

**III Международная научно-практическая конференция  
"Современные информационные технологии и  
ИТ-образование"**

**Мастер-классы "Современные учебные курсы и пособия"**

**Образовательный комплекс  
"Теория и практика параллельного программирования"**



**Гергель В.П., профессор, д.т.н.  
Декан факультета ВМК ННГУ**

# Содержание

---

- ❑ **Анализ ситуации** – Значимость образования в области суперкомпьютинга и высокопроизводительных вычислений
- ❑ **Проблема 1** – Оборудование
  - Создание сети суперкомпьютерных центров
  - Применение персональных мини-кластеров
  - Использование аппаратных ускорителей
  - Разработка учебно-исследовательских систем
- ❑ **Проблема 2** – Образовательные ресурсы
  - Учебный комплекс "Теория и практика параллельного программирования"
- ❑ **Проблема 3** – Взаимодействие вузов
  - Проект "Интернет-университет суперкомпьютерных технологий"



# Анализ ситуации...

- Принятие обоснованных решений практически в любой сфере человеческой деятельности с необходимостью предполагает проведение расширенного математического моделирования с тщательным исследованием возможных вариантов деятельности с помощью вычислительных экспериментов
- При этом, появление столь радикально возросших возможностей суперкомпьютерных технологий позволяет разрабатывать углубленные математические модели, максимально точно описывающих объекты реального мира, и требующие для своего анализа проведения масштабных вычислений



# Анализ ситуации...

Доклад РИТАС (The President's Information Technology Advisory Committee) Вычислительные науки: обеспечение превосходства (конкурентоспособности) Америки

«With technology, talent and capital now available globally, the U.S. is facing unprecedented economic competition from abroad. **The country that wants to out compete must out-compute»**

***"Страна, которая хочет достичь превосходства в конкурентной борьбе, должна превосходить конкурентов в области вычислений"***



# Анализ ситуации...

- ❑ Конкурентоспособность страны в современных условиях во многом определяется уровнем развития суперкомпьютерных вычислительных технологий
- ❑ Суперкомпьютерные технологии становятся одним из решающих факторов научно-технического прогресса и могут служить точно таким стимулом развития страны, как ранее были авиация, атом, ракетная техника и космос



# Анализ ситуации

---

Динамика изменения ситуации и острота проблемы ставит сложную задачу оперативной *подготовки высококвалифицированных кадров в области высокопроизводительных вычислений*, что представляет собой определенный вызов для системы высшего университетского образования



# Проблема 1 – Оборудование...

- **RoadRunner** – позиция 1 в списке TOP 500
  - Пиковая производительность 1.7 Pflops = 1700 Tflops !!!
  - 12,960 IBM PowerXCell 8i CPUs,  
6,480 AMD Opteron двухядерных процессоров
  - Электропитание - 2.35 Мватт, Площадь - 560 кв. м.
  - Стоимость 133 млн. \$



# Проблема 1 – Оборудование...

- ❑ **Решение 1**: Создание ряда российских крупных суперкомпьютерных центров и организация их коллективного использования
- ✓ ***Пример***: Грид-полигон распределенной сети суперкомпьютерных центров России в рамках программы СКИФ-ГРИД НТП Союзного государства России и Белоруссии (МГУ, ННГУ, ЮУрГУ, ТГУ и др.)





# Проблема 1 – Оборудование...

- ❑ Решение 2: Активное развитие направления, связанное с **персональными высокопроизводительными мини-кластерам**

## ✓ *Пример*: TEdge-Mini

- 5 серверов, на каждом два четырехядерных процессора Quad Core 2 Intel Xeon (1,86 GHz)
- Количество ядер – 40,  
пиковая производительность – **240 GFlops**
- Стоимость ~ 20 тыс. \$



▣ "Суперкомпьютер" кафедры, лаборатории...

