставленной задачи в условиях актуального состояния программной среды. Такой подход в сочетании с возможностью накопления системой опыта и его последующего анализа делает программную среду способной к самообучению и самоорганизации.

В основу предлагаемой концепции построения программного обеспечения положена аналогия с многоуровневыми системами взаимодействующих биологических видов, существующими в живой природе - биоценозами. Поэтому предлагаемая концепция получила название модели биоценозов. Основными элементами этой модели являются программные агенты, соответствующие искусственным организмам (особям). Каждый из программных агентов является экземпляром некоторого вида искусственных организмов, выполняющих функциональный этап обработки данных.

Также, как и в случае реальных экологических систем, динамика комплекса взаимодействующих программ может быть описана с помощью системы дифференциальных уравнений в частных производных вольтерровского типа. Однако из-за сложности получающейся модели для изучения свойств комплекса программ удобнее перейти к мягкому и имитационному моделированию. В настоящее время сформулированы теоретические положения, включающие в себя общую модель построения многоуровневого самоорганизующегося программного обеспечения, модель отдельного агента. Возможность реализации программного обеспечения, обладающего заданными свойствами, была экспериментально подтверждена. Разработаны инструментальные средства, позволяющие создавать программы подобного типа.

### Литература

1. Кольчугина Е.А. (2005) Модели функционирования распределенного программного обеспечения// В сб.: Специальная техника средств связи. Пенза: ФГУП ПНИЭИ, 2005.

---

<sup>8</sup> Автор выражает признательность профессору, д.т.н. Горбаченко В.И.

## Интерактивная сегментация изображений на основе клеточного автомата.

**Конушин Вадим Сергеевич, Вежневцев Владимир Петрович**

студент, к.ф.-м.н.

Московский Государственный Университет имени М.В. Ломоносова,  
факультет Вычислительной Математики и Кибернетики, Москва, Россия

E-mail: [vadim@graphics.cs.msu.su](mailto:vadim@graphics.cs.msu.su), [vvp@graphics.cs.msu.su](mailto:vvp@graphics.cs.msu.su)

В настоящее время, алгоритмы интерактивной сегментации изображений встроены почти в каждый графический редактор. Они помогают избирательно применять различные фильтры к отдельным объектам на изображении, заменять фон на изображении. Интерактивная сегментация также используется в анализе медицинских данных (например, при сегментации рентгеновских снимков). В дополнение к этому, сегментация изображений является составной частью многих задач компьютерного зрения, таких как форма по силуэту, форма по стерео, отслеживание объектов и т.д.

Сегментация изображений получила сильный толчок в развитии в 2001 году, с разработкой алгоритма GraphCut[1], основанного на нахождении минимального разреза графа. После этого большинство разработок в данной области являлись развитием этого алгоритма. В [2] было предложено использовать цветовую статистику для уменьшения пользовательского ввода, в [3] использовалась пересегментация исходного изображения для ускорения алгоритма. Одним из главных недостатков всех этих алгоритмов является то, что их время реакции на дополнительный пользовательский ввод слишком велико. Именно поэтому, в рамках данной работы было решено использовать клеточный автомат для сегментации изображений: дополнительный пользовательский ввод в нём приводит только к локальным изменениям, которые вычисляются почти моментально.

В рамках предложенного алгоритма, получившего название GrowCut, каждый пиксель изображения представляется клеткой автомата. Состояние каждой клетки описывается вектором  $(l, \theta, C)$ , где  $l$  – метка ('объект', 'фон', 'неизвестно'),  $\theta \in [0,1]$  – сила клетки,  $C$  – вектор признаков клетки (RGB цвет соответствующего пикселя). Клетки, соответствующие пикселям, помеченным пользователем как принадлежащие объекту или фону, получают соответствующие метки и силу  $\theta = 1$ , все остальные клетки имеют силу  $\theta = 0$ , и метку 'неизвестно'. Вводится монотонно убывающая функция  $g(x)$ , изменяющаяся в диапазоне  $[0,1]$ , которая описывает близость цветов двух пикселей ( $x$  обычно является нормой разницы цветов пикселей). Базовый вариант развития клеточного автомата можно описать следующим образом: на каждой итерации каждую клетку  $p$  'атакуют' все её соседи  $q$  (клетки, соответствующие соседним пикселям): если  $\theta_q * g(\|C_p - C_q\|) > \theta_p$ , то происходит 'захват' данной клетки – её метка меняется на метку 'захватчика', а её сила становится равной  $\theta_q * g(\|C_p - C_q\|)$ .

Уже данный базовый алгоритм способен решать сложные задачи сегментации, обладая при этом минимальным временем реакции на дополнительный ввод. В рамках данной работы были разработаны иерархический вариант алгоритма (на порядок увеличивающий его скорость), а также алгоритм, налагающий на границы итоговых сегментов дополнительные ограничения на гладкость. Эти алгоритмы были реализованы в виде плагина к графическому редактору Adobe Photoshop.

### Литература

- [1]. Boykov Y. and Jolly M.-P., "Interactive graph cuts for optimal boundary and region segmentation of objects in  $n$ -d images. ", In Proc. of the International Conference on Computer Vision, vol. 1, 105-112, 2001.
- [2]. Rother C., Kolmogorov V. and Blake A. "GrabCut – interactive foreground extraction using iterated graph cuts." Proc. ACM Siggraph, 2004
- [3]. Li Y., Sun J., Tang C.-K., and Shum H.-Y., "Lazy Snapping", Siggraph, 2004

## Алгоритм расчета оптимальной калибровочной модели по результатам измерений набора стандартных образцов

*Коптева Елена Александровна*

*ассистент*

*Сургутский государственный университет, Сургут, Россия*

*E-mail: [kea@ivt.surgu.ru](mailto:kea@ivt.surgu.ru)*

Калибровка – это совокупность действий, которые устанавливают математическую зависимость между аттестованными значениями набора стандартных образцов (СО) и величинами, получаемыми измерительной системой при их анализе. Общие требования к разработке, утверждению, регистрации, выпуску и применению СО состава и свойств веществ и материалов установлены межгосударственным стандартом ГОСТ 8.315-97 [1].

Согласно этому стандарту, у СО аттестованным значением является не одно число, а интервал аттестованных значений, установленный с доверительной вероятностью  $P = 0,95$ . Каждая точка из такого интервала равновероятна.

Построение линейной калибровочной модели сводят к оценке коэффициентов  $a$  и  $b$  в уравнении вида

$$y = a + bx,$$

где  $y$  – результат измерений СО с аттестованным значением  $x$ . То есть, алгоритмы расчета калибровочных функций предполагают использование только одного аттестованного значения СО, обычно для этих целей используют середину доверительного интервала. Проведенные исследования показали, что такой способ не всегда позволяет найти оптимальную модель [2]. В этой связи, для нахождения оптимальной калибровочной модели был разработан следующий алгоритм.

Интервал аттестованных значений каждого стандартного образца разбивается на равное количество промежутков, число которых пользователь может выбрать произвольным образом. Компьютер осуществляет перебор всех возможных комбинаций границ этих интервалов, и для каждой точки вычисляет калибровочную модель. Перебор осуществляется рекурсивным вызовом функции [3]. Для каждой модели определяется ее адекватность путем сравнения рассчитанного значения F-критерия Фишера с табличным значением, соответствующим выбранному уровню значимости и вычисленным степеням свободы. Сопоставлением рассчитанных значений F-критерия Фишера, выбирается наилучшая из адекватных моделей. Это, та модель, у которой эта величина наименьшая.

Описанный алгоритм был реализован в программе линейной калибровки по набору стандартных образцов, которая прошла официальную регистрацию в Федеральной службе РФ по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам [4].

### Литература

1. ГОСТ 8.315-97 Государственная система обеспечения единства измерений. Стандартные образцы состава и свойств веществ и материалов. Основные положения.– М.: Изд. стандартов, 2001.
2. Акинина Е.В., Беднаржевский С.С., Голубятников В.П., Назин А.Г., Смирнов Г.И., Шевченко Н.Г. Моделирование калибровочных функций для технологий системного анализа качества и сертификации биоматериалов // Сибирский журнал индустриальной математики. – 2005. – Т.8. – №3. – С.3 – 7.
3. Головешкин В. А., Ульянов М. В. Теория рекурсии для программистов. – М.: Изд-во Физ-мат литературы. – 2006. – 292 с.
4. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2006613662. Программа линейной калибровки измерительных комплексов / Беднаржевский С.С., Шевченко Н.Г., Гавриленко Т.В., Коптева Е.А., Яценко Р.С., Захариков Е.С. (RU). Заяв. 06.07.2006. Зарег. 20.10.2006.

## Программные средства вычисления семантической совместимости слов с помощью Интернета

**Котляров Алексей Петрович**

*Московский Государственный Университет имени М.В. Ломоносова,  
факультет Вычислительной Математики и Кибернетики, Москва, Россия*

*E-mail: [koterpillar@yandex.ru](mailto:koterpillar@yandex.ru)*

Из всего множества сочетаний слов естественного языка в речи реально используется лишь малая часть – семантика некоторых слов не допускает их совместного употребления ("зеленые идеи"), другие употребляются крайне редко ("большой чай"). Определение семантической допустимости сочетаний знаменательных слов и построение словарей таких словосочетаний необходимо для решения многих задач компьютерной лингвистики, в частности, для сокращения перебора при поиске правильного варианта синтаксического разбора предложения, для генерации текстов на естественном языке и для поиска лексико-семантических ошибок в ходе литературного редактирования текстов.

В данной работе рассматривается задача определения семантической допустимости сочетаний из двух синтаксически связанных знаменательных слов русского языка. В качестве компонентов словосочетаний берутся слова четырех главных частей речи: существительные, глаголы, прилагательные (включая причастия) и наречия (включая деепричастия). Синтаксические связи между ними могут реализоваться непосредственно (например, "начинает урок") или через служебные слова (обычно через предлоги: "идти в лес"). В качестве средства для определения семантической допустимости таких словосочетаний выступают доступные через поисковую машину тексты сети Интернет, рассматриваемые как большой зашумленный корпус [1]. Семантическая совместимость словосочетания определяется на основе специально введенного числового показателя семантической совместимости (ПСС), вычисляемого по статистике раздельной и совместной встречаемости сочетаемых слов[2].

Разработаны программные средства, позволяющие на основе запросов к Интернет-поисковику определять частоты встречаемости русских слов и словосочетаний и вычислять для них значение показателя семантической совместимости. В качестве поисковика была выбрана русская поисковая служба Яндекс, предлагающая гибкий язык запросов и учитывающая особенности русской морфологии. В качестве языка программирования был использован C#.

Предложенный показатель семантической совместимости и разработанные программные средства были опробованы при решении задачи автоматизированного обнаружения и исправления малапропизмов – речевых ошибок, при которых одно знаменательное слово текста заменяется другим, близким по звучанию, но отличным по смыслу (например, «сачок цен», «трафик ввода»). Такие смысловые ошибки разрушают семантическую связь слов, но сохраняют их синтаксическую связанность. Пара синтаксически связанных знаменательных слов предложения считается малапропизмом, если для нее значение ПСС оказывается ниже установленного порога. Для исправления найденного малапропизма для каждого слова пары берутся всевозможные кандидаты на замену – слова, получающиеся из исходного путем замены, вставки или удаления одной буквы, а также похожие слова с тем же корнем. Для выявления лучших кандидатов на исправление малапропизма применяются основанные на ПСС эвристические пороговые правила. Проведенные эксперименты показали работоспособность созданных программ.

В настоящий момент ведется работа по созданию на основе рассмотренных программных средств автоматизированных процедур выявления в русских текстах семантически совместимых слов с целью пополнения существующих баз словосочетаний.

### Литература

- [1]. Kilgarriff, A., G. Grefenstette. Introduction to the Special Issue on the Web as Corpus // Computational linguistics, V. 29, No. 3, 2003, p. 333-347.
- [2]. Bolshakova, E.I., Bolshakov I.A., Kotlyarov A.P. Experiments in Detection and Correction of Russian Malapropisms by means of the Web // International Journal on Information Theories & Applications. V. 12, № 2, 2005, 141-149.

## Анализ карт городских районов при трехмерном моделировании городов

*Кривовязь Глеб Робертович, Якубенко Антон Анатольевич*

*студент, студент*

*Московский Государственный Университет имени М.В. Ломоносова,  
факультет Вычислительной Математики и Кибернетики, Москва, Россия*

*E-mail: [kriegl@mail.ru](mailto:kriegl@mail.ru), [toh\\_yakubenko@mail.ru](mailto:toh_yakubenko@mail.ru)*

В настоящее время все большую актуальность приобретает задача трехмерной реконструкции городских сцен. Трехмерные карты находят применение в системах навигации, виртуального туризма, в рекламных проектах. На сегодняшний день уже существуют примеры полностью смоделированных городов, однако процесс реконструкции является крайне трудоемким, поскольку требует непосредственного участия пользователя на каждом этапе, либо дорогого специализированного оборудования. Как следствие, одним из приоритетных направлений исследований в данной области является максимальная автоматизация процесса моделирования с сохранением качества получаемых моделей. Серьезной проблемой при моделировании городских районов является определение точной геометрии объектов, в частности – геометрии контура здания. Одним из решений нам представляется анализ двумерных карт моделируемого района.

Целью данного исследования являлась разработка алгоритма распознавания зданий на карте городского района, анализа и сохранения их контуров. Полученные контуры могут использоваться для «подъема» зданий и создания готовых геометрических моделей, требующих лишь нанесения текстуры. Получаемые таким образом модели могут служить как первым приближением для более детального моделирования, так и конечным результатом.

