



CUDA<sup>®</sup> АЛЪМАНАХ  
НОЯБРЬ 2013



## СОДЕРЖАНИЕ

Что такое CUDA Альманах?

Новости NVIDIA CUDA

Предложения от NVIDIA

Избранные научные работы  
с использованием вычислений на CUDA

Контакты и полезные ссылки

РАСПАРАЛЛЕЛИВАНИЕ НЕЙРОСЕТЕВОГО АЛГОРИТМА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ НАГРУЗКИ  
В ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ СЕТЯХ

А.П. Бурухин, С.Г. Сидоров, Ф.Н. Ясинский

ПАРАЛЛЕЛЬНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМОВ ДВИЖЕНИЯ НЕФТЯНОГО ПЯТНА  
ПО ВОДНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Е. Н. Есаков, Ф. Н. Ясинский

МОДЕЛИРОВАНИЕ НА МНОГОПРОЦЕССОРНОМ СУПЕРКОМПЬЮТЕРЕ ПРОЦЕССОВ  
ПЕРЕМЕШИВАНИЯ И ГОРЕНИЯ ГАЗОВ

В.Б. Краснов, Ф.Н.Ясинский

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ CUDA ДЛЯ РАСЧЕТА ПРОЦЕССОВ АДЕКВАЦИИ

Марина Ермакова

GPU В ЗАДАЧАХ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Игорь Кураленок, Александр Щекалев

ОБНАРУЖЕНИЕ УЗКОПОЛОСНЫХ СИГНАЛОВ

А.И. Литвин-Попович

---

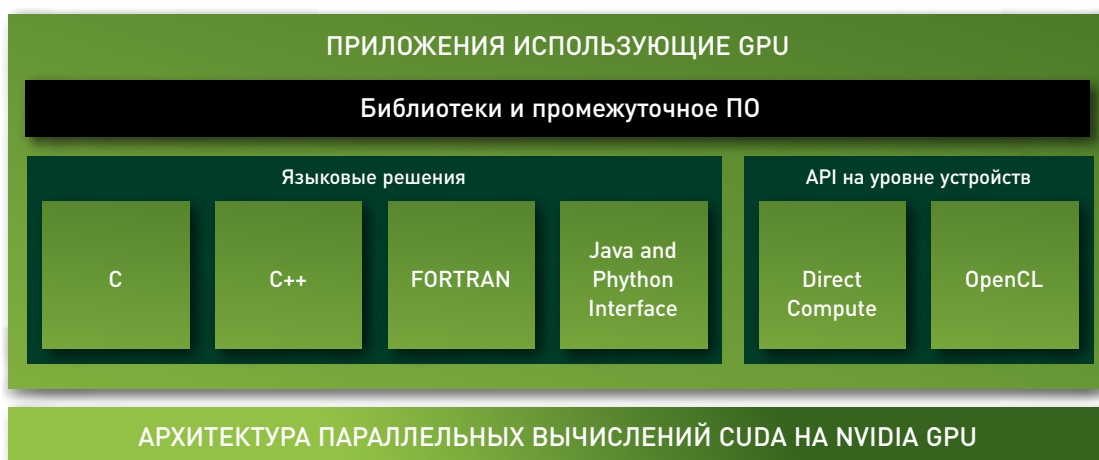
## ЧТО ТАКОЕ CUDA АЛЬМАНАХ?

CUDA АЛЬМАНАХ – это периодическое издание от NVIDIA, содержащее научные работы, в которых используется архитектура параллельных вычислений CUDA.

CUDA используется в различных областях, включая обработку видео и изображений, вычислительную биологию и химию, моделирование динамики жидкостей, восстановление изображений, полученных путем компьютерной томографии, сейсмический анализ, трассировку лучей и многое другое.

Приложения, базирующиеся на архитектуре CUDA, можно разрабатывать на различных языках и API, включая C, C++, Fortran, OpenCL и directCompute. Архитектура CUDA подразумевает сотни ядер, способных исполнять тысячи параллельных потоков, а модель программирования CUDA позволяет программистам сосредоточиться на распараллеливании своих алгоритмов.

Архитектура CUDA текущего поколения под названием Kepler – это самая передовая архитектура вычислений на GPU. Построенные на свыше семи миллиардов транзисторах, GPU Kepler делают универсальными вычисления на GPU и CPU для широкого спектра вычислительных приложений. Поддержка C++ упрощает разработку ПО для параллельных вычислений и повышает производительность широчайшего спектра приложений.



Архитектура параллельных вычислений CUDA с комбинацией ПО и аппаратной части.

Всего за несколько лет вокруг архитектуры CUDA возникла целая экосистема программного обеспечения – от различных языковых решений до широкого спектра библиотек, компиляторов и связующего ПО, которые помогают пользователям оптимизировать приложения для GPU. Разнообразие оптимизированных программных средств ускоряет научные открытия и расчет моделей во многих областях, включая математику, бионауки и производство.