- ❑ Экономичность первого шага в суперкомпьютинг



# Проблема 1 – Оборудование...

- Решение 3: Интенсивное выполнение работ в области аппаратных средств-ускорителей вычислений

## ✓ *Пример:*

- Ускоритель **ClearSpeed Advance X620**, два процессора CSX600, 96 ядер, производительность более **70 GFlops**
- Ускоритель **Nvidia Tesla D870**, 2 процессора (128 ядер каждый), производительность **1 TFlops !!!** (32 бит)

□ "Настольный суперкомпьютер"

- Опережающая подготовка к существенно многоядерным процессорам



Москва, 8  
декабря

Образовательный комплекс "Теория и практика  
параллельного программирования"

# Проблема 1 – Оборудование

□ **Решение 4:** Применение учебно-исследовательских систем для изучения и исследования параллельных алгоритмов и программ

✓ **Пример: ПараЛаб** (Параллельная Лаборатория), ННГУ

- Моделирование вычислительной системы
- Выбор задачи и метода решения
- Проведение вычислительных экспериментов
- Визуализация процесса решения
- Сбор и анализ результатов экспериментов («журнал экспериментов»)

▣ Поддержка концепции вычислительного эксперимента

□ "Предсказательная" разработка алгоритма

□ "Визуальное" изучение параллельных вычислений



## Проблема 2 – Образовательные ресурсы...

### Характеристика необходимых знаний и умений

- ❑ Архитектуры параллельных вычислительных систем
- ❑ Модели вычислений и методы анализа сложности вычислений
- ❑ Параллельные вычислительные методы
- ❑ Параллельное программирование (языки, библиотеки, среды разработки)

*Необходим интегрированный курс*

*"Многопроцессорные вычислительные системы и параллельное программирование"*

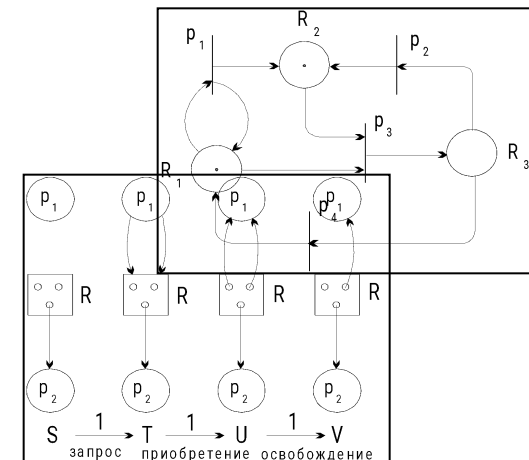
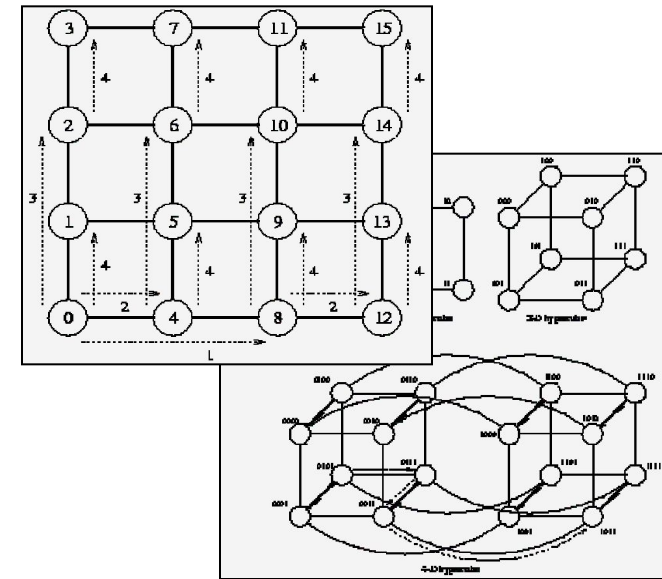


# Проблема 2 – Образовательные ресурсы...

Учебный курс "Многопроцессорные вычислительные системы и параллельное программирование" (ННГУ):

- изучение моделей параллельных вычислений,
- овладение параллельными алгоритмами,
- получение опыта параллельного программирования.