Приложение реализовано в виде плагина к трехмерному редактору Google SketchUp. Можно выделить следующие этапы работы приложения:

- Автоматическая загрузка карты моделируемого района из Интернета. Был реализован алгоритм загрузки необходимого числа небольших участков карты и склейки из них карты района.
- Определение контуров.
  - С целью удаления номеров домов, заслоняющих здания на карте и затрудняющих их качественное распознавание, нами был разработан алгоритм, основанный на сопоставлении изображений карт различных разрешений.
  - Для решения проблемы обработки «кольцевых» зданий (зданий, имеющих один или несколько внутренних дворов), был разработан и реализован рекурсивный алгоритм присоединения всех внутренних контуров к внешнему, что позволило избежать перекрытия дворов нижними гранями зданий.
- Упрощение контуров. Был реализован алгоритм, предложенный в [1], а также применен алгоритм Дугласа-Пеккера.
- Экспорт нижних граней домов в Google SketchUp для последующего получения из них каркасов моделируемых зданий.

Приложение использует карты сервера Google Maps (<http://www.maps.google.com>) и учитывает особенности представления карт в этой системе, но при небольших модификациях алгоритм может быть перенесен и на другие картографические порталы.

Низкое разрешение доступных карт может сказываться на качестве получаемых объектов, поэтому в настоящее время ведется работа над усовершенствованием алгоритма обработки контуров. В том числе, планируется приспособить его под такие особенности задачи как, к примеру, преобладание прямых углов в геометрии зданий. В будущем плагин может быть использован как часть системы по реконструкции городов.

### Литература

[1]. A. Mikheev, L. Vincent and V. Faber “High-Quality Polygonal Contour Approximation Based on Relaxation”. *Proceedings of the Sixth International Conference on Document Analysis and Recognition (ICDAR’01)*.

**Комплексное сравнительное исследование «обычного» и «адамарова»  
умножения матриц на примере кратных делителей нуля**

**Кузнецова Оксана Сергеевна**

студентка

Липецкий государственный технический университет, Липецк, Россия

E-mail: [adrenaleen@mail.ru](mailto:adrenaleen@mail.ru)

Возрастающая необходимость получения все большего объема информации привела к созданию более совершенных методов и алгоритмов, широко применяющихся в различных областях науки и техники. В данной работе проводится сравнительный анализ «обычного» и «адамарова» умножения матриц и рассматриваются кратные делители нуля, то есть такие матрицы, что при их попарном умножении получаются ненулевые матрицы, а их последовательное произведение равно нулю [1]. Так как «адамарово» умножение коммутативно и в нем исключается понятие определителя матрицы, оно значительно проще «обычного», но в теории матриц «адамарова» алгебра не получила широкого распространения, скорее являясь альтернативой «обычной» матричной алгебре [2].

Операция «адамарова» умножения матриц является поэлементной операцией. Она ассоциативна, коммутативна и дистрибутивно связана со сложением [3].

В процессе исследования были выявлены классы матриц, соответствующие определению кратных делителей нуля. Рассматривались три матрицы A, B и C размера 2x2. А уже на их основе делались дальнейшие выводы о матрицах размера nxn.

\*\*\*

Проведенное исследование показало, что для матриц, над которыми осуществлялось «обычное» умножение, определитель равен нулю, а для матриц, над которыми осуществлялось «адамарово» умножение, количество элементов, не равных нулю, не должно быть меньше двух.

В случае с «обычным» умножением возникают определенные сложности при решении поставленной задачи, так как определитель матриц равен нулю [4]. Это приводит к большей затрате времени на нахождение верного решения по сравнению с «адамаровым» умножением.

Рассмотренные в этой статье действия над матрицами, связанными с «адамаровым» умножением, позволяют исследователям во многих областях науки не только совершать многоплановые действия с различными данными, но и разрабатывать математические модели, которые без труда можно будет реализовывать.

### **Литература**

1. Хорн Р., Джонсон Ч. (1989) Матричный анализ // М: Мир, 1989. – 655с.
2. Кузнецова О.А. (2005) «Обычное» и «адамарово» умножение матриц, суммирование элементов матриц, решение матричных уравнений. Тезисы докладов VIII региональной молодежной научной и инженерной выставки «Шаг в будущее, Центральная Россия». – Липецк: ЛГТУ, 2005. – С. 60.
3. Кузнецова О.А. (2006) Применение «адамаровых» матричных уравнений в моделировании экологических зависимостей. Сборник тезисов докладов VII научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов «Наша общая окружающая среда». – Липецк: ЛЭГИ, 2006. – С. 23.
4. Кузнецова О.А. (2007) Сравнительный анализ «обычного» и «адамарова» умножения матриц на примере кратных делителей нуля. Материалы межвузовской научной конференции «Взгляд молодежи». – Липецк: Молодежный парламент, 2007. – С. 81.

**Некоторые вопросы построения оптимальных расширений для объединений графов**

**Курносова Светлана Геннадьевна**

*аспирант*

*Саратовский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского, Россия*

*csc@info.sgu.ru*

Любое расширение графа является моделью некоторой отказоустойчивой реализации дискретной системы, заданной этим графом. Расширением  $n$ -вершинного графа  $G$  называют граф  $H$  с  $n+1$  вершинами такой, что граф  $G$  является частью каждого максимального подграфа графа  $H$ . Очевидным примером является тривиальное расширение – соединение исходного графа с одновершинным. В настоящее время известно два подхода к понятию оптимальности расширения. Первый сформулировал Хейз [1], предложив оптимизацию в смысле минимизации количества ребер в расширении. В 2003 году В.Н. Салий [4] предлагает другой подход к оптимальности – неприводимость расширения в смысле невозможности удаления из него ребер без нарушения свойства быть расширением. Примером являются  $T$ -неприводимые расширения, которые получаются предложенным способом из тривиального расширения.

В рамках исследования конструкции  $T$ -неприводимых расширений автором решались две задачи: нахождение  $T$ -неприводимых расширений для произвольного связного графа и описание  $T$ -неприводимых расширений для объединения связных графов. В первом направлении рассматривались  $T$ -неприводимые расширения для деревьев (см., например, [3]). Вторая задача была решена для объединения некоторых частных видов графов (см., например, [2]). В настоящей работе рассматриваются два общеизвестных класса графов – колеса и вполне несвязные графы. Колесом называется дерево, у которого одна вершина соединена со всеми остальными. Вполне несвязным графом называют граф с непустым множеством вершин и пустым множеством ребер.

Решена задача нахождения всех  $T$ -неприводимых расширений для объединений произвольных колес. Также доказано, что в случае, когда в графе  $G$  все вершины имеют степень больше 2, то  $T$ -неприводимыми расширениями объединения графа  $G$  с вполне несвязным графом  $O_n$  будут только графы, являющиеся объединением одного из  $T$ -неприводимых расширений графа  $G$  с  $O_n$ . В случае, если в графе  $G$  есть вершины степени 1, то для объединения такого графа с  $O_n$  существуют и другие  $T$ -неприводимые расширения. В частности, найдены все  $T$ -неприводимые расширения для объединения колеса с вполне несвязным графом, среди которых есть и минимальные расширения.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 05-08-18082.

**Литература**

1. J. P. Hayes. A graph model for fault-tolerant computing systems // IEEE transactions on computers. – 1976. – Vol. C-26, № 9. – P. 875-884.
2. Курносова С.Г.  $T$ -неприводимые расширения объединений полных графов // Известия Саратовского университета. Серия «Математика. Механика. Информатика.» – Саратов: СГУ, 2005. – Том 5, вып. 1. – С. 107-115.
3. Курносова С.Г. Построение  $T$ -неприводимых расширений для класса полных бинарных деревьев // Материалы XIII Международной конференции студентов и аспирантов и молодых ученых «Ломоносов». Секция «Вычислительная математика и кибернетика» – М.: Издательский отдел ф-та ВМиК МГУ. – 2006. – С. 31-32.
4. Салий В.Н. Доказательства с нулевым разглашением в задачах о расширениях графов // Вестник ТГУ. Приложение. – 2003. – № 6. – С. 63-65.

## Сетевая динамика бизнес-центров в мегаполисах

**Куров Иван Александрович**

аспирант

Московский Государственный Университет имени М.В. Ломоносова,  
факультет Вычислительной Математики и Кибернетики, Москва, Россия

E-mail: [ivankur@mail.ru](mailto:ivankur@mail.ru)

Ключевая проблема развития мегаполисов заключается в спонтанном нарушении непрерывного развития. Андерсон [1] указывает, что фундаментальные изменения в мировой экономике за последние десять столетий могут быть объяснены переменами в логической структуре системы. Другими словами, большие структурные трансформации в мегаполисе вызываются медленными регулярными изменениями в логической сети, под которой понимается пространственная система перемещения товаров, рабочей силы и денег.

Для описания процесса перемещения товара в регионе была рассмотрена модель, предложенная Бекманом и описанная в книге Пу [2], основу которой составляют так называемые дивергентный и градиентный законы. Если  $\lambda$  - цена товара или ценовой потенциал,  $k$  - локальная стоимость перевозки или перегрузки в данной точке пространственного ареала,  $(-z(\lambda))$  - локальный избыток предложения, то

$$\frac{\partial \lambda}{\partial t} = \alpha \Delta \lambda + z(\lambda), \quad \alpha = 1/k \quad (1)$$

Обычно  $z(\lambda)$  описывается функцией  $\lambda(1 - \lambda^2)$ .

В начальный момент времени мы рассматривали ценовой контур, характеризуемый потенциальной функцией, зависящей от трех параметров  $\alpha, \beta, \gamma$ . Они могут характеризовать качество дорожной сети, ее рабочее состояние, загруженность транспортом и цену на топливо. Для Крупных мегаполисов разумным предположением является  $\lambda = x^3 - 3xy^2 - \alpha(x^2 + y^2) - \beta x - \gamma y$ .

При  $\alpha = \beta = \gamma = 0$  эта функция описывает дорожную сеть таких крупных мегаполисов как Москва и Париж. Если же  $\alpha = \gamma = 0, \beta \neq 0$ , то получится структура дорог Болоньи[3]. В зависимости от значения параметров, данные начальные конфигурации будут либо структурно неустойчивыми, либо структурно устойчивыми. Изучение процессов формирования неустойчивых крупных бизнес-центров в мегаполисе показывает, что в результате самосогласованной эволюции происходит распад одного бизнес-центра на несколько.

### Литература

1. A. Anderson, D. Batten Transportation 14,281 (1998).
2. T. Puu Structural Stability Change in Geographical Space, Environment and Planning A13 (1981).
3. S.V. Bulanov, E.Y. Echkina, I.N. Inovenkov The nonlinear dynamics of the business center in Beckmann's model. // Physica A, 344, 104-107, 2004.

# Система управления компьютером на основе распознавания жестов лазерной указкой

*Кутузова Виктория Игоревна, Конушин Антон Сергеевич*

*Студент, к.ф.-м.н.*

*Московский Государственный Университет имени М.В. Ломоносова,  
факультет Вычислительной Математики и Кибернетики, Москва, Россия*

*E-mail: [vkutuzova@mail.ru](mailto:vkutuzova@mail.ru)*

Управление компьютером при помощи мышки и клавиатуры неудобно при работе с большим экраном, особенно при одновременной работе нескольких пользователей. Одним из вариантов решения этой проблемы является использование жестов людей в качестве управляющих команд (например, как показано в кинофильме «Особое мнение»). Не смотря на большое внимание, уделяемое этому направлению, жесты распознаются неустойчиво.

При проведении презентаций часто пользуются лазерной указкой, чтобы указывать на определенные зоны на проекционном экране. В данной работе предлагается система управления, основанная на распознавании простейших жестов, например, окружности или прямой линии, рисуемой на экране с помощью лазерной указки.

Система состоит из камеры, проектора, источника изображения (ноутбук, ПК) и лазерной указки (действующего лица). Графическая информация отображается проектором на экран или стену. Камера направлена на этот экран. Пользователь показывает лазерной указкой жест на экране с изображением. Ввиду малого размера лазерное пятно на экране не видно на изображении, получаемого с обычной веб-камеры. Поэтому камера снабжена красным светофильтром, в качестве которого можно использовать обычный пластик из трехмерных очков.

Размеры лазерного пятна на изображении очень малы, поэтому остро встает проблема устойчивости алгоритма к шуму. Кроме того, слайды презентации представляют собой не один статический фон, а их последовательность, что делает стандартный алгоритм вычитания фона неприменимым. Освещенность изображения также может изменяться во времени.

В общем случае камера расположена произвольно относительно экрана, поэтому область экрана претерпевает перспективное искажение и занимает только часть изображения с камеры. Чтобы перейти к неискаженным экранным координатам необходимо найти соответствующее перспективное преобразование плоскости экрана (гомографию). Оно находится при помощи калибровки камеры: пользователь указывает лазером точки на экране, которые соответствуют углам монитора.

Процесс работы системы состоит из двух этапов – обнаружение и отслеживание лазерного пятна, и распознавания жестов. Для отслеживания лазерного пятна разработан алгоритм на основе вычитания фона, автоматически отслеживающий смену фона, и устойчивый к плавным изменениям освещенности за счет обновления модели фона. Положения лазерного пятна объединяются в жесты, для которых вычисляются вектора признаков. Для распознавания и классификации жестов используется алгоритм AdaBoost, обученный методом «один против всех». Для обучения использовалась выборка из 60 примеров на каждый класс жестов (всего 10 классов), по 20 из которых были получены съемкой жестов в определенном порядке, а остальные 40 – добавлением белого шума к исходным.

Программа работает с видео-роликами со скоростью ~ 60 кадров в секунду, а так же с камерой напрямую в реальном времени. Ошибка при классификации жеста составляет ~ 0.4%.

## Литература:

- [1] Richard Watson “A Survey of Gesture Recognition Techniques Technical Report”, p. 18-20, Trinity College, Dublin, July 1993.

## Об одном подходе к поиску быстрых алгоритмов умножения матриц.

**Ларионов Виталий Борисович**

студент

Московский Государственный Университет имени М.В. Ломоносова,  
факультет Вычислительной Математики и Кибернетики, Москва, Россия

E-mail: [Tesla-Coil@yandex.ru](mailto:Tesla-Coil@yandex.ru)

Одной из интересных и сложных задач является задача умножения матриц. Её история начинается с замечательного результата немецкого математика Штрассена. Он показал, что две квадратные матрицы размера  $n$  можно умножить, используя только  $7$  умножений линейных комбинаций элементов матриц. Наилучший из достигнутых на сегодняшний день результатов –  $O(n^{2.38})$  умножений для нахождения произведения двух квадратных матриц размера  $n$  (Coppersmith, Winograd, 1986 год).