[Узнать подробнее](#)

# НОВОСТИ NVIDIA CUDA

## NVIDIA HPC DAY В МГУ ИМ. М.В.ЛОМОНОСОВА

10 декабря 2013 г. в МГУ пройдет NVIDIA HPC Day. Мероприятие проводится в рамках суперкомпьютерного семинара "Суперкомпьютерные технологии в науке, образовании и промышленности".

### ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ПРОГРАММА МЕРОПРИЯТИЯ:

#### 16:00-16:30

Приветственный чай-кофе

#### 16:30-16:45

Вступительное слово от компании [NVIDIA и CUDA Center of Excellence МГУ](#)

#### 16:45-17:30

Награждение и презентации проектов призеров конкурса "GPU: серьезные ускорители для больших задач"

#### 17:30-18:00

Демонстрация технологии NVIDIA GRID

### ПРИГЛАШАЮТСЯ ВСЕ ЖЕЛАЮЩИЕ!

Если у вас нет пропуска в МГУ, необходимо до вечера 8 декабря (воскресенье) прислать письмо ученому секретарю семинара ([sergeys.sct@parallel.ru](mailto:sergeys.sct@parallel.ru)) с темой "Проход в МГУ на NVIDIA HPC Day", содержащее:

- Фамилию, имя, отчество (полностью)
- Место работы/учебы
- Должность



## ГРАФИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССОРЫ NVIDIA В ОСНОВЕ 10 САМЫХ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ СУПЕРКОМПЬЮТЕРОВ МИРА

Опубликованный вчера список Green500 самых энергоэффективных суперкомпьютеров мира показывает, что вся первая десятка систем построена на графических процессорах NVIDIA Tesla.

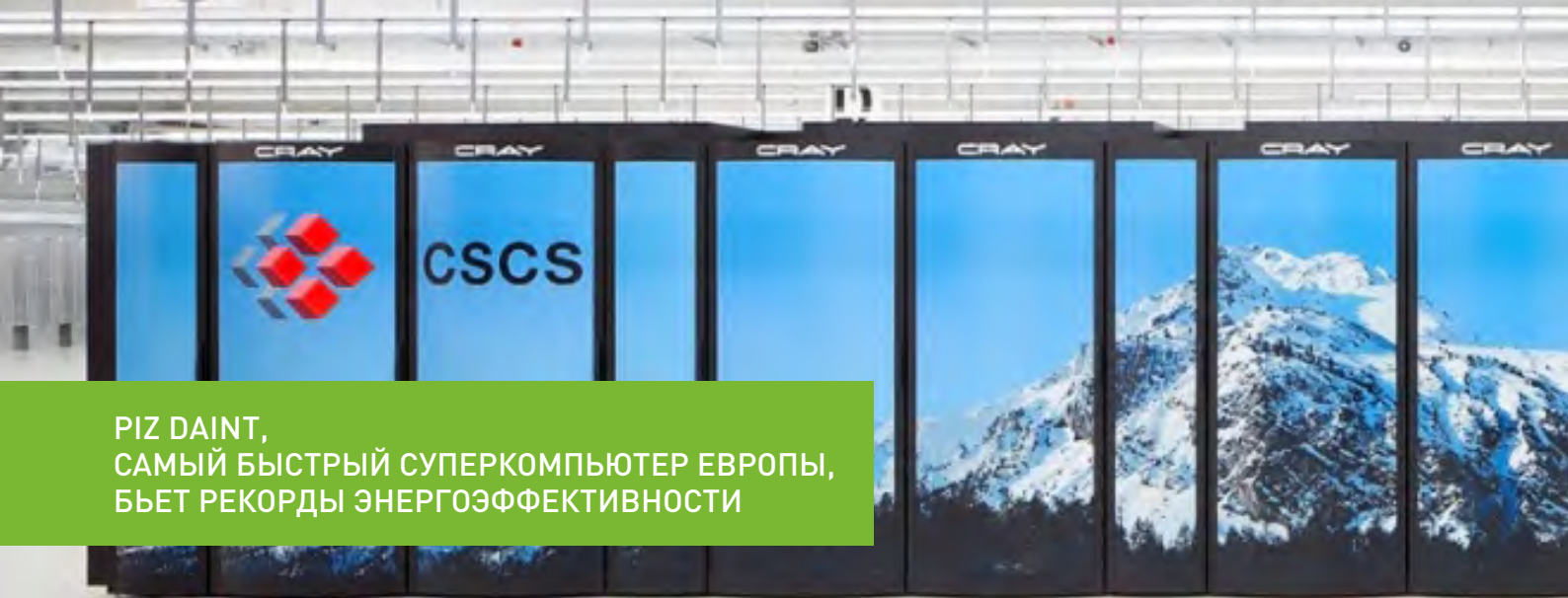
Раньше такой успех в рейтинге был только у легендарной архитектуры BlueGene от IBM.