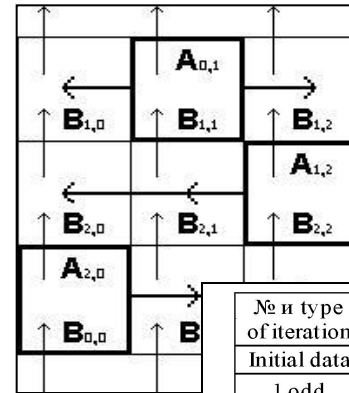
Курс позволяет слушателям получить знания во многих областях параллельного программирования (модели, методы, технологии, программы). Лекционные занятия дополнены расширенным лабораторным практикумом.



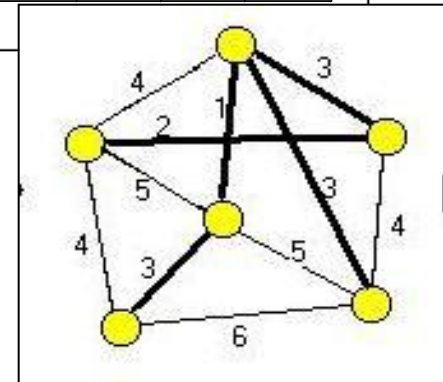
# Проблема 2 – Образовательные ресурсы...

## Состав учебных материалов:

- Описание курса,
- Описание лабораторного практикума,
- Электронные учебные материалы к курсу,
- Программная система для проведения лабораторных работ,
- Руководство пользователя программной системы,
- Библиотека параллельных алгоритмов,
- Описание библиотеки параллельных алгоритмов,
- Презентации лекций и лабораторных работ



№ и type of iteration	Processors			
	1	2	3	4
Initial data	2 3	3 8	5 6	1 4
1 odd (1,2),(3,4)	2 3	3 8	5 6	1 4
	2 3	3 8	1 4	5 6
2 even (2,3)	2 3	3 8	1 4	5 6
	2 3	1 3	4 8	5 6
3 odd (1,2),(3,4)	2 3	1 3	4 8	5 6
	1 2	3 3	4 5	6 8
4 even (2,3)	1 2	3 3	4 5	6 8
	1 2	3 3	4 5	6 8



# Проблема 2 – Образовательные ресурсы...

## Краткий обзор курса:

- ❑ Принципы построения параллельных вычислительных систем (3 часа)
- ❑ Модели вычислений и методы анализа эффективности (4 часа)
- ❑ Анализ коммуникационной трудоемкости (4 часа)
- ❑ Технология разработки параллельных программ для многопроцессорных систем с распределенной памятью (стандарт передачи сообщений MPI) (6 часов)
- ❑ Технология разработки параллельных программ для многопроцессорных систем с общей памятью (стандарт OpenMP) (4 часа)
- ❑ Принципы разработки параллельных методов (2 часа)
- ❑ Параллельные численные алгоритмы для решения типовых задач вычислительной математики (8 часа)
- ❑ Модели функционирования параллельных программ (4 часа)



# Проблема 2 – Образовательные ресурсы

## Отличительные особенности курса:

- ❑ Всестороннее изучение целого спектра составляющих параллельного программирования (моделей, методов, технологий, программ)
- ❑ Высокая готовность для тиражирования !!!

<http://www.software.unn.ac.ru/ccam/?doc=14>

<http://www.microsoft.com/Rus/Msdnaa/Curricula>.

<https://www.academicresourcecenter.net/curriculum/pfv.aspx?ID=6594>

<http://www.intuit.ru/department/calculate/paralltp>

Гергель В.П. *Теория и практика параллельных вычислений*. – М.: Интуит; Бином. Лаборатория Знаний, 2007.