Для задачи умножения матриц может быть использована идея «расширения модели». Для её описания понадобятся два определения:

*Алгеброй* называется линейное пространство с заданной на нём операцией умножения  $\circ$ , линейной по обоим сомножителям.

*Алгебра*  $P$  называется алгеброй с простым умножением, если существует базис  $e_1, e_2, \dots, e_k$  в  $P$  и подстановка  $\sigma$  порядка  $k$  такие, что  $e_j \circ e_i = 0$  при  $j \neq \sigma(i)$ .

Ранее было показано, что существование быстрых алгоритмов умножения комплексных чисел и кватернионов может быть представлено как вложение этих алгебр в алгебры с простым умножением (Алексеев, 1996). Аналогичные результаты были получены и для алгоритма Штрассена (Алексеев, 1997).

Задача умножения квадратных матриц размера  $n$  сводится к поиску алгебры с простым умножением  $P$  минимальной размерности, содержащей подалгебру  $M$ , изоморфную алгебре этих матриц. Для этого был разработан следующий подход.

Сопоставим каждому вектору  $f$  из  $P$ , представленному строкой, операторы умножения слева и справа  $H_f^L$  и  $H_f^R$  такие, что для любого  $g$  из  $P$  выполнено:

$$f \circ g = f H_f^L g = g H_f^R$$

Был получен ряд результатов, касающихся свойств операторов умножения и всей алгебры  $P$  при условии, что  $P$  содержит  $M$ . В частности, если вектор  $f$  из  $M$ , и при отображении в алгебру матриц ему соответствует матрица  $M_f$  размера  $n$ , то каждой Жордановой клетке с ненулевым собственным значением  $\lambda$  Жордановой формы матрицы  $M_f$  соответствуют  $n$  идентичных клеток Жордановых форм операторов умножения  $H_f^R$  и  $H_f^L$ . Эти результаты позволили впервые предложить алгоритм, который проверяет произвольную алгебру с простым умножением на наличие в ней подалгебры, изоморфной алгебре матриц. В случае положительного ответа алгоритм выдаёт одно из возможных отображений матриц в алгебру.

С помощью того же подхода были исследованы алгебры, задающие алгоритм Штрассена ( $n=2$ ), и найдены их новые свойства. При обобщении этих свойств на случай  $n=3$  (эта задача пока никем не решена), задача поиска алгебры  $P$  сильно облегчается, что даёт определённые надежды на предлагаемый новый подход к задаче умножения матриц.

### Литература

1. Алексеев В.Б., Ларионов В.Б. О расширениях с простым умножением для алгебры матриц, Труды VII международной конференции «Дискретные модели в теории управляющих систем» (2006).
2. Алексеев В.Б. Минимальные расширения с простым умножением для алгебры матриц второго порядка, Дискретная Математика (1997) 9.
3. Маркус М., Минк Х. Обзор по теории матриц и матричных неравенств, пер с англ. М.: Едиториал УРСС (2004).
4. Coppersmith D., Winograd S. Matrix multiplication via arithmetic progression. J. Symb.Comp. (1986) 9.
5. Strassen V. Gaussian elimination is not optimal. J. Numer. Math. (1969) 13.
6. Плукас М. О некоторых свойствах алгебр с простым умножением, содержащих ассоциативные подалгебры. Дискретная Математика (1997) 9.
7. Алексеев В.Б. Сложность умножения матриц. Обзор. Киберн. сб. (1988) 25.

# Возможности СУБД для интеграции с Semantic Web на примере PostgreSQL

*Левшин Дмитрий Владимирович*

*студент*

*Московский Государственный Университет имени М.В. Ломоносова,  
факультет Вычислительной Математики и Кибернетики, Москва, Россия*

*E-mail: [levshin@nicvt.ru](mailto:levshin@nicvt.ru)*

Работы по интеграции Semantic Web с системами управления базами данных относятся к одному из наиболее актуальных направлений в области интеллектуализации баз данных. Идея Semantic Web берет свое начало с середины 90х годов прошлого века, её автором считается Тим Бернерс-Ли. С 1999 года проект развивается под эгидой World Wide Web Consortium (W3C). В настоящее время Semantic Web активно пропагандируется и внедряется многими проектами с открытым исходным кодом, началось внедрение этой концепции крупными компаниями и корпорациями (например, Oracle). Основной идеей Semantic Web является представление информации в сети в удобном для машинной обработки представлении. Основные форматы данных - RDF, RDFS, OWL, SWRL – позволяют не только хранить информацию, но и задавать достаточно сложные логические правила для вывода новой информации. Применение Semantic Web позволит существенно ускорить и упростить поиск нужной информации по сети.

Существующие приложения для работы с Semantic Web, в основном, применяют СУБД только для эффективного хранения и доступа к данным, которые могут не помещаться в оперативной памяти, с помощью индексных структур. Однако на примере PostgreSQL - свободно распространяемой объектно-реляционной СУБД, разработанной в Беркли, - можно показать, что возможно использовать СУБД не только в этих целях.

Проведенные исследования показывают, что логический вывод на основе OWL и SWRL документов можно проводить не только с помощью приложений, подсоединяющихся к базе данных, но и средствами самой СУБД. Для этого можно предложить использование триггеров и правил, предоставляющих возможность определения реакции на некоторые события, связанные с изменением данных. При помощи этих механизмов и дополнительно определенных таблицы СУБД сможет выполнять логический вывод и отвечать на запросы пользователей к данным Semantic Web. Стоит отметить, что для этого может быть достаточно и триггеров, однако использование системы правил основывается на переписи запросов и во многих случаях позволяет увеличить скорость выполнения.

Кроме того, для индексирования данных можно использовать не стандартные B-деревья, а реализованный в PostgreSQL метод индексирования GiST, преимущество которого заключается в том, что с его помощью реализуется не только расширяемость типов (то есть возможность использования индексов для определенных пользователем типов данных), но и расширяемый набор запросов.

Расширяемость PostgreSQL (возможность определения пользовательских процедур и функций, индексных структур), наличие триггеров и правил использовались автором для интеграции Semantic Web с данной СУБД.

## Литература

1. Tim Berners-Lee, James Hendler, Ora Lassila The Semantic Web // Scientific American, 2001
2. <http://www.w3.org> (The World Wide Web Consortium)
3. <http://www.postgresql.org/docs/8.2/static/index.html> (PostgreSQL 8.2.3 Documentation)
4. О. Бартунов, Ф. Сигаев Написание расширений для PostgreSQL с использованием GiST, [http://www.sai.msu.su/~megera/postgres/talks/gist\\_tutorial.html](http://www.sai.msu.su/~megera/postgres/talks/gist_tutorial.html)

## Сетевой анализ экосистем

*Лобанова Галина Андреевна*

*студентка*

*Московский Государственный Университет имени М.В. Ломоносова,  
факультет Вычислительной Математики и Кибернетики, Москва, Россия*

*E-mail: [galo4ka1985@list.ru](mailto:galo4ka1985@list.ru)*

### Введение

В поведении экосистем имеются общие характеристики, связанные с принципиальным сходством энергетических процессов, протекающих в них. Такие универсальные характеристики рассматриваются в качестве экологических целевых функций.

Экосистема представляется как сеть энергетически взаимодействующих между собой компонент (отсеков). Если компонента  $j$  отдает энергию компоненте  $i$ , то отношение  $j$  к  $i$  характеризуется как отрицательная связь, а отношение  $j$  к  $i$  как положительная связь. Важная экологическая целевая функция – отношение числа положительных связей к числу отрицательных связей. Считается, что чем выше это отношение, тем более гармонично (кооперативно) устроена экосистема.

### Метод

Сетевая модель экосистемы описывается матрицей  $F$  первичных энергетических потоков, где  $f_{ij} \geq 0$  ( $i, j = 1 \dots n$ ) - поток энергии, передаваемый от  $j$  компоненты к  $i$ . Непосредственное взаимодействие двух компонент будем называть прямой связью. Вводя нормированные потоки энергии между отсеками, получаем матрицу  $D$  прямых нормированных потоков. Однако исследование только прямых связей дает неполное представление о состоянии системы – все компоненты в системе взаимодействуют посредством косвенного влияния друг на друга. Для описания полных энергетических связей нужно учитывать не только прямые связи, но и косвенные. Если две взаимодействующие компоненты непосредственно не связаны между собой, то связь между ними будем называть косвенной. Характеристикой косвенного взаимодействия двух компонент является длина цепочки между ними (большая единицы). То есть, если матрица  $D$  описывает прямые связи между компонентами - длина цепочки равна 1, то матрица  $D^2$  описывает косвенные связи компонент, длина цепочки между которыми равна 2 и т. д. Поэтому для определения значения целевой функции необходимо исследовать знаки элементов матрицы  $U$  полных энергетических потоков, которая вычисляется суммированием всех степеней матрицы  $D$ .

### Результаты

Результаты исследования показали, что оптимальной структурой для экосистемы является структура, соответствующая цепочке, в которой все взаимодействия последовательные, а неоптимальной (наихудшей) – структура, соответствующая цепочке с конкурирующим взаимодействием между компонентами (когда одна компонента – потребитель или ресурс, а остальные – ресурсы или потребители соответственно). В первом случае значение целевой функции приближается к своему максимальному (для каждого  $n$ ) значению, во втором – стремится к 0.

### Литература

1. Гантмахер Ф. (1954) Теория матриц.
2. Одум Г., Одум Е. (1978) Энергетический базис природы и человека.
3. Fath B.D., Patten B.C. (1998a) Network orientors: "Utility" as a goal function //In: Muller F, Leupelt M.(eds.) Eco Targets Goal Functions, and Orientors, Springer-Verlag, p.161-176.
4. Fath B.D., Patten B.C. (1998b) Network synergism: Emergence of positive relations in ecological systems. Ecol. Model, 107, p. 127-143.
5. Fath B.D., Patten B.C., Choi J.S. (2001) Complementarity of ecological goal functions// Theoretical Biology, 208(4), p.493-506.

# Свойства некоторых универсально-алгебраических конструкций нечетких автоматов Максимов Алексей Алексеевич<sup>9</sup>

аспирант

Саратовский государственный социально-экономический университет, Саратов, Россия  
E-mail: [almax12@yandex.ru](mailto:almax12@yandex.ru)

Теория нечетких множеств [8] позволила сделать важный шаг на пути к математическому моделированию объектов, описание которых точными средствами практически не возможно или чрезвычайно затруднительно. К таким направлениям относятся в той или иной мере техническая диагностика, медицинская диагностика, экономика, криминалистика, социометрия. Во многих работах по данным проблематикам достаточно давно используется понятие нечеткого автомата [7], используется в качестве модели поведения «нечетких» систем, то есть систем с неоднозначно определенными состояниями [2]. Но в то же самое время, универсальная алгебра [1] нечетких автоматов в достаточной мере не разработана. Ранее в работе [3] автором были предложены основные универсально-алгебраические конструкции для нечетких автоматов. В рамках этих понятий были доказаны аналоги теорем о гомоморфизмах из универсальной алгебры.

Интересной также представляется проблема минимизации нечеткого автомата. Существуют различные подходы к определению и решению данной задачи (см. [5,6]). Например, часто под минимизацией понимают нахождение наибольшей конгруэнции автомата и последующее построение по ней фактор-автомата, или построение минимального гомоморфного образа автомата. Автором получено описание решетки подавтоматов и решетки конгруэнций нечеткого автомата. На базе этого получено доказательство того, что предложенный им ранее алгоритм [4] строит наибольшую конгруэнцию нечеткого автомата, что в рамках обозначенного выше подхода позволяет использовать его при решении задач минимизации нечеткого автомата.

## Литература

1. Богомолов А.М., Салий В.Н. Алгебраические основы теории дискретных систем.- М.:Наука, 1997.- 368 с.
2. Кофман А. Введение в теорию нечетких множеств; Пер. с франц.-М.: Радио и связь, 1982.- 432 с., ил.
3. Максимов А.А. Универсально-алгебраические конструкции для нечетких автоматов // Молодежь. Образование. Экономика. Сб. научных статей участников конференции. Часть 4. - Ярославль: РЕМДЕР, 2004. - С. 309-314.
4. Максимов А.А. Универсально-алгебраические конструкции для нечетких автоматов «УАК 1.0». - № регистрации в ОФАП – 7498.
5. Cheng W., Mo Z., Minimization algorithm of fuzzy finite automata, Fuzzy Sets and Systems 141 (2004) 439–448.
6. Malik D.S., Mordeson J.N., Sen M.K., Minimization of fuzzy finite automata, Inform. Sci. 113 (1999) 323–330.
7. Wee W.G., Fu K.S. A Formulation of Fuzzy Automata and its Applications as a Model of Learning Systems // I.E.E.E. Trans. Syst. Science and Cybernetics. 1969. Vol. SSC-5, pp. 215-223.
8. Zadeh L.A. Fuzzy Sets// Inform. and Control. 1965. Vol. 8, pp. 338-353.

---

<sup>9</sup> Автор выражает признательность профессору, академику РАН, д.т.н. Сытнику А.А. за помощь в подготовке тезисов.

**Динамическое программирование с построчной группировкой переменных  
для обработки изображений**  
**Мельников Петр Александрович**

*студент*

*Тульский государственный университет, Тула, Россия*

*E-mail: petrmelnikov@yandex.ru*

Существует достаточно широкий класс задач обработки изображений, которые могут быть сформулированы математически как оптимизационные задачи специального вида на множестве переменных связанных с элементами дискретного раstra. В этот класс обычно входят такие задачи анализа данных, которые могут быть представлены как задачи преобразования исходного массива  $Y = (y_t, t \in T)$ , в другую функцию  $X = (x_t, t \in T)$ . Такие задачи могут быть поставлены формально как задачи минимизации действительной целевой функции, которая является суммой элементарных целевых функций, каждая из которых зависит лишь от пары соседних переменных:

$$J(X) = \sum_{t_1=1}^{N_2} \sum_{t_2=2}^{N_2} \gamma'_{t_1 t_2}(x_{t_1}, x_{t_2}) + \sum_{t_1=2}^{N_2} \sum_{t_2=1}^{N_2} \gamma''_{t_1 t_2}(x_{t_1-1}, x_{t_2}),$$

где  $N_1$  и  $N_2$  – количество строк и столбцов матрицы изображения, соответственно;  $\gamma'(x_{t_1}, x_{t_2})$  – функции связи пар смежных переменных по вертикали,  $\gamma''(x_{t_1-1}, x_{t_2})$  – по горизонтали. Такие целевые функции называются **парно-сепарабельными**.