Самым «зеленым» суперкомпьютером планеты стала система Tsubame-KFC из Токийского Технологического Института, с рекордными 4.5 гигафлопс на Ватт. Это почти на 25% лучше показателей второй системы в рейтинге Wilkes из Кембриджского Университета с 3.6 гигафлопс на Ватт. Третье место заняла система из Японского Центра Вычислительных Наук при Университете Цукуба, демонстрируя 3.5 гигафлопс на Ватт.



Сатоши Матсуока (в центре) из Токийского Технологического Института получает награду Green500 за самый экономичный суперкомпьютер мира Tsubame-KFC. Справа он него – Сумит Гупта из NVIDIA, директор департамента Tesla Accelerated Computing, и слева – Ву-чан Фенг, организатор Green500 и адъюнкт-профессор по информатике из Вирджинского Политехнического Института

[Подробнее на английском языке](#)



**PIZ DAINТ,  
САМЫЙ БЫСТРЫЙ СУПЕРКОМПЬЮТЕР ЕВРОПЫ,  
БЪЕТ РЕКОРДЫ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ**

В марте, на конференции по графическим технологиям [GTC 2013](#), было объявлено о планах по созданию нового швейцарского суперкомпьютера с GPU-ускорением – Piz Daint. Новая система обещала быть не только одной из самых быстрых в мире, но и должна была позволить достичь новых высот в энергоэффективности.

Сегодня можно констатировать: Piz Daint превзошел самые смелые ожидания.

Последняя версия рейтинга самых мощных суперкомпьютеров мира [Top500](#), представленная 18 ноября, демонстрирует, что Piz Daint достиг отметки в 6.2 петафлопс в бенчмарке LINPACK, то есть стал самым быстрым суперкомпьютером в Европе.

[Подробнее на английском](#)

## **IBM И NVIDIA УСКОРЯЮТ РАБОТУ ПРИЛОЖЕНИЙ ДЛЯ КОРПОРАТИВНЫХ ЦОД И СЛЕДУЮЩЕЕ ПОКОЛЕНИЕ СУПЕРКОМПЬЮТЕРОВ**

### **КОМПАНИИ ПРИМЕНЯЮТ GPU-УСКОРЕННЫЕ СУПЕРВЫЧИСЛЕНИЯ ДЛЯ АНАЛИЗА КОРПОРАТИВНЫХ ДАННЫХ НА ЛЕТУ**

NVIDIA и IBM объявили о планируемом сотрудничестве с целью создания GPU-ускоряемых версий широкого спектра корпоративных приложений, запускаемых на системах IBM Power.

Объявленное сотрудничество расширяет сферу применения графических ускорителей. Теперь параллельные вычисления смогут ускорять не только супервычисления, но и приносить пользу в корпоративных центрах обработки данных. В результате этого сотрудничества клиенты IBM смогут быстрее обрабатывать, защищать и анализировать огромные массивы данных.

«Компании постоянно находятся в поиске новых, более эффективных путей работы с большими массивами данных и аналитикой, – говорит Том Розамилья (Tom Rosamilia), старший вице-президент IBM Systems & Technology Group and Integrated Supply Chain. – Комбинация решений IBM и NVIDIA позволит предложить нашим клиентам продвинутую и эффективную базу для достижения этой цели».

### **КОМПАНИИ ОБЪЕДИНЯЮТ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ГРАФИЧЕСКИХ УСКОРИТЕЛЕЙ TESLA ПРОЦЕССОРОВ POWER**

NVIDIA и IBM также планируют объединить вычислительные возможности графических процессоров NVIDIA® Tesla® и процессоров IBM POWER. Это поможет более широкому кругу компаний получить доступ к высокопроизводительным суперкомпьютерным технологиям, которые ранее использовались преимущественно научными и техническими организациями для решения задач, связанных, например, с исследованием космоса, расшифровыванием генома человека и ускорением вывода продуктов на рынок.

Объединяя мощь центральных процессоров IBM POWER8 с самыми быстрыми и энергоэффективными графическими ускорителями, компании намерены представить новый класс технологий, которые максимально увеличат производительность и эффективность работы всех типов приложений для решения научных и инженерных задач, анализа больших объемов данных и других типов высокопроизводительных вычислений.

## NVIDIA ПРЕДСТАВЛЯЕТ САМЫЙ МОЩНЫЙ УСКОРИТЕЛЬ ДЛЯ СУПЕРВЫЧИСЛЕНИЙ И АНАЛИЗА БОЛЬШИХ ОБЪЕМОВ ДАННЫХ

УСКОРИТЕЛЬ NVIDIA TESLA K40 ОБЛАДАЕТ ВДВОЕ БОЛЬШИМ ОБЪЕМОМ ПАМЯТИ ПО  
СРАВНЕНИЮ С ПРЕДШЕСТВЕННИКОМ, РАСШИРЯЯ КРУГ УСКОРЯЕМЫХ НА GPU ПРИЛОЖЕНИЙ

NVIDIA представила графический процессор NVIDIA® Tesla® K40, самый мощный в мире ускоритель из когда-либо созданных, который обеспечивает экстремальную производительность в широком спектре научных, инженерных, корпоративных и HPC-приложений.