Существует ряд алгоритмов, позволяющих избежать полного перебора для решения поставленной задачи оптимизации. Один из способов сокращения перебора заключается в построчном объединении переменных в группы (см. рисунок 1). Для нахождения минимума получившейся парно-сепарабельной функции с цепочечной смежностью переменных воспользуемся методом динамического программирования [3]. Сама по себе подобная группировка не уменьшает вычислительную сложность поставленной задачи. Обеспечить линейную вычислительную сложности можно лишь, заменив получаемые в результате прямого рекуррентного соотношения функции Беллмана их парно-сепарабельными аппроксимациями, сохраняющими некоторые основные черты исходных функций, и отказавшись, тем самым, от точного решения задачи оптимизации. Данный алгоритм описан в статье [1].

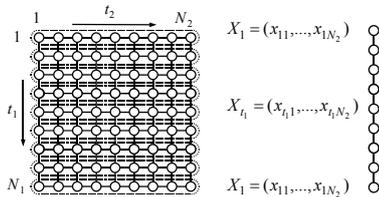


Рисунок 1 – Группировка переменных по строкам решетки.

В ходе программной реализации метода были выявлены возможности улучшения его показателей. Оптимальные значения переменных находятся последовательно для каждой строки матрицы. Выяснилось, что использование результатов предыдущего шага для нахождения следующей строки повышает точность и быстродействие алгоритма. Скорость метода повысилась также за счет оптимизации процедуры вычисления аппроксимаций функций Беллмана. В связи с этим, были внесены соответствующие изменения в оригинальную версию алгоритма.

Сравним описанный метод с аналогичными решениями. Рассмотрим алгоритм тривиализации [2] и древовидной аппроксимации [1]. Результаты сравнения позволили сделать вывод, что алгоритм построчной группировки переменных обладает большим быстродействием, чем метод тривиализации, и, в отличие от последнего, всегда находит решение, и более высокой точностью, чем алгоритм древовидной аппроксимации.

### Литература

1. Дмитриев Д.А., Моттль В.В., Копылов А.В., “Алгоритмы приближенной парно-сепарабельной оптимизации в задачах обработки изображений”, ТулГУ.
2. Шлезингер М.И., Коваль В.К., “Двумерное программирование в задачах анализа изображений”, Автоматика и телемеханика, М., 1976 г. № 2, с. 149-168.
3. Bellman, R. Dynamic Programming. Princeton University Press, Princeton, N.J., 1957.

## Алгоритм оценки качества видео с учетом человеческого восприятия

*Москвин Алексей Константинович*

*студент*

*Московский Государственный Университет имени М.В. Ломоносова,  
факультет Вычислительной Математики и Кибернетики, Москва, Россия*

*E-mail: [amoskvin@graphics.cs.msu.su](mailto:amoskvin@graphics.cs.msu.su)*

Изображения и видео, хранящиеся в цифровой форме, подвергаются большому числу искажений в процессе создания, сжатия и передачи, что приводит к снижению визуального качества. Наиболее корректным способом сравнения качества сжатия изображений и видео является его сравнение непосредственно человеком, но оно требует больших временных и финансовых затрат. Основной целью исследований в области построения объективных (т.е. без участия человека) метрик качества является разработка меры качества, которая будет точно соответствовать зрительному восприятию человека. Эти алгоритмы могут быть использованы для автоматического контроля качества при передаче данных, оптимизации и настройки алгоритмов обработки и сжатия, сравнения их между собой.

Предлагаемый алгоритм предназначен для оценки качества видео, сжатого современными видео кодеками и учитывает вносимые ими искажения для получения результирующей оценки. Известно, что наиболее заметными для человеческого глаза искажениями, вносимыми при сжатии, являются эффекты «блочности» и «размытия», возникающие из-за особенностей работы алгоритмов видео кодеков.

Сравнение двух кадров видео (оригинального и сжатого) состоит из нескольких шагов. На первом шаге яркостная компонента изображений рассматривается как сеточная трёхмерная поверхность. В окрестности каждой точки оцениваются перепады яркости, полученные значения отображаются на двухмерной гистограмме. На втором шаге строится разность гистограмм для сжатого и оригинального кадров. Полученное представление разницы между кадрами удобно тем, что на нем хорошо заметны оба исследуемых вида искажений: «блочность» (соответствует точкам с положительными значениями на осях гистограммы) и «размытие» (точки с отрицательными значениями в окрестности центра гистограммы). На третьем шаге вычисляются численные значения силы внесённых искажений, которые потом объединяются в итоговую оценку деградации качества для данного сжатого кадра, по сравнению с оригинальным. Оптимальные значения весов и параметров были получены с учётом данных субъективного тестирования.

### Литература

1. Winkler S. Digital Video Quality Vision Models and Metrics. Wiley, 2005.
2. Ватолин Д. С., Петров О. М., Паршин А. Е. Субъективное сравнение современных видео кодеков. [http://compression.ru/video/codec\\_comparison/subjective\\_codecs\\_comparison.html](http://compression.ru/video/codec_comparison/subjective_codecs_comparison.html), 2006.

## Об одном критерии оценивания булевых функций относительно методов дифференциального криптоанализа семейства MDx

Нгуен Тхань Хай<sup>10</sup>

студент

Московский Государственный Университет имени М.В. Ломоносова,  
факультет Вычислительной Математики и Кибернетики, Москва, Россия

E-mail: [haichoat@yahoo.com](mailto:haichoat@yahoo.com)

При дифференциальном криптоанализе хэш-функций семейства MDx [1,2] возникает последовательность уравнений вида:

$$G_i(X_1, X_2, \dots, X_n) = G_i(X_1 + a_1, X_2 + a_2, \dots, X_n + a_n) + a_0,$$

(\*)

где  $X_m \in \{0,1\}^{32}$ ,  $m = \overline{1, n}$ , – переменные;  $a_j \in \{0,1\}^{32}$ ,  $j = \overline{0, n}$ , – фиксированные константы; '+' – сложение по модулю  $2^{32}$ ; а функция  $G_i : \{0,1\}^{32n} \rightarrow \{0,1\}^{32}$  действует на аргументах побитово одинаковым образом, т.е.  $k$ -ый бит результата зависит только от  $k$ -ых битов аргументов:  $G_i^{(k)}(X_1, X_2, \dots, X_n) = g_i(X_1^{(k)}, X_2^{(k)}, \dots, X_n^{(k)})$ ,  $g_i$  – булева функция от  $n$  переменных. Обозначаем через  $N_i$  количество наборов  $(X_1, X_2, \dots, X_n)$ , которые удовлетворяют равенству (\*), и назовем величину  $P_i = N_i / 2^{32n}$  вероятностью выполнения (\*). Тогда произведение  $P = \prod_i P_i$  определяет вероятность успеха дифференциального криптоанализа для данной хэш-функции. Основная задача дифференциального криптоанализа – выбором констант  $a_j$  максимизировать значение  $P$ .

В работе предложен рекурсивный метод вычисления точных значений вероятностей  $P_i$  для любой булевой функции  $g_i$  и произвольных констант  $a_j$ . Разработанный метод позволяет оценивать долю тех констант  $a_j$ , для которых вероятность  $P_i$  не превосходит заданной величины  $\alpha$ . Обозначим эту долю через  $S(g_i, \alpha)$ . В частности, для одного из уравнений вида (\*):  $X_1 \oplus X_2 \oplus X_3 = X_1 \oplus (X_2 + c) \oplus (X_3 + d)$ , возникающих при анализе хэш-функции MD4 [1], доказана следующая теорема.

**Теорема.** Доля тех наборов  $(c, d)$ , для которых  $P_i \leq \frac{1}{8}$ , больше чем  $\frac{11}{12} - \frac{9}{2^{32}}$ .

Из этой теоремы вытекает, что для хэш-функции MD4, в которой все булевы функции  $g_i$  заменены на функцию  $x \oplus y \oplus z$ ,  $x, y, z \in \{0,1\}$ , трудно построить атаку методом дифференциального криптоанализа [1] с высокой вероятностью успеха.

Сравнение параметра  $S(g_i, \alpha)$  для разных функций  $g_i$  позволяет сформулировать следующий критерий: Из двух функций  $g_1$  и  $g_2$  более устойчивой к дифференциальному криптоанализу является та, у которой меньше параметр  $S(g_i, \alpha)$ .

### Литература

1. H.Dobbertin, Cryptanalysis of MD4, Fast Software Encryption 1996.
2. X.Wang, X.Lai, Cryptanalysis of the Hash Functions MD4 and RIPEMD, EUROCRYPT05.

<sup>10</sup> Автор выражает глубокую признательность ст.н.с, к.ф.-м.н. Карпунину Г.А. за помощь в подготовке тезиса.

**Реинжиниринг базы данных телемедицинской информационной системы  
Ханты-Мансийского автономного округа с использованием XML-контейнеров**

**Некрасов Максим Николаевич**

*аспирант*

*Югорский государственный университет, Россия*

*E-mail: hmaonmn@bk.ru*

В Ханты-Мансийском автономном округе внедрена телемедицинская информационная система, предназначенная для проведения консультаций между врачами из удаленных медицинских учреждений и окружными медицинскими центрами. Данная информационная система позволяет, проводит консультации с использованием сопроводительной информации о пациенте в режиме off-line (отсроченных телеконсультаций). Все консультации сохраняются в центральной базе данных под управлением СУБД Oracle. Центральная база данных построена по принципам построения реляционных баз данных.

В процессе работы телемедицинской информационной системы возникли новые задачи автоматизации процесса консультирования. Появилась необходимость кроме использования в консультациях графической и текстовой информации о пациенте, также в некоторых случаях добавлять рентгеновские снимки в формате DICOM и небольшие видеоролики. Далее возникла потребность в возможности просмотра различных статистических показателей по прошедшим консультациям.

Изменение структуры базы данных (для хранения различных новых видов медицинских данных), негативно сказывается на самой структуре данных. Поступая из разных источников данные, могут иметь различную структуру, вследствие чего при хранении медицинской информации в реляционной базе данных появляются большое количество таблиц имеющих глубокую иерархию данных. Глубокая иерархия данных увеличивает время выполнения запросов к базе данных. Практика показывает, медицинские данные имеют неявную или нечеткую структуру и их сложно хранить в реляционной базе данных. Для хранения таких данных наиболее подходящим видится использование XML-контейнеров.

Реинжиниринг базы данных включает в себя необходимость определения, какие данные будут оставаться в реляционной части базы, а какие будут перенесены в XML – контейнеры.

Использование XML-контейнеров позволит значительно упростить структуру базы данных, убрать глубокую иерархию данных, перенести основные медицинские показатели в XML-контейнеры. Что в свою очередь даст преимущества в скорости перед реляционной БД, в которой была реализована база.

# Минимизация интеграла от квадрата линейной комбинации граничного управления и его первообразной, производимыми третьим краевым условием

**Никитин Алексей Антонович**

аспирант

Московский Государственный Университет имени М.В. Ломоносова,  
факультет Вычислительной Математики и Кибернетики, Москва, Россия

E-mail: [nikitin@proc.ru](mailto:nikitin@proc.ru)

В настоящей работе рассматривается задача граничного управления колебаниями упругой струны, описываемыми волновым уравнением

$$u_{xx}(x, t) = u_{tt}(x, t)$$

Это управление производится на левом конце третьим краевым условием

$$u_x(0, t) - hu(0, t) = \mu(t),$$

а правый конец закреплен. За произвольный, кратный  $4l$  промежуток времени  $T$ , процесс колебаний переводит струну из произвольно заданного начального состояния в произвольно заданное финальное состояние.

Оптимальность данного граничного управления основана на минимизации интеграла от квадрата линейной комбинации самого управления и его первообразной. Частным случаем (при  $h = 0$ ) данной задачи является задача управления упругой силой на левом конце струны при закрепленном правом, подробно изученная в работе [4]. Рассмотрение ведётся в терминах обобщенного решения волнового уравнения из класса  $\widehat{W}_2^1$ .

Для постановки задачи оптимизации введём в рассмотрение следующую функцию:

$$H_m(\tau) = l_{2n-m+1}^1(2h\tau) + l_{2n-m}^1(2h\tau), m = 0, \dots, 2n+1.$$

где  $l_k^1(2h\tau)$  - полином Лагерра, см [5].

Определим теперь функцию  $H(t, \tau)$  равенством:

$$H(t, \tau) = \{H_m(\tau), \text{ при } 2lm < t \leq 2l(m+1) m = 0, \dots, 2n+1.\}$$

Поставим задачу заключающуюся в отыскании среди всех функций  $\mu(t) \in L_2(0, T)$ , являющихся граничными управлениями, той, которая доставляет минимум интегралу:

$$\int_0^T \left[ \mu(t) - h \int_0^t H(t, t-\xi) \mu(\xi) d\xi \right]^2 dt.$$

при наличии условий связи, извлекаемых из выполнения произвольно заданных начальных и финальных условий.

Данная задача приводится нами к решению уравнения Вольтерра с ядром типа свёртки, которое решается методом преобразования Лапласа.

## Литература

1. В.А. Ильин, Дифференциальные уравнения. 2000. Т.36, N 11. с. 1513 - 1528.
2. В.А. Ильин, Дифференциальные уравнения. 2000. Т.36, N 12. с. 1670 - 1686.
3. В.А. Ильин, УМН. 1960. Т.15, N 2. с. 97 - 154.
4. В.А. Ильин, Е.И. Моисеев УМН. 2005. Т. 60, N6. с. 89 - 114.
5. Г. Бейтмен, А. Эрдейи, Высшие трансцендентные функции. Т. 2. - М. Наука, 1974.
6. А.Д. Полянин, А.В. Манжиров, Справочник по интегральным уравнениям. - М. Физматлит, 2003.

## Применение случайного решетчатого графа в задаче моделирования параллельных вычислительных процессов

**Новиков Алексей Владимирович**

аспирант

Тульский государственный университет, Тула, Россия

E-mail: [anovikov@tula.net](mailto:anovikov@tula.net)

Распараллеливание алгоритмов является эффективным средством повышения производительности вычислительной системы. Для определения времени выполнения параллельного алгоритма необходимо построить модель параллельного вычислительного процесса, позволяющую вычислять временные характеристики системы для различных вариантов распараллеливания.

В качестве исходных данных, отражающих логическую и информационную структуру алгоритма, предлагается применить два ориентированных графа (граф алгоритма и информационный граф), вершинам которых соответствуют операторы алгоритма.

Для обозначения случайности условных переходов алгоритма, зависящих от входных данных, предлагается ввести многомерную случайную величину, задаваемую в виде матрицы, в которой элемент  $\zeta_{ij}$  является величиной, характеризующей переход от вершины  $v_i$  к вершине  $v_j$ . Показано, что множество матриц возможных значений случайных величин  $\zeta_{ij}$  порождает множество подграфов, называемое в различных источниках случайным графом. Данное множество предложено использовать для представления разветвляющегося алгоритма, что позволяет адекватно описать его поведение при различных входных данных.

Для облегчения анализа алгоритмов с циклами с параметрами производится представление графа алгоритма и информационного графа в виде решетчатых графов – то есть их укладка на систему координат многомерного дискретного пространства. При этом предлагается ввести два типа координат: ациклическое измерение и циклические измерения, позволяющие однозначно определить любую вычислительную операцию, выполняемую в алгоритме, в виде набора числовых значений.

На основе графа алгоритма и информационного графа разработана модель параллельного вычислительного процесса, задаваемого в виде 3-цветного графа, множество вершин которого совпадает с множеством вершин графа алгоритма, а множество дуг определяется в виде объединения трех множеств дуг различных типов: программных, информационных и аппаратных. Программные дуги отражают последовательность выполнения операций внутри сегментов. Информационные дуги отражают информационную зависимость между связываемыми ими сегментами, реализованными на различных исполнительных устройствах. Аппаратные дуги связывают сегменты, выполняемые на одном исполнительном устройстве в заданном порядке. Очевидно, что если граф  $G$  является случайным, то и граф  $\Gamma$  также является случайным графом.

Получена общая методика вычисления функции распределения времени выполнения алгоритма при условии, что время выполнения операторов является многомерной случайной величиной, которая задана функцией или рядом распределения. Данная методика основана на определении множества реализаций случайного графа, для каждой из которых вычисляется функция распределения времени выполнения алгоритма, а затем вычисляется функция распределения времени выполнения алгоритма в целом.

На основе полученной функции распределения вычисляются числовые параметры (среднее или максимальное время), которые используются в качестве оптимизационных критериев при решении задачи распараллеливания алгоритма.

## **Численное моделирование процесса искусственного замораживания фильтрующих грунтов**

***Павлова Наталья Васильевна***

*старший преподаватель*

*Якутский государственный университет им. М.К. Аммосова, Институт математики и информатики, Якутск, Россия*

*E-mail: [nprav@rambler.ru](mailto:nprav@rambler.ru)*

Искусственное замораживание грунтов является универсальным специальным способом при сооружении подземных выработок в водонасыщенных грунтах. Способ искусственного замораживания грунтов применяется во многих областях строительства: шахтном, промышленном, при разработке полезных ископаемых, коммунальном, гидротехническом, при сооружении метрополитенов и других подземных конструкций. Наиболее приемлемым является способ, заключающийся в создании противofiltrационной завесы из ледопородного тела, получаемого в результате замораживания стенки выработки. Для этой цели в северных регионах в зимнее время могут быть использованы низкие температуры атмосферного воздуха, а для интенсификации процесса обычно применяют специальные жидкостные охлаждающие устройства. В настоящее время такие процессы моделируются на основе различных моделей тепло- и массопереноса в фильтрующих грунтах.

Рассматривается процесс искусственного замораживания глубоко залегающих горных пород, насыщенных фильтрующимися подземными водами, с помощью бесконечно длинного кругового цилиндра, на стенке которого поддерживается температура, которая значительно ниже температуры замерзания пластовой воды. Предполагается, что течение насыщающей горные породы пластовой воды плоско-параллельное и имеет на бесконечности заданную скорость, перпендикулярную оси рассматриваемого цилиндра. Пренебрегая геотермическим градиентом и влиянием температуры дневной поверхности, рассматриваем двумерную математическую модель изучаемого процесса в декартовой системе координат. В силу сделанных выше предположений вокруг замораживающей колонки образуется и растет ледопородное тело.

Предлагается вычислительный алгоритм для численной реализации нестационарной математической модели процесса искусственного замораживания фильтрующих грунтов. При численном решении данной задачи использован метод фиктивных областей с последующим применением однородных разностных схем сквозного счета. Получающиеся нелинейные системы разностных уравнений реализованы с помощью двухслойного итерационного метода минимальных невязок, подходящего для решения задачи с несамосопряженным сеточным оператором.

Построенный вычислительный алгоритм реализован в виде комплекса прикладных программ. Численные расчеты показали, что и внутренние и внешние итерации сходятся очень быстро, а при малых значениях температуры поверхность раздела фаз почти не отличается от окружности. Далее, с ростом температуры, ледопородное тело принимает продолговатую форму. В случае нескольких источников, в зависимости от их температуры и расстояния, ледопородные тела смыкаются при глубоком замораживании.

### **Литература**

1. Вабищевич П.Н. Метод фиктивных областей в задачах математической физики. - М.: Изд-во Моск. ун-та, 1991.
2. Васильев В.И., Максимов А.М., Петров Е.Е., Цыпкин Г.Г. Тепломассоперенос в промерзающих и протаивающих грунтах. - М.: Наука, 1996.

## **Обнаружение уязвимостей web-приложений методом динамического анализа**

*Заливин Денис Андреевич, Козлов Дмитрий Дмитриевич,*

*Петухов Андрей Александрович*

*студент, младший научный сотрудник,*

*аспирант*

*Московский Государственный Университет имени М.В. Ломоносова,  
факультет Вычислительной Математики и Кибернетики, Москва, Россия*

*E-mail: [petand@lvk.cs.msu.su](mailto:petand@lvk.cs.msu.su)*

### **Введение**

В современных информационных системах широкое распространение получило использование web-приложений. Web-приложения обладают такими важными достоинствами, как простота и привычность интерфейса, возможность удаленной работы через Интернет, быстрота разработки приложения. Вместе с этим web-приложения создают большое число проблем, связанных с обеспечением информационной безопасности, ведь их разработка очень часто выполняется в сжатые сроки, а приложение становится доступным через Интернет и для пользователей, и для злоумышленников. Уязвимости позволяют злоумышленникам похищать конфиденциальную информацию, проводить несанкционированные изменения данных, нарушать доступность приложения. В настоящее время проблема обеспечения безопасности web-приложений весьма актуальна: согласно исследованиям IEEE [1] более 60% от всех обнаруживаемых уязвимостей относятся к web-приложениям, а согласно исследованию Acunetix [2] более 70% web-приложений содержат уязвимости. При этом наиболее распространёнными являются уязвимости, связанные с некорректной обработкой пользовательского ввода (SQL-инъекции 50% и межсайтовый скриптинг 42%).

### **Методы**

Существует три основных подхода к обнаружению уязвимостей web-приложений: тестирование на проникновение, статический анализ исходных кодов и динамический анализ исходных кодов. Анализ [3] этих методов на предмет эффективности обнаружения уязвимостей, связанных с некорректной обработкой пользовательского ввода, показал, что:

1. Тестирование на проникновение и методы статического анализ являются менее точными и полными по сравнению с методами динамического анализа при обнаружении уязвимостей в web-приложениях, написанных на скриптовых объектно-ориентированных языках (PHP, Perl, Python, Ruby);
2. Для технологии Python, в отличие от технологий Perl, Ruby, PHP, не существует реализации методов динамического анализа для поиска уязвимостей.

В связи с этим было принято решение о реализации метода динамического анализа для обнаружения уязвимостей, связанных с некорректной обработкой пользовательского ввода, для технологии mod\_python [4].

### **Результаты**

Для уточнения понятия уязвимости были сделаны следующие предположения:

- все данные, получаемые через HTTP-запросы, считаются ненадёжными;

- все ресурсы, локальные по отношению к web-приложению, считаются надёжными;
- ненадёжные данные могут стать надёжными вследствие специальной обработки.

Тогда уязвимостью, связанной с некорректной обработкой пользовательского ввода, будет считаться нарушение хотя бы одного из правил:

- ненадёжные данные не должны использоваться при построении HTTP-ответов;
- ненадёжные данные не должны сохраняться в локальных хранилищах данных;
- ненадёжные данные не должны использоваться при конструировании команд системного окружения web-приложения (SQL-запросы, команды ОС и т.д.).

Для обнаружения нарушений приведенных правил для программ, реализованных с использованием технологии `mod_python`, были проведены доработки интерпретатора языка Python:

- Встроенные в язык Python классы для представления строк были дополнены специальным полем-флагом `tainted`, который сигнализирует о том, прошла ли информация в данном классе проверку на корректность или нет.
- Флаг `tainted` устанавливается, если строковая переменная инициализируется от данных HTTP-запроса.
- Флаг `tainted` устанавливается, если строковая переменная получает своё значение от других переменных с поднятым флагом `tainted`.
- Флаг `tainted` снимается, если строковая переменная проходит функцию проверки на корректность данных. Список имен функций, производящих проверки на корректность ввода, содержится в конфигурационном файле средства. Список может быть дополнен специфическими именами при использовании фреймворков для построения web-приложений.
- Если строковая переменная с установленным флагом `tainted` попадает в критическую функцию, то создаётся отчёт об обнаруженной уязвимости. Критическими функциями являются функции вывода HTML пользователю, функции обращения к СУБД, системные вызовы ОС и т.д. Список критических имен функций также содержится в конфигурационном файле средства и при необходимости может быть дополнен.

Результатом работы является метод для обнаружения уязвимостей, связанных с некорректной обработкой пользовательского ввода, для web-приложений, реализованных с помощью технологии `mod_python` и средство, его реализующее.

В докладе также будут представлены результаты испытания средства на тестовых и реальных web-приложениях.

### Литература

1. Andrews M., The State of Web Security. IEEE Security & Privacy, vol. 4, no. 4, pp. 14-15, 2006.
2. Портал «Информационная Безопасность». <http://www.itsec.ru/>.
3. Козлов Д.Д., Петухов А.А. Методы обнаружения уязвимостей в web-приложениях. // Программные системы и инструменты: тематический сборник ф-та ВМиК МГУ им.Ломоносова N 7. П/р Л.Н. Королева. М: Издательский отдел ВМиК МГУ. Изд-во МАКС Пресс, 2006г.
4. Mod\_python – Apache/Python Integration. <http://www.modpython.org/>.

# Разработка технологии высокоточных вычислений на базе спектрального метода конечных элементов

Попонин Владимир Сергеевич

ассистент

Томский государственный университет, Россия

E-mail: [posv@mail.tomsknet.ru](mailto:posv@mail.tomsknet.ru)

Представлен алгоритм построения решения плоских задач динамики вязкой несжимаемой жидкости методом спектральных элементов. Описан математический аппарат, позволяющий получить для плоских задач динамики вязкой жидкости решения высокого порядка точности в областях сложной геометрии. Основная идея метода спектральных элементов заключается в том, что решение искомым дифференциальных уравнений ищется путем разложения в ряд по некоторой системе ортогональных функций. Имея представления искомым функций в спектральном пространстве, то есть определив их в виде разложения по базисным функциям, в спектральном методе строится система интегральных соотношений. Для тестирования алгоритма были произведены расчеты течений, имеющих аналитическое решение. Представлены также тестовые расчеты течений в каверне, а также произведен расчет стационарного потока за уступом. Систему линейных алгебраических уравнений, получающуюся при дискретизации исходной задачи, решали методом GMRES [1]. Кроме того, разложив исходную матрицу системы на факторы  $L$  и  $U$ , и, обратив полученную матрицу, получаем эффективный предобуславливатель.

Рассмотрим течение Коважного [2]. Течение Коважного является точным решением плоских стационарных уравнений Навье-Стокса и имеет вид:

$$u(x, y) = 1 - e^{(-\lambda x)} \cos(2\pi y), \quad v(x, y) = -\frac{\lambda}{2\pi} e^{-\lambda x} \sin(2\pi y), \quad p(x, y) = -\frac{1}{2} e^{-2\lambda x},$$

$$\lambda = \sqrt{\frac{\text{Re}^2}{4} + 4\pi^2} - \frac{\text{Re}}{2}. \text{ Здесь } u(x, y), v(x, y) \text{ - продольная и поперечная компоненты скорости соответственно, } p(x, y) \text{ - давление.}$$

На рис. 1. представлены относительные погрешности для компонент скоростей, давления и невязка для уравнения неразрывности.

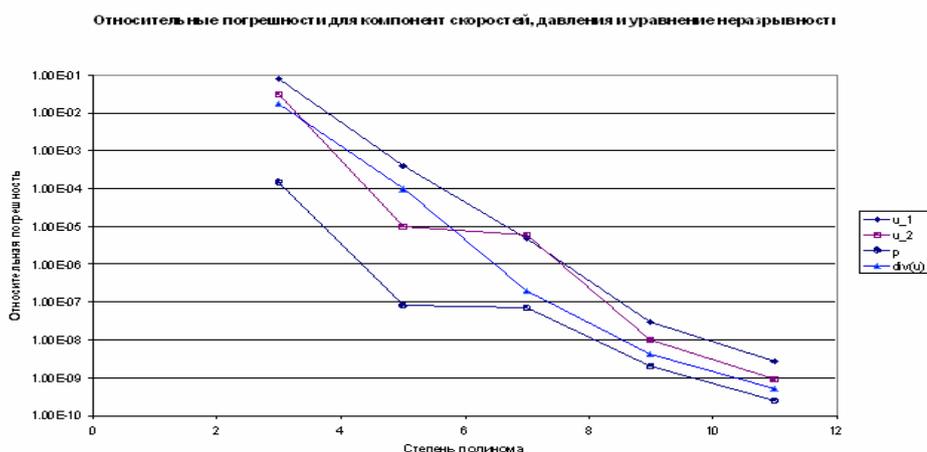


Рис.1. Относительные погрешности для компонент скоростей, давления и невязка для уравнения неразрывности.