Tesla K40 обладает вдвое большим объемом памяти и на 40% быстрее предшественника Tesla K20X, а также в 10 раз быстрее самого мощного на сегодня CPU, являясь первым в мире и самым мощным ускорителем, оптимизированным для анализа больших объемов данных и масштабных научных исследований.

Благодаря технологии NVIDIA GPU Boost™, которая преобразует не используемую в данный момент энергию в контролируемую пользователем дополнительную производительность, процессор Tesla K40 позволяет раскрыть потенциал широкого спектра приложений.

«GPU-ускорители уже массово применяются для супервычислительных и HPC-задач, позволяя инженерам и ученым быстро получать новые результаты и совершать научные открытия, – говорит Сумит Гупта (Sumit Gupta), директор направления Tesla Accelerated Computing в NVIDIA. – С передовой производительностью и увеличенным объемом памяти процессора Tesla K40 компании могут быстро обрабатывать огромные массивы данных, генерируемых приложениями для анализа Big Data».





# ПРЕДЛОЖЕНИЯ ОТ NVIDIA

## CUDA И OPENACC – БЕСПЛАТНЫЙ ОНЛАЙН КУРС

---

NVIDIA предлагает вам пройти бесплатные online курсы по программированию массивно-параллельных процессоров. Пройдя предлагаемый курс, вы получите широкий спектр практических навыков, которые позволят Вам к концу занятий овладеть основами программирования современных графических процессоров (GPU) NVIDIA, а также ознакомитесь с директивным программированием GPU ускорителей (стандарт OpenACC) и особенностями использования нескольких GPU видеокарт для решения Ваших задач. Тем, кто продемонстрирует высокие показатели при прохождении заданий курса, предлагается также бесплатная сертификация по программированию GPU, поддерживающих технологию CUDA в учебном центре Applied Parallel Computing.

**ОНЛАЙН КУРС**



Applied Parallel  
Computing

### КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ КУРСА:

**Лекция 1.** Введение в CUDA.

**Лекция 2.** Модель исполнения CUDA.

**Лекция 3.** Иерархия памяти. Глобальная, локальная и регистровая память.

**Лекция 4.** Иерархия памяти. Разделяемая память.

**Лекция 5.** Прикладные CUDA библиотеки.

**Лекция 6.** Библиотека Thrust.

**Лекция 7.** Оптимизация CUDA программ.

**Лекция 8.** Стандарт директивного программирования OpenACC.

## ВЕБИНАР «ОБЗОР CUDA 6.0» НА АНГЛИЙСКОМ ЯЗЫКЕ

---

Платформа CUDA 6 максимально упрощает параллельное программирование, позволяя разработчикам значительно сократить время и усилия на создание научных, инженерных, корпоративных и других приложений с помощью графических процессоров

Платформа обеспечивает новые возможности, позволяющие разработчикам мгновенно ускорять приложения до 8 раз путем замены существующих библиотек на базе CPU. Вы сможете узнать про ключевые возможности CUDA 6 на нашем вебинаре.

Дата проведения: **6-го декабря с 8-30 до 9-30** по Московскому времени

**Количество мест ограничено**

## GPU ТЕХНОЛОГИИ НА SUPERCOMPUTING 2013 (SC13)

---

Посмотрите видеозаписи, связанные с решениями и технологиями компании NVIDIA, адресованными рынку HPC. На английском языке.

## ПОЛЕЗНЫЕ СОВЕТЫ РАЗРАБОТЧИКАМ

---

Все, что вам нужно для программирования на GPU, это веб-браузер.

На сайте [nvidia.gwiklab.com](http://nvidia.gwiklab.com) теперь каждый может научиться программировать графические процессоры в любое время, в любом месте. 60-90 минутные лабораторные работы с использованием графических процессоров в облаке Amazon. Следите за обновлениями.

## УСКОРЯЙТЕ ВАШИ НАУЧНЫЕ ПРИЛОЖЕНИЯ С OPENACC

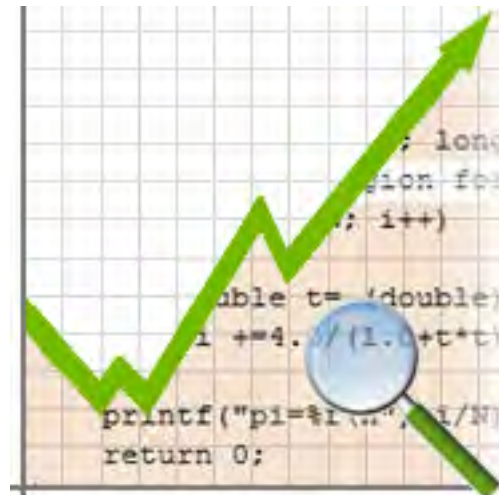
---

### БЕСПЛАТНАЯ ЛИЦЕНЗИЯ ОТ PGI НА 30 ДНЕЙ

Получив доступ к бесплатной 30-дневной версии компилятора PGI, вы сможете воспользоваться вычислительными мощностями GPU и стандартом программирования OpenACC.