## Литература

1. Yousef Saad. Iterative Methods for Sparse Linear Systems. 2000.
2. B.T.Helenbrook. A Two-Fluid Spectral Element Method. Department of Mechanical and Aeronautical Engineering, Clarkson University, Potsdam, NY.

**Существование экономического равновесия  
в модели типа Эрроу-Дебре с учетом оборотных средств производства<sup>11</sup>**

**Рудева Анастасия Валерьевна**

*аспирантка*

*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,  
факультет Вычислительной Математики и Кибернетики, Москва, Россия*

*E-mail: rudeva\_asya@mail.ru*

В России в настоящее время сложилась ситуация, в которой обрабатывающие отрасли слабо конкурентоспособны по сравнению с импортными аналогами. В связи с чем возникают задержки в реализации продукции, которые велики настолько, что их среднеквадратичное отклонение сравнимо с математическим ожиданием. Задержки в реализации влекут за собой нехватку оборотных средств. Поэтому отрасли производства вынуждены формировать оборотные средства за счет кредита. Отрасль производства берет сначала долгосрочный кредит, а если исчерпан и он, то либо приостанавливает свою деятельность, либо берет краткосрочный кредит. Реализация продукции наступает в случайные моменты времени, представляющие собой пуассоновский поток с параметром, характеризующем нестабильность реализации продукции. Такие модели были описаны в [1,2]. Однако не был исследован вопрос о том, можно ли такое описание использовать в моделях конкурентного равновесия типа Эрроу-Дебре.

В [3] показано, что в случае, если долгосрочный кредит дороже краткосрочного, равновесие существует, и вопрос о его существовании сводится к решению вариационного неравенства. Доказано существование равновесия для случая фиксированного распределения доходов потребителя.

В данной работе исследуется вопрос о существовании равновесия в случае, когда доход каждого потребителя формируется за счет фиксированной доли в прибыли производителя и доли в прибыли банка, выдающего краткосрочный кредит производителю для осуществления бесперебойной работы под обеспечение товарной продукцией. Такое распределение соответствует распределению доходов потребителей в классической модели Эрроу-Дебре.

### **Литература**

1. Автухович Э.В., Шананин А.А. Отрасль производства в условиях дефицита оборотных средств. Математическое моделирование, 2000, т.12, №7, с.102-126
2. Акпарова А.В., Шананин А.А. Модель производства в условиях несовершенной кредитной системы и нестабильной реализации продукции. Математическое моделирование, 2005, т.17, №9, с.60-76
3. Рудева А.В., Шананин А.А. «О существовании и свойствах экономического равновесия в моделях производства, функционирующего в условиях дефицита оборотных средств», сборник 49-ой научной конференции МФТИ, 2006

---

<sup>11</sup> Работа выполнена при финансовой поддержке программы «Развитие научного потенциала высшей школы» (код проекта РНП.2.2.1.1.2467, тема 717), грантами РГНФ (№ 05-02-02349а) и РФФИ (№ 05-01-00942).

# Принципы и методы построения словаря русского языка для алгоритмов морфемного и морфологического анализа текста на естественном языке

*Седова Яна Анатольевна*

*студентка*

*Астраханский Государственный Технический Университет, Астрахань, Россия*

*E-mail: [yanasedova@rambler.ru](mailto:yanasedova@rambler.ru)*

## Введение

Каждый алгоритм разбора текста на естественном языке так или иначе опирается на словарь. Зачастую при этом роль словаря недооценивается или и вовсе применяется «четкая морфология», использующая словарь всех словоформ языка без внимания к вновь сконструированным или редким словам. Таким образом возможно положение, когда слово построено по правилам языка от корня, существующего в этом языке, и тем не менее не обрабатывается программой и квалифицируется как незнакомое. Ряд систем (например FineReader) добавляет слово в словарь и при этом анализирует его с построением парадигмы и определением части речи. Однако часто слово добавляется как неизменяемое (например в Microsoft Word), и другая его же словоформа опять требует добавления в словарь. Пользовательский словарь быстро увеличивается в объеме, а добавление в него новых слов становится длительным и трудоемким занятием.

## Принципы

Преимущества «нечеткой морфологии», основанной на словаре морфем русского языка, очевидны, но и в этом случае существует ряд сложностей. Главной из них является вопрос о том, что считать лингвистически корректной словоформой для данного корня. Многие слова, построенные по правилам русского языка, программа воспримет как корректные, в то время как с точки зрения лингвистики таких слов нет и быть не может.

Граница между «нет» и «не может быть» размыта. По этой причине в структурную схему словаря должно быть введено понятие сочетания морфем, корректного с точки зрения лингвистики. В сущности, ничто не мешает автору текста поставить глагол «победить» в форму первого лица единственного числа будущего времени, хотя этот глагол недостаточный и, строго говоря, такой формы не имеет. Но возможны случаи, когда употребление данной формы оправдано, и программа должна разбирать этот вариант, имея при этом в виду, что он лингвистически неверен. Другая проблема «нечеткой морфологии» - омонимы, когда в состав корня входят буквосочетания, совпадающие с морфемами русского языка. Программа должна опираться на найденный корень, но иметь в виду и морфемы, с которыми он формально совпадет, и это предпочтение должно найти отражение в словаре. Далее, с точки зрения лингвистики в слове может вовсе не быть корня, как в глаголе «вынуть». Если заложить эту особенность в алгоритм, возрастет процент ошибок. Программа должна иметь в виду также и это свойство языка, но не делать его безусловным.

Таким образом, возникают следующие *принципы* построения словаря:

- для морфемы должно быть указано наиболее лингвистически корректное сочетание с другими морфемами, если такое указание технически выгодно (супплетив, отсутствие той или иной формы и т. д.)
- если морфема может быть представлена в виде сочетания других морфем, это другое сочетание также должно быть отражено в словаре
- ряд слов должен быть представлен не разделенным на морфемы, а целиком, если разобрать его по морфемам технически сложно (отсутствие корня, редкая морфема).

Итак, словарь должен не только содержать необходимые для алгоритма данные, но и давать программе часть той информации, которую иначе алгоритму пришлось бы искать с большими затратами времени и ресурсов.

## Методы

Очевидна сложность построения словаря вручную. Словарь Зализняка, например, содержит свыше 90 тыс. слов, большая часть которых являются словоформами от остальных. Поэтому эффективным способом должен быть анализ существующего обычного словаря с помощью некоторых алгоритмов с целью, во-первых, устранения его избыточности, а во-вторых выявления ряда закономерностей и исключений, аналогичных указанным выше. Алгоритмы, выполняющие подобные действия, должны соответствовать или и вовсе совпадать с теми алгоритмами, которые в дальнейшем уже на основе словаря будут осуществлять морфемный анализ слов текста. Это положение, разумеется, не является «обучением» в том смысле, в котором это слово обычно применяется в искусственном интеллекте, однако этот процесс как раз и представляет собой обучение, другими словами, отладку алгоритмов на большом количестве тестовых примеров (время работы каждого такого алгоритма для исходного словаря может колебаться от 15 минут до 3-4 часов).

Таким образом, *методы* построения словаря:

- автоматизированное устранение избыточности обычного словаря
- автоматизированный поиск вспомогательных (не корневых) морфем, которые не содержатся в уже составленных списках
- отладка на анализе словаря тех алгоритмов, которым в дальнейшем предстоит анализировать текст в рамках готового программного продукта.

## Результаты

В разрабатываемом программном продукте данный словарь используется для задачи перевода текста на русском языке в дореволюционную орфографию.. Эта задача формально заключается в восстановлении исходного строения текста, падежных форм слов и связей между словами. Например, до революции окончания «-ие» и «-ые» в женском и среднем роде прилагательных заменялись на «-ия» и «-ья»: «большія поля», «большія рѣки», но «большіе дома». Существительные первого склонения в дательном и предложном падежах и существительные второго склонения в предложном падеже единственного числа оканчивались на «Ѣ»: «приду въ полѢ», но «видѣль поле». Прилагательные мужского и среднего родов имели в родительном падеже окончания «аго» и «яго»: «большаго дома», «синяго моря». Поскольку по форме самого слова не всегда можно определить его грамматические признаки, программа должна осуществлять синтаксический разбор предложения. Как известно, для этой задачи в настоящее время не разработано стопроцентно работоспособных алгоритмов. Тем не менее, в данном программном продукте реализован специально разработанный алгоритм, который для большого количества предложений находит верный вариант грамматического разбора. Если же однозначный разбор невозможен, программа не станет применять правила дореволюционной орфографии к данному слову и сообщит об этом в итоговом отчете. Таким образом, процесс перевода текста в дореволюционную орфографию не является автоматическим, однако работа пользователя существенно упрощается.

## Литература

1. Русское правописание. Руководство, составленное по поручению второго отделения Императорской академии наук академиком Я. К. Гротом. Одиннадцатое издание. СПб, 1894 г.
2. Люгер Джордж Ф. Искусственный интеллект: стратегии и методы решения сложных проблем. – М.: Вильямс, 2003.
3. Шенк Р. Обработка концептуальной информации. М.: Энергия, 1980.

**Распределенная общая память суперкомпьютера,  
предназначенного для решения задач большой размерности**

**Семенов Александр Сергеевич<sup>12</sup>**

*аспирант*

*Московский Государственный Университет имени М.В. Ломоносова,  
факультет Вычислительной Математики и Кибернетики, Москва, Россия*

*E-mail: [semenov@nicvt.ru](mailto:semenov@nicvt.ru)*

В различных стратегически важных прикладных областях вычислительные ядра задач зачастую характеризуются использованием памяти чрезвычайно большого объема, что влечет за собой использование распределенной памяти. Для решения таких задач разрабатываются перспективные высокопроизводительные системы, при создании которых одна из целей – повышение на порядок продуктивности программирования. Этого можно достичь, например, при помощи использования модели распределенной общей памяти.

Общая отличительная особенность интересующего класса задач заключается в интенсивной нерегулярной работе с памятью сверхбольшого объема, что определяет низкую (на уровне 1% от пиковой) реальную производительность суперкомпьютеров с традиционной архитектурой. Главная причина низкой реальной производительности заключается в низкой эффективности подсистемы памяти. На современном этапе разрыв между задержкой работы памяти и скоростью работы процессора составляет несколько сотен раз. Работа с распределенной памятью через сеть обходится еще в 2-3 тысячи тактов. Базовым общепринятым тестом по оценке эффективности памяти при нерегулярном доступе является RandomAccess, современные суперкомпьютеры показывают на этом тесте не больше 29-35 gups (giga updates per second).

Один из путей решения этой проблемы связан с использованием мультитредовой архитектуры процессора для сокращения длинных задержек при обращении в память и обеспечения толерантности процессора к задержкам. Однако одного большого количества тредов недостаточно. Для эффективной поддержки модели распределенной общей памяти необходимо обеспечить аппаратную трансляцию адреса в распределенной общей памяти, большое количество незавершенных обращений к памяти, коммуникационная сеть должна быть отказоустойчивой и обладать высокой пропускной способностью при передаче коротких пакетов.

В ОАО «НИЦЭВТ» разрабатывается архитектура суперкомпьютера ЕС-Х с мультитредовой архитектурой и аппаратной поддержкой распределенной общей памяти, предназначенного для решения стратегического класса задач. Автор тезисов принимал участие в разработке подсистемы памяти в этой архитектуре, а также в разработке идеализированной параллельной потактовой модели системы ЕС-Х.

Задержки при обращении в локальную память узла системы ЕС-Х оцениваются от 30 до 90 тактов процессора (500 МГц), задержка при обращении в удаленную память – от 1300 тактов. В результате моделирования 8192 процессоров разрабатываемой системы с учетом приведенных оценок на тесте Random Access получено 313 gups. Этот и другие тесты показывают перспективность и актуальность подхода для решения важных стратегических задач.

### **Литература**

1. DARPA High Productivity Computing Systems.  
<http://www.darpa.mil/IPTO/programs/hpcs/index.htm>
2. J. Feo, D. Harper, S. Kahan, P. Konecny, “Eldorado”, Cray Inc, 2005.
3. HPC Challenge Benchmarks. <http://icl.cs.utk.edu/hpcc>

---

<sup>12</sup> Автор выражает признательность руководителю работы от ОАО «НИЦЭВТ» к. ф-м. н. Эйсымонту Л. К. и научному руководителю проф., д. ф-м. н. Маркову А. С.

## Трехмерная реконструкция объектов класса тел вращения по наброскам пользователя

*Сенюкова Ольга Викторовна, Дегтярева Анна Александровна*<sup>13</sup>

*студент, соискатель*

*Московский Государственный Университет имени М.В. Ломоносова,  
факультет Вычислительной Математики и Кибернетики, Москва, Россия*

*E-mail: [olsen222@yandex.ru](mailto:olsen222@yandex.ru), [adegtiareva@graphics.cs.msu.su](mailto:adegtiareva@graphics.cs.msu.su)*

Задача трехмерной реконструкции реальных физических объектов по изображениям, в настоящее время чрезвычайно актуальна в связи с тем, что построение моделей объектов вручную требует много времени и усилий, а применение алгоритмов, работающих с изображениями, позволяет значительно ускорить этот процесс.