OpenACC – это:

- **Легкость:** простота добавления директив в исходный код своей программы.
- **Открытость:** используйте единый исходный код как для CPU так и для GPU.
- **Мощность:** получите быстрый доступ к вычислительной мощности GPU.



## ПРОВЕДИТЕ ТЕСТ-ДРАЙВ УСКОРИТЕЛЯ TESLA K20 GPU

---

Воспользуйтесь нашим предложением провести простой и бесплатный тест-драйв ускорителей Tesla K20 GPU.

Самые быстрые в мире ускорители Tesla K20 GPU созданы на основе архитектуры Kepler и обеспечивают высокую производительность и энергоэффективность ваших приложений.



# ИЗБРАННЫЕ НАУЧНЫЕ РАБОТЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВЫЧИСЛЕНИЙ НА CUDA

## РАСПАРАЛЛЕЛИВАНИЕ НЕЙРОСЕТЕВОГО АЛГОРИТМА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ НАГРУЗКИ В ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ СЕТЯХ

А.П. Бурухин, С.Г. Сидоров, Ф.Н. Ясинский

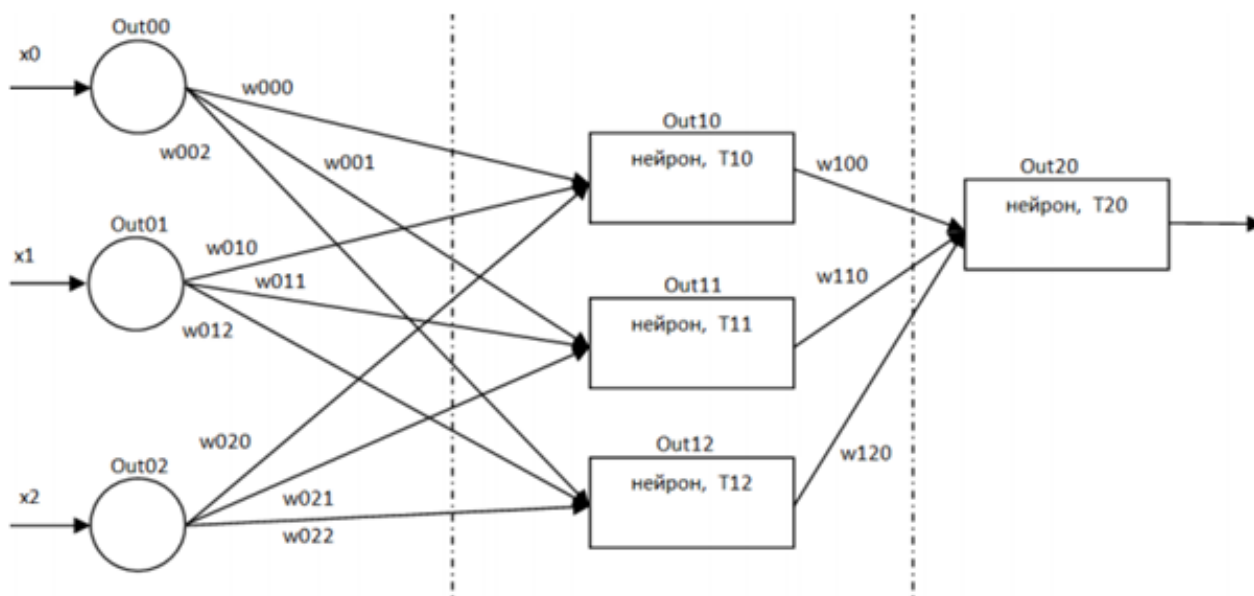
Актуальна проблема определения нагрузки в электротехнических сетях на заданном промежутке времени. Энергетикам важно знать зависимость потребления электроэнергии во времени, чтобы прогнозировать ее производство и транспортировку до конечного потребителя.

Современные многопроцессорные системы позволяют использовать несколько вычислительных процессов для обработки больших потоков информации. В связи с этим, становится актуальной разработка параллельных алгоритмов обработки информации.

Проведено исследование по прогнозированию нагрузки в электротехнических сетях.

Для прогнозирования используется нейронная сеть, конфигурация которой может состоять из трех и более слоев; в каждом слое, кроме выходного, может быть любое количество нейронов. Число входов в нулевом слое соответствует количеству нейронов в скрытых слоях.

[Подробнее](#)



## ПАРАЛЛЕЛЬНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМОВ ДВИЖЕНИЯ НЕФТЯНОГО ПЯТНА ПО ВОДНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Е. Н. Есаков, Ф. Н. Ясинский

Проблема моделирования и прогнозирования процессов движения нефтяного пятна по водной поверхности для своевременного устранения аварийных ситуаций остается актуальной в современном мире, экономика которого во многом зависит от транспортировки нефти через водные объекты. В работе использовалась математическая модель движения нефтяного пятна в бассейне прямоугольной формы, заполненного водой.