В рамках данного исследования рассматривается задача реконструкции тел вращения по изображениям. Тело вращения – это трехмерная фигура, полученная вращением плоской кривой, называемой образующей, вокруг произвольно выбираемой оси. В отличие от многогранных моделей, на которых можно сопоставить друг другу точки, видимые на разных изображениях (например, вершины граней), на телах вращения при отсутствии на них четкой текстуры такая особенность отсутствует. Поэтому для тел вращения оказываются неприменимыми традиционные подходы реконструкции, такие как, например, алгоритмы стереовидения.

Был проведен обзор методов, учитывающих геометрические особенности класса тел вращения. Был предложен новый алгоритм, показывающий более устойчивые результаты.

На вход алгоритму подаются калибровочные данные (информация о положении камеры, ее направлении и внутренних параметрах) и контуры (наброски) тела вращения, выделенные пользователем на двух фотографиях тела, полученных с разных ракурсов.

Алгоритм состоит из трех основных шагов. На первом шаге по двум изображениям строится ось симметрии тела вращения в трехмерном пространстве с помощью алгоритмов стереовидения. На втором шаге итеративно вычисляются горизонтальные сечения реконструируемой модели тела вращения. На третьем, заключительном шаге по этим сечениям строится модель тела вращения. Ключевой идеей алгоритма является построение сечений тела вращения с помощью набора расширяющихся сечений. Алгоритм строит модель, максимально соответствующую входным данным, последовательно перебирая значения радиусов всех сечений с некоторым шагом.

Данный алгоритм обладает следующими достоинствами по сравнению с существующими подходами: он устойчив по отношению к изменениям входных данных, работает одинаково хорошо с любыми телами рассматриваемого класса и позволяет пользователю регулировать детализацию модели, изменяя число сечений. Устойчивость алгоритма обусловлена тем, что он учитывает непрерывную структуру результирующей модели, в отличие от алгоритмов, вычисляющих точки модели независимо друг от друга.

На базе предложенного алгоритма было разработано программное обеспечение. Алгоритм был протестирован на реальных примерах. В дальнейшем предполагается развитие алгоритма для других классов обобщенных цилиндров.

### Литература

- [1]. Pan, C., Yan, H., Medioni, G., Ma, S. "Parametric reconstruction of generalized cylinders from limb edges", *IP(14)*, No. 8, August 2005, pp. 1202-1214.
- [2]. Конушин А.С. "Алгоритмы построения трехмерных компьютерных моделей реальных объектов для систем виртуальной реальности". Диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, Москва, 2005.

<sup>13</sup> Авторы выражают признательность Якубенко А.А. за помощь в подготовке тезисов.

## Адаптивный метод оценки истинного движения

Симонян Карен Ашотович

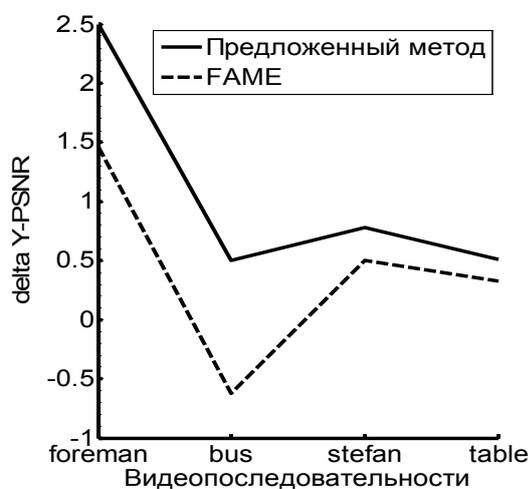
студент

Московский Государственный Университет имени М.В. Ломоносова,  
факультет Вычислительной Математики и Кибернетики, Москва, Россия

E-mail: [ksimonyan@yandex.ru](mailto:ksimonyan@yandex.ru)

Оценка движения широко применяется в сжатии и обработке видео. Наиболее распространены методы группы ВМА (Block Matching Algorithms) [1], в которых кадр разбивается на блоки, и поиск вектора движения производится для каждого блока. Современные ВМА-алгоритмы для ускорения поиска используют корреляцию между векторами движения как в пространстве, так и во времени: формируется множество векторов-кандидатов, из него выбирается вектор, который затем уточняется путем применения шаблонов поиска. К недостаткам подобных алгоритмов относится неспособность отследить истинное движение однородных блоков, а использование блоков постоянного размера приводит к недостаточной точности поля векторов или к высокой чувствительности к шуму.

В настоящей работе предлагается метод оценки движения, использующий переменный размер блока и адаптивную стратегию поиска вектора движения, зависящую от контрастности блоков. Разбиение блока на подблоки производится в областях со сложным движением, а также в областях, где текущий размер блока не может обеспечить приемлемый уровень ошибок. Это позволяет значительно повысить точность векторного поля, например, на границах объектов. В однородных блоках множество векторов-кандидатов обрабатывается специальным образом, а также меняется стратегия применения шаблонов поиска. За счет этого достигается повышение точности поля векторов движения в однородных областях.



Слева изображено поле векторов движения, построенное алгоритмом E3DRS (размер блока 4x4) для фрагмента последовательности "Mother&Daughter". На однородных областях векторы часто найдены неверно.

Справа изображено поле векторов движения, построенное предложенным алгоритмом для того же фрагмента. На однородных областях векторы найдены верно. Размер блока находится адаптивно, за счет чего достигается высокая точность поля векторов движения при низкой чувствительности к шуму.

Сравнение предложенного метода и алгоритма FAME [1] с алгоритмом E3DRS [3] (по вертикали – разность значений Y-PSNR соответствующего метода и E3DRS; чем выше качество, тем больше значение метрики).

## Литература

- [1] I. Ahmad, W. Zheng, J. Luo, M. Liou, "A fast adaptive motion estimation algorithm". *IEEE transactions on CSVT*, March 2006, pp. 420-438.
- [2] R. Braspenning and G. de Haan, "Efficient Motion Estimation with Content-Adaptive Resolution". *Proceedings of ISCE'02*, Sep. 2002, pp. E29-E34.
- [3] S. Olivieri, L. Albani, and G. de Haan, "A low-complexity motion estimation algorithm for H.263 video coding". *Proc. Philips Conf. on DSP*, Veldhoven, Nov. 1999, paper 17.3.

**Автоматизация процесса совмещения растровых кадров, полученных с помощью системы пофрагментного сканирования**

**Трушлякова В.В., Красник Е. В.**

*аспирант, научный сотрудник*

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет им. В. И. Ульянова-Ленина (ЛЭТИ), факультет электроники, Санкт – Петербург, Россия.*

[cltc2004@yandex.ru](mailto:cltc2004@yandex.ru)

Одним из удобных инструментов извлечения топологии микросхемы является оптический микроскоп с ПЗС – камерой. Микроскоп позволяет получить набор фотографий поверхности кристалла микросхемы. В статье рассматривается алгоритм и способ получения панорамных изображений из отдельных фрагментов. Восстановление целостной картины может быть реализовано несколькими способами.

1. Совмещение растров по строкам или столбцам.
2. Совмещение строки или столбца кадров с учетом уже совмещенных параллельных кадров.

3. Полностью автоматическое совмещение группы кадров.

Совмещение фрагментов растра осуществляется на основании метода морфологической корреляции, который основан на анализе выборок соседних кадров изображения. Суть метода заключается в поиске минимума функции морфологической корреляции ( $R_M$ ) на основании нескольких выборок. Из всех полученных значений  $R_M$  выбирается минимум и запоминается значение координаты, при которой достигнут минимум. Таким образом, рассмотренные вложенные циклы обеспечивают поиск выборки  $f_2$  в присоединяемом кадре такой, что функция морфологической корреляции  $R_M$  с выборкой  $f_1$  из эталонного кадра минимальна, и определяет пару значений смещения ( $P_x X$  и  $P_y X$ ). Эти смещения определили положения кадра вдоль оси  $X$ . Одновременно со смещением вдоль оси  $X$  функция  $f_2$  смещается вверх и вниз вдоль оси  $Y$ , тем самым определяется значение смещения  $\tau_{ort}$  от исходного положения. Из полученных значений  $R_M$  так же выбирается минимум и запоминается координата. Результатом расчетов является пара координат ( $x; y$ ). Для качественного совмещения необходимо рассматривать функцию морфологической корреляции от двух переменных –  $R_M(\tau, \tau_{ort})$ . Для повышения точности совмещения программа обеспечивает расчет совмещения для  $m$  выборок  $f_1$  из эталонного кадра.

По завершению расчетов, для выбранного минимума функции морфологической корреляции, программа анализирует результат по двум критериям:

1. Отчетливость минимума  $R_M$ .
2. Положение минимума внутри области определения.

Как выяснилось в процессе апробации алгоритма, при автоматизированном совмещении полностью избавиться от ошибки рассовмещения кадров не удастся. Это связано с тем, что при получении изображения микроструктуры сканированием, величина смещения кадров относительно друг друга носит случайный характер.

Так как распределение величины смещения кадров относительно друг друга близко к нормальному закону распределения, поэтому наиболее вероятным значением величины смещения является среднее арифметическое из полученных смещений. Поэтому в алгоритме при работе для совмещения растров целесообразно использовать средние значения смещений. Полностью устранить глобальную ошибку рассовмещения, ошибку в пределах полного панорамного изображения, возможно, если при совмещении группы растровых файлов использовать векторные направляющие линии. Единственным недостатком такого метода совмещения является большая трудоемкость, особенно если число отдельных кадров превышает 200 – 300 штук.

## Возможности вейвлет-анализа при обработке контуров изображений

**Фомин Андрей Александрович**

*аспирант*

*Муромский институт (филиал) Владимирского государственного университета,  
Муром, Россия*

*E-mail: [fomin.33rus@rambler.ru](mailto:fomin.33rus@rambler.ru)*

Задачи контурного анализа возникают в системах технического зрения при обработке изображений и распознавании зрительных образов [1]. Это обусловлено тем, что особенности и негладкие структуры часто содержат главную информацию о сигнале, например, разрывы интенсивности (контур) изображения указывают на наличие перепадов на картине [2].

Контур реальных изображений чаще всего подвержены воздействию шумов. Очевидно, что анализ и обработка зашумленных контуров является более трудоемкой задачей. Поэтому предварительным этапом решения задач контурного анализа должна являться задача фильтрации (сглаживания) контуров. При этом необходимо сохранять существенные детали контура, описывающие форму объектов на изображении.

При подобной постановке задачи возможным вариантом ее решения является применение теории кратномасштабного анализа и вейвлет-преобразования, поскольку низкочастотные составляющие вейвлет-спектра, соответствующие представлению анализируемого контура на разных масштабах вейвлет-разложения, изначально являются сглаженными копиями исходной кривой. Анализ высокочастотных составляющих спектра, содержащих информацию о шумах контура, позволяет определить оптимальный масштаб вейвлет-разложения, на котором сохраняется форма контура и в то же время отсутствует большая часть шумов.

Для вейвлет-обработки контура необходимо его представление в виде некоторого сигнала. Существует множество способов кодирования контуров [1], но наиболее естественно представлять анализируемый контур  $\gamma(t)$  двумя отдельными функциями, одна из которых соответствует измерению  $x$ , а другая соответствует измерению  $y$  [3]:  $\gamma(t) = [\gamma_x(t), \gamma_y(t)]$ . Возможен также переход к трехмерному случаю, где измерению  $z$  может соответствовать, например, цвет точки контура, тогда  $\gamma(t) = [\gamma_x(t), \gamma_y(t), \gamma_z(t)]$ . При этом каждый столбец полученной матрицы является одномерным сигналом.

Подобное представление позволяет обрабатывать и анализировать свойства контура отдельно по каждому измерению. Оценка характеристик высокочастотной составляющей вейвлет-спектра на каждом уровне разложения или на группе соседних уровней позволяет сделать вывод о достижении наиболее подходящего уровня разложения, соответствующего максимальной степени сглаженности контура, при которой сохраняется описание формы основных элементов изображения.

Для повышения качества обработки возможен адаптивный выбор масштабирующего коэффициента вейвлет-разложения (например, как в [3]) не кратного  $2^j$ , где  $j$  – уровень разложения.

Обширный набор различных вейвлет-базисов, обладающих разными свойствами, позволяет, за счет выбора определенного базиса, проводить процедуру фильтрации и получать сглаженные контуры с различной степенью сглаженности, необходимой для решения конкретной задачи.

### Литература

1. Я.А. Фурман и др. Введение в контурный анализ и его приложения к обработке изображений и сигналов / Под ред. Я.А. Фурмана. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002. – 592 с.
2. Малла С. Вэйвлеты в обработке сигналов: Пер. с англ. – М.: Мир, 2005. – 671 с., ил.
3. Столниц Э., ДеРоуз Т., Салезин Д. Вейвлеты в компьютерной графике: Пер. с англ. – Ижевск: НИЦ "Регулярная и хаотическая динамика", 2002. – 272 с.

## Исследование метода компактного представления программ на основе частотных характеристик их поведения

**Шалимов Александр Владиславович**<sup>14</sup>

Студент 5 курса

Московский Государственный Университет имени М.В. Ломоносова,  
факультет Вычислительной Математики и Кибернетики, Москва, Россия

E-mail: [ashalimov@lvk.cs.msu.su](mailto:ashalimov@lvk.cs.msu.su)

Встроенные системы управления реального времени техническими объектами и системами – одно из основных областей применения средств вычислительной техники и разработки программного обеспечения. В таких системах критическим ресурсом является оперативная память, т.к. внешняя память у них, как правило, отсутствует. Ограничения по памяти в таких системах проистекают из двух основных причин: ограничения массо-габаритных параметров и ограничения по энергопотреблению. Например, для большинства используемых сейчас бортовых цифровых вычислительных машин доступный объем памяти находится в диапазоне от 0.5 до 4.5 МБ. В этих условиях важной характеристикой программы опять (как и в начале развития ЭВМ) стал требуемый ею объем оперативной памяти. Вышесказанное объясняет причину столь пристального внимания к развитию методов компактного представления программ, которые уменьшают представление программы в оперативной памяти компьютера.

Заметим также, что применение методов компактного представления программ позволяет использовать во встроенных системах программы, которые раньше не помещались в основную память.

Методы компактного представления программ отличаются от методов сжатия данных тем, что их применение должно обеспечивать сохранение функциональности и исполняемости программы.

В представленной работе исследуется предложенный автором метод компактного представления программ. Этот метод является комбинацией двух подходов: компрессор/декомпрессор [1] и интерпретация [2]. Схема компрессор/декомпрессор заключается в том, что часть программы хранится в неисполняемой форме и динамически, по мере необходимости, преобразуется в исполняемую форму. Интерпретация заключается в том, что вся программа переводится в некоторое представление, которое потом обрабатывается специальной программой интерпретатором. Таким образом, идея исследуемого предлагаемого метода заключается в том, что редко выполняемые [3] фрагменты кода программы хранятся в сжатой интерпретируемой форме и динамически, по мере необходимости, распаковываются и выполняются. Редко выполняемые фрагменты кода программы составляют большую (не менее 70%) часть программы.

### Литература

1. Saumya Debray и William S. Evans. COLD CODE Decompression at Runtime. // Communications of the ACM August 2003, Vol. 46, No.8, 55-60.
2. William S. Evans и Christopher W. Fraser. Grammar-based compression of interpreted code. // Communications of the ACM August 2003/Vol. 46, No.8, 61-66.
3. Смелянский Р.Л., Шалимов А.В., Метод оценки частот выполнения фрагментов кода последовательной программы. // Программные системы и инструменты. Тематический сборник № 7, М.: Изд-во факультета ВМиК МГУ, 2006.

---

<sup>14</sup> Автор выражает признательность своему научному руководителю профессору, д.ф.-м.н. Смелянскому Р.Л. за помощь в подготовке тезисов.

**Уточнение абсолютной постоянной в классическом неравенстве Берри-Эссеена****Шевцова Ирина Геннадьевна**

ассистент

Московский Государственный Университет имени М.В. Ломоносова,  
факультет Вычислительной Математики и Кибернетики, Москва, РоссияE-mail: [ishevtsova@cs.msu.su](mailto:ishevtsova@cs.msu.su)

Пусть  $X_1, X_2, \dots, X_n$  независимые одинаково распределенные случайные величины с конечными моментами третьего порядка,  $S_n = X_1 + X_2 + \dots + X_n$ ,

$$F_n(x) = P\left\{\frac{S_n - ES_n}{\sqrt{DS_n}} < x\right\},$$

$\Phi(x)$ - функция стандартного нормального распределения. В сделанных выше предположениях оценка скорости сходимости в центральной предельной теореме устанавливается хорошо известным неравенством Берри-Эссеена [1, 2], согласно которому

$$\sup_x |F_n(x) - \Phi(x)| \leq C \cdot \frac{E|X_1 - EX_1|^3}{\sqrt{n}(DX_1)^{3/2}}, \quad (1)$$

где  $C$  – некоторая абсолютная положительная постоянная. Вычислением значения этой постоянной занимались многие исследователи, среди которых Э. Берри, К.-Г. Эссеен, П.Л. Суй, Х. Бергстрем, К. Такано, Д.Л.Уоллес, А.Н. Колмогоров, Б.А. Рогозин, В.М.Золотарев и др. В 1956г. Эссеен [3] показал, что постоянная  $C$  в (1) не может быть

меньше, чем  $\frac{\sqrt{10} + 3}{6\sqrt{2\pi}} = 0.4097\dots$

Наиболее важной с практической точки зрения является верхняя оценка константы  $C$ , которая была постепенно снижена с 7.59 до 0.7655. Последний рекорд установлен в 1982г. и принадлежит И.С. Шиганову [4].

Мы показываем, что в сделанных выше предположениях неравенство (1) справедливо с  $C=0.7056$ .

**Литература**

1. A.C. Berry. The accuracy of the Gaussian approximation to the sum of independent variates. - *Trans. Amer. Math. Soc.*, 1941, vol. 49, p. 122-139.
2. C.G. Esseen. On the Liapunoff limit of error in the theory of probability. - *Ark. Mat. Astron. Fys.*, 1942, vol. A28, No. 9, p. 1-19.
3. C.-G. Esseen. A moment inequality with an application to the central limit theorem. - *Skand. Aktuarietidskr.*, 1956, vol. 39, p. 160-170.
4. И.С. Шиганов. Об уточнении верхней константы в остаточном члене центральной предельной теоремы. - *Проблемы устойчивости стохастических моделей. Труды ВНИИСИ*, 1982, с.109-115.

## Технология применения «активных» данных как эффективный способ реализации фреймовой модели

**Шуб Дмитрий Анатольевич**

*студент пятого курса*

*Московский государственный институт радиотехники, электроники и автоматики (технический университет), факультет Вычислительных машин и систем, Москва, Россия*

*E-mail: [demetryshub@gmail.com](mailto:demetryshub@gmail.com)*

Перспективным и интенсивно развивающимся направлением совершенствования современных программных систем является применение технологий и принципов искусственного интеллекта (ИИ). Необходимым элементом систем ИИ является формализованная модель предметной области. Одним из наиболее удачных способов реализации модели предметной области можно назвать фреймовую модель [2], которая представляет собой гетерархию фреймов, связанных между собой различными отношениями. Распространенным методом реализации фреймовой модели является использование объектно-ориентированного способа представления знаний [1]. Долговременное хранение и передача между подсистемами состояния фреймовой модели с помощью существующих средств и технологий хранения и передачи информации затруднены, так как они не позволяют напрямую работать с объектно-ориентированным представлением знаний. Предлагаемая в данной работе технология применения «активных» данных позволяет решить эту проблему. «Активными» данными предлагается называть объекты, содержащие не только данные, но и методы их обработки. С помощью таких объектов предлагается реализовать фреймы. Таким образом, возможно использование для работы с фреймами существующих средств и технологий хранения и передачи информации.

Технология применения «активных» данных базируется на нестандартном использовании технологии сериализации (Serialization) платформы Microsoft .NET [4], подразумевающей преобразование объекта в форму, пригодную для записи в поток данных, и обратное восстановление объекта из потока. Стандартное назначение сериализации – обеспечение передачи объектов по значению в архитектуре распределенного приложения .NET Remoting [3] и при работе с веб сервисами по протоколу Soap [3]. Предложенное решение предполагает использование сериализации для преобразования элементов фреймовой модели в блоки данных, пригодные для передачи в базу данных, XML-хранилище или другую подсистему. Перенос процедур обработки данных в объекты, содержащие эти данные, позволяет упростить структуру системы ИИ и обеспечить совместимость различных версий системы. Использование «активных» данных позволяет работать с данными, используя подходы ИИ, разработанные для фреймовой модели, без реализации собственной платформы представления знаний.

Предложенная технология использования «активных» данных применялась при реализации автоматизированной программной системы DA 3D+ Handwriting, созданной для исследования рукописного текста и для использования в системах электронного документооборота; а также системы создания электронных курсов DA Course editor. Системы используются в Институте возрастной физиологии РАО и МИРЭА.

### Литература

1. Чернорудский И.Г. Методы принятия решений. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 416с.
2. Minsky M. (1975). A framework for representing knowledge. In *The Psychology of Computer Vision* (Winston P. H., eds.) p. 211-277. New York: McGraw-Hill.
3. Scott Short. *Building XML Web Services for the Microsoft .NET Platform*. - Redmond, Washington.: Microsoft Press, 2002.
4. Piet Obermeyer, Jonathan Hawkins // *Object Serialization in the .NET Framework* // .NET Development (General) Technical Articles // MSDN. - March 2002.

## Трехмерная реконструкция городских зданий по изображениям.

**Якубенко Антон Анатольевич, Конушин Антон Сергеевич**

студент, к.ф.-м.н.

Московский Государственный Университет имени М.В. Ломоносова,  
факультет Вычислительной Математики и Кибернетики, Москва, Россия

E-mail: [toh\\_yakubenko@mail.ru](mailto:toh_yakubenko@mail.ru), [ktosh@graphics.cs.msu.ru](mailto:ktosh@graphics.cs.msu.ru)

Использование трехмерных карт вместо двухмерных является одним из наиболее бурно развивающихся направлений в области геоинформационных систем. На текущий момент уже существуют примеры полностью построенных трехмерных моделей городов. Но процесс их построения является очень трудоемким и требует больших материальных и временных затрат. В настоящее время для получения трехмерных текстурированных моделей городских сцен используется дорогостоящее специализированное оборудование, или привлекаются профессиональные дизайнеры, затрачивающие огромное количество времени. Большинство существующих трехмерных карт имеют низкую детализацию и визуальное качество. Поэтому исследования, направленные на упрощение процесса создания трехмерных моделей городских зданий, особенно актуальны.

Наиболее перспективным решением проблемы получения трехмерных моделей городских зданий является использование их фотографий, которые могут быть получены обычной фотокамерой. В рамках данного исследования был проведен обзор существующих подходов и разработан новый алгоритм для получения детализированных моделей городских зданий по изображениям. Разработанное приложение реализовано в виде плагина к трехмерному редактору Google SketchUp.

Для получения трехмерной модели здания отдельно реконструируется каждая его стена. Процесс реконструкции каждой стены содержит следующие этапы:

- Получение базовой текстуры стены. Пользователь выделяет четыре угла стены на изображении (для упрощения выделения предусмотрено автоматическое увеличение изображения в месте выделения). Автоматически рассчитывается перспективное преобразование, переводящее выделенный четырехугольник в прямоугольник, которое позволяет получить прямоугольную текстуру стены. Пропорции стены рассчитываются по алгоритму, описанному в [1]. Также имеется возможность уточнить преобразование заданием дополнительных параллельных прямых на изображении стены здания.
- Реконструкция основного профиля здания. Если на стене здания имеются выступы или впадины, то пользователь выделяет «среднюю линию» – ломаную линию на стене здания, лежащую в плоскости, параллельной плоскости земли. По этой линии автоматически рассчитывается геометрия стены и вычисляется текстура для каждой ее части.
- Реконструкция деталей здания. Для моделирования таких элементов здания, как балконы, подъезды, окна и кондиционеры пользователь выделяет данный элемент прямоугольником и задает отрезком его смещение по глубине относительно стены.

В отличие от многих существующих подходов, предложенный подход требует только изображений зданий, а также обладает простым пользовательским интерфейсом. Дальнейшая работа будет посвящена автоматизации процесса реконструкции и расширению алгоритмов на случаи более сложных зданий.

### Литература

1. Wei Zhang, Jana Kosecka, "Extraction, matching and pose recovery based on dominant rectangular structures", HLK, p. 83, First IEEE International Workshop on Higher-Level Knowledge in 3D Modeling and Motion Analysis, 2003.

## Алгоритм размещения плоских фигур произвольной формы на листовом материале

Яремко Максим Олегович<sup>15</sup>

аспирант

Пензенский государственный педагогический университет им. В.Г.Белинского, Пенза, Россия

E-mail: [mr.splin@gmail.com](mailto:mr.splin@gmail.com)

Задача раскроя листового материала является NP-сложной даже для случая использования прямоугольных деталей и прямоугольных листов [1]. В работе предложены методы ее решения для случая деталей произвольной формы и прямоугольных листов.

В основе механизма решения данной задачи лежит механизм построение nfp-многоугольника для двух геометрических объектов. Для двух многоугольников  $(A, B)$  и любой точки  $p$  на плоскости, nfp-многоугольником назовем путь, который проделывает точка  $p$  при движении многоугольника  $B$  относительно  $A$ , таким образом чтобы многоугольники  $A$  и  $B$  касались друг друга, но не пересекались [2]. Исходя из определения можно видеть что задача оптимального размещения двух многоугольников на плоскости сводится к размещению многоугольника  $B$  на границе  $nfp(A, B)$

Алгоритм решения общей задачи раскроя материала может быть сведен к последовательности действий:

1. Определения последовательности раскладки фигур. На этом этапе используются разработанный нами оригинальный алгоритм определения блоков совместно с алгоритмом из [3];
2. Начиная с первой фигуры, строим nfp для первого многоугольника и вариантов поворота второго многоугольника, на основе алгоритма предложенного в [4];
3. Для оптимального размещения двух полигонов нами было предложено найти такую позицию центра масс второго полигона, для которой значение функции  $\Theta(A, B) = \lambda \cdot S(AB) + (1 - \lambda) \cdot len(AB) + \beta \cdot pos_x + \beta \cdot pos_y$ , минимально, где  $AB$  минимальное покрытие многоугольников  $A$  и  $B$ ,  $S(AB)$  его площадь,  $len(AB)$  длина,  $pos$  позиция многоугольника  $B$  на листе,  $\lambda, \beta$  весовые коэффициенты. На практике коэффициенты  $\lambda = 0,3, \beta = 0,05$  показали наилучшие результаты.
4. Повторяем пункты 2,3 для минимального покрытия двух многоугольников полученных в предыдущем пункте и следующего многоугольника из п.1 для всех фигур.

Основываясь на данных ассоциации ESICUP [5], была проведена оценка эффективности предложенного алгоритма. Приведенный алгоритм значительно выигрывает по качеству раскладки у алгоритмов, основанных на аппроксимации прямоугольными областями. Результаты исследования используются в продуктах одного из признанных лидеров систем автоматизации производства для воздухопроводов– компании East Coast ([www.eccadcam.com](http://www.eccadcam.com))

### Список литературы

1. Валеева А.Ф. (2006) Конструктивная эвристика для задачи прямоугольной упаковки //Вестн. Башк. ун-та, 2006. № 3. с. 5–6.
2. Cunninghame-Green, R. (1989) Geometry, Shoemaking and the milk tray problem //New Scientist, 12th August, №1677, p.50-53.
3. LIU Hu-yao†, HE Yuan-jun (2006) Algorithm for 2D irregular-shaped nesting problem based on the NFP algorithm and lowest-gravity-center principle //Zhejiang University SCIENCE № 2006 7(4), p.570-576.
4. Burke E.K. (2006) Complete and robust no-fit polygon generation for the irregular stock cutting problem //European Journal of Operational Research №179 p.27–49.  
<http://paginas.fe.up.pt/~esicup/> (The EURO Special Interest Group on Cutting and Packing)

<sup>15</sup> Автор выражает признательность профессору, д.т.н. Горбаченко В.И. за помощь в подготовке тезисов