### Методы распараллеливания:

Для распараллеливания данной задачи мы используем геометрический вид параллелизма (распараллеливание по пространству). На расчетную область накладывается сетка с определенным шагом. Расчетная область разделяется на приблизительно одинаковые участки по числу узлов на процессоры. При данной организации вычислений все процессоры работают одновременно, каждый на своей расчетной области, что дает ускорение, затем происходит обмен значениями в дополнительно введенных точках, для этого значения из внутренних точек пересылаются в граничные значения на соседнем процессе.

В ходе проделанной работы дифференциальные уравнения математической модели движения жидкости были представлены в виде разностных уравнений при помощи метода сеток, были разработаны параллельные алгоритмы на основе геометрического вида параллелизма и реализованы на различных системах параллельного программирования.

[Подробнее](#)

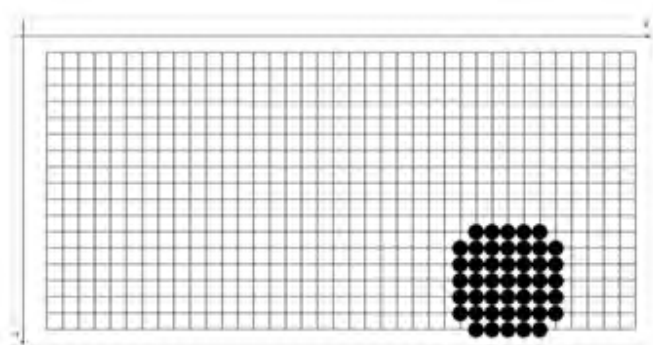


Рис. 1. Модель движения нефти по водной поверхности итерация 1

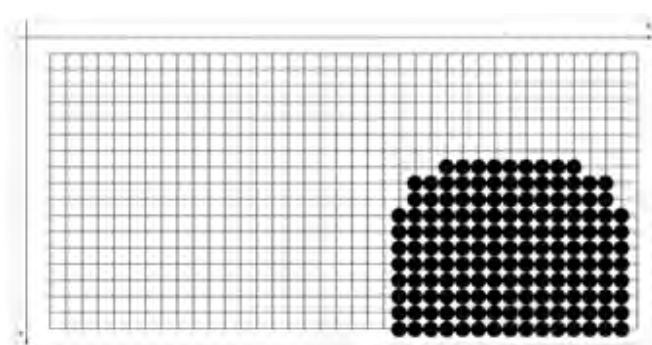


Рис. 2. Модель движения нефти по водной поверхности итерация 50

# МОДЕЛИРОВАНИЕ НА МНОГОПРОЦЕССОРНОМ СУПЕРКОМПЬЮТЕРЕ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕМЕШИВАНИЯ И ГОРЕНИЯ ГАЗОВ

В.Б. Краснов, Ф.Н.Ясинский

Был рассмотрен процесс перемешивания и горения двух газов. Для ускорения вычислений следует распараллелить задачу моделирования процесса на CUDA. Основным понятием в CUDA является нить. Она представляет собой отдельный процесс, который вычисляет значения отдельной точки. Нити объединяются в блоки, а блоки в решетку. Чтобы точно посчитать данную задачу необходимо синхронизировать на каждом шаге все нити, но в CUDA во время выполнения ядра синхронизация возможна только между нитями внутри блока, все нити синхронизируются только при перезапуске ядра, что замедляет процесс вычислений. Потому распараллеливание моделирования этого процесса на CUDA может пойти двумя путями:

1. Одна итерация на один запуск ядра. В этом случае получаются точные значения, но меньшее ускорение.
2. Много итераций на один запуск ядра В этом случае будет небольшая погрешность, но ускорение будет максимально. Ниже представлены результаты вычислений для второго случая:

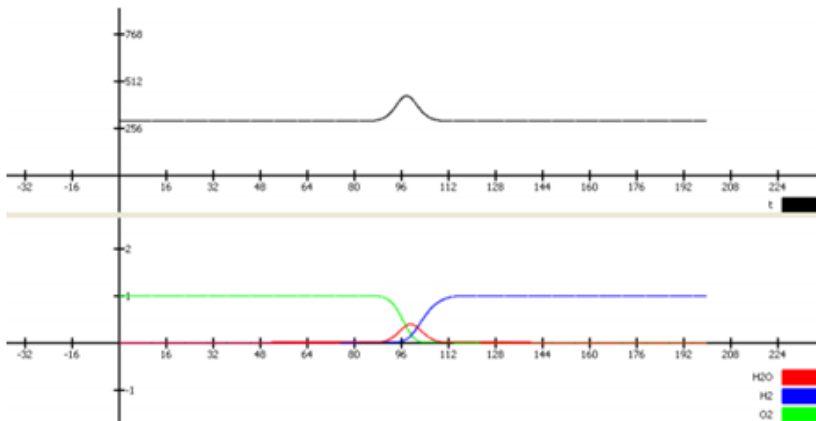


Рис. 1. Состояние системы через 10 сек.

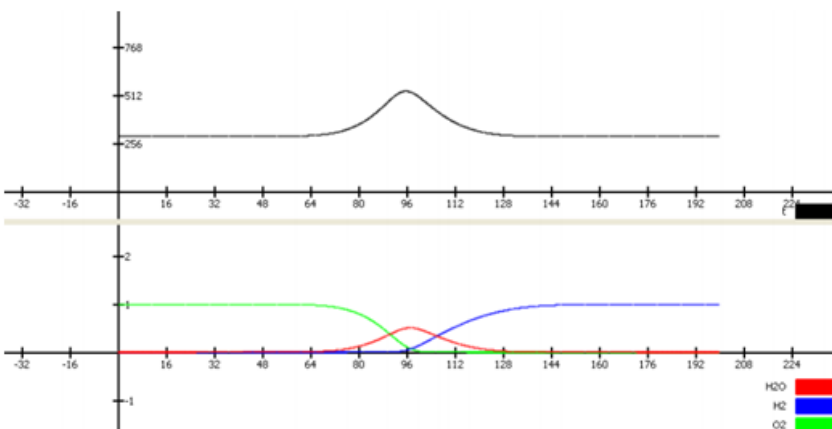


Рис. 1. Состояние системы через 100 сек.

[Подробнее](#)

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ CUDA ДЛЯ РАСЧЕТА ПРОЦЕССОВ АДЕКВАЦИИ

Марина Ермакова

Мы с вами живем в удивительную эпоху – научно-технический подъем охватил пожалуй все сферы деятельности человека, у нас на глазах сменились с пол дюжины поколений вычислительной техники, прогресс не дает ни минутного снисхождения разработчикам и производителям. Стоит только задуматься: за последнее десятилетие такие понятия как объем памяти и производительность характеризовали величину, прогрессирующую со столь впечатляющим темпом, что с трудом верится в целесообразность дальнейшей модернизации, равно как и в существование задач, способных подвергнуть современные аппаратные шедевры творения IT-корпораций из кремния и стали новым, неведомым ранее нагрузкам!

С возрастанием возможностей компьютеров человечество находит им применения в прикладной и научной сфере деятельности. Особенно требовательны к аппаратным ресурсам такие задачи, как обработка и рендеринг потокового аудио-визуального контента высокого качества, моделирование физических процессов и явлений, обработка экспериментальных данных, воссоздание поведенческих особенностей и подражание мозговой деятельности. Обычному пользовательскому компьютеру с двух или четырехядерным CPU может понадобиться для таких расчетов несколько дней, а иногда недель или месяцев. Чаще всего нам необходимо оперативно получать результаты обработки (например, для обработки сейсмических данных или кодирования видео в режиме online).

Решением стала технология GPGPU. Она позволяет использовать ресурсы видеокарт для неграфических вычислений. И сегодня эта технология становится все более актуальной. Основными конкурентами-производителями видеокарт с аппаратной поддержкой GPGPU являются NVIDIA с комплексом CUDA и AMD с ATI Stream Technology.

[Подробнее](#)

## GPU В ЗАДАЧАХ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Игорь Кураленок, Александр Щекалев

Задача обучения ранжированию состоит в распределении документов, полученных на конкретный запрос в порядке максимально близком к идеальному ранжированию, сделанному на основе экспертных оценок. При этом документы представлены набором факторов, описывающих их различные свойства (содержание слов запроса в тексте, количество ссылок, возраст документа и т.д.), а мера близости определяется заданной функцией потерь, например, средней квадратичной ошибкой.

Алгоритмы обучения ранжированию можно разделить на три группы в зависимости от способа представления данных: поточечные, попарные и позапросные. В поточечном случае задача ранжирования может быть представлена в виде обычной задачи регрессии, которая заключается в предсказании оценки для заданной пары запрос-документ. Попарный подход сводится к построению классификатора, который определяет лучший документ в паре, полученной для заданного запроса. Позапросный способ оптимизирует среднее значение функции потерь по всем запросам доступным для обучения.

По сути, поточечный способ – это решение классической задачи регрессии:

$$\arg \min_{f \in F} \sum_q \sum_{i=1}^{m_q} L(l_{qi}, f(d_{qi})), \quad (1)$$

Где  $F$  – множество возможных функций ранжирования, а  $L$  – функция потерь, которая может иметь следующий вид:  $L(l_{qi}, f(d_{qi})) = (l_{qi} - f(d_{qi}))^2$ , где  $d_{qi}$ ,  $l_{qi}$  – документ и его оценка для запроса  $q$ . Для решения регрессионной задачи имеется много различных методов, отличающихся вычислительной сложностью. Существенное развитие сегодня получили методы, основанные на построении ансамблей – алгоритмы бустинга и бэгинга. Идея бустинга заключается в построении модели в виде аддитивного разложения на простые функции  $h(d)$ . Другими словами множественный метод подбирает сложную модель как комбинацию более простых. Это итеративный процесс, который начинается с некоторого начального предположения и последовательно добавляет новые функции. Благодаря такому подходу, становится возможно менять качество и эффективность полученных моделей на машинное время их расчета. Таким образом, проблема производительности подбора перестала быть второстепенной и вышла на первый план наряду со сбором данных и разработкой математической модели.

[Подробнее](#)



## ОБНАРУЖЕНИЕ УЗКОПОЛОСНЫХ СИГНАЛОВ

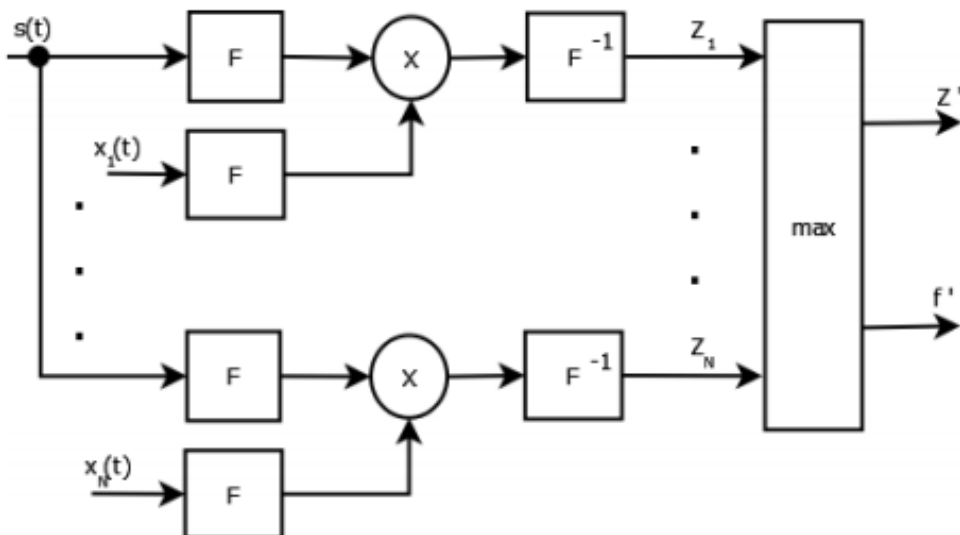
А.И. Литвин-Попович

Рассмотрим следующую задачу. Пусть имеется некоторый узкополосный сигнал с шириной полосы  $\Delta f_{05}$ , наблюдаемый на фоне нормального белого шума. Центральная частота сигнала  $f_x$  заключена в пределах от  $f_1$  до  $f_2$ , причем значение частоты априорно неизвестно, также нет никаких априорных данных о возможном распределении вероятностей величины  $f_x$ . Полосу частот  $f_1$  до  $f_2$  в дальнейшем будем называть полосой поиска. Требуется определить факт наличия сигнала, оценить его центральную частоту и энергию.

Подобная задача характерна для радиомониторинга, радиолокации движущихся целей, радиосвязи с подвижными объектами, а также для радиоастрономии. Многоканальные фильтровые или корреляционные приемники могут применяться для решения этой задачи, но с расширением полосы наблюдаемых частот возрастает число необходимых каналов приемника. Необходимое число каналов оценивалось исходя из величины допустимых потерь вероятности правильного обнаружения. При реализации корреляционного приемника в цифровой форме и использовании параллельного вычислительного устройства, проблема реализации большого числа каналов ослабляется.

Однако при жестких требованиях к вероятности правильного обнаружения и темпу выдачи результатов, даже параллельная реализация на базе наиболее мощных доступных универсальных (ЦП) либо графических (ГП) процессоров может оказаться недостаточно производительной. При необходимости реализации портативной и экономичной системы, подобное решение также может оказаться недоступным.

Структурная схема возможной реализации многоканального корреляционного приемника



[Подробнее](#)

## КОНТАКТЫ И ПОЛЕЗНЫЕ ССЫЛКИ

Если вы хотите, чтобы ваша статья появилась в следующем выпуске CUDA Альманах пишите нам на: [landreeva@nvidia.com](mailto:landreeva@nvidia.com)

По вопросам обучения CUDA обращайтесь в наш тренинговый центр: [www.parallel-compute.ru](http://www.parallel-compute.ru)

По вопросам приобретения NVIDIA GPU и по прочим техническим вопросам пишите нам на: [adzhoraev@nvidia.com](mailto:adzhoraev@nvidia.com)

Протестируйте PGI OpenACC compiler бесплатно в течение месяца: [www.nvidia.ru/openacc](http://www.nvidia.ru/openacc)

Узнайте подробнее про CUDA: [www.nvidia.ru/cuda](http://www.nvidia.ru/cuda)

Полный каталог приложений, ускоряемых на CUDA: <http://www.nvidia.ru/gpuapps>