***Имеется видеозапись всех лекций курса***





## Проблема 3 – Взаимодействие вузов...

---

### Проект "Интернет-университет суперкомпьютерных технологий": Цель проекта

Организация массовой подготовки специалистов в области суперкомпьютерных вычислительных технологий с активным использованием возможностей современных ИТ-технологий

<http://www.hpccu.ru>



# Проблема 3 – Взаимодействие вузов...

## Проект "Интернет-университет суперкомпьютерных технологий": Основы подхода...

- Активное использование методики, используемой Интернет-Университетом Информационных Технологий ([www.intuit.ru](http://www.intuit.ru)):
  - Широкое привлечение известных специалистов России для разработки образовательных материалов (более 100 учебных курсов на 2008 г.),
  - Открытое представление разработанных материалов в сети Интернет для свободного использования,
  - Организация дистанционного обучения (модульное представление учебного материала, автоматизированное тестирование),
  - Формирование целевых образовательных программ в ряде ведущих университетов России

✓ **Более 300 тыс. зарегистрированных пользователей**



Москва, 8  
декабря

Образовательный комплекс "Теория и практика  
параллельного программирования"

# Проблема 3 – Взаимодействие вузов...

## Проект "Интернет-университет суперкомпьютерных технологий": Основы подхода

- ❑ Широкое использование видео-лекций
- ❑ Организация лекционных и практических занятий в виде видео-конференций (Web-трансляций)
- ❑ Регулярное проведение очных занятий (например, в виде семинаров в рамках конференций близкой тематики)
- ❑ Возможность использования вычислительных ресурсов суперкомпьютерных центров России для проведения вычислительных экспериментов

В ходе развития проекта может быть предусмотрено создание **опорных образовательных центров** в составе университетов-участников проекта для организации очного (углубленного) обучения слушателей



# Проблема 3 – Взаимодействие вузов...

## Проект "Интернет-университет суперкомпьютерных технологий": Преимущества

- ❑ Возможность привлечения для организации обучения известных преподавателей и специалистов в области суперкомпьютерных вычислительных технологий и параллельного программирования
- ❑ Возможность организации массовой базовой подготовки специалистов в данной области и обеспечение на этой основе широкого практического применения возможностей суперкомпьютерных вычислений
- ❑ Использование возможностей современных ИТ-технологий для обеспечения качества подготовки
- ❑ Обеспечение доступности образования в области суперкомпьютерных технологий



# Проблема 3 – Взаимодействие вузов...

## Проект "Интернет-университет суперкомпьютерных технологий": Направления подготовки

- ❑ Системное и прикладное параллельное программирование
- ❑ Повышение квалификации преподавателей вузов, проводящих обучение по различным аспектам параллельного программирования
- ❑ Повышение квалификации специалистов различных предметных областей, для решения задач которых могут быть использованы суперкомпьютерные технологии
- ❑ Проектирование, разработка и эксплуатация суперкомпьютерных вычислительных систем
- ❑ Администрирование суперкомпьютерных вычислительных систем



# Проблема 3 – Взаимодействие вузов...

## Проект "Интернет-университет суперкомпьютерных технологий": Категории обучаемых

- ❑ Студенты вузов (физико-математические, технические, естественно-научные специальности)
- ❑ ИТ-специалисты
- ❑ Специалисты разных предметных областей
- ❑ Школьники



# Проблема 3 – Взаимодействие вузов...

## Проект "Интернет-университет суперкомпьютерных технологий": Учебный план семестра 1 (осень 2008)

- ❑ Введение в специальность (избранные лекции ведущих ученых и специалистов)
- ❑ Основы параллельного программирования (Гергель В.П., ННГУ)
- ❑ Параллельное программирование с MPI (Немнюгин А.А., СПбГУ)
- ❑ Параллельное программирование с OpenMP (Крюков В.А., ИПМ РАН)
- ❑ Введение в параллельные алгоритмы (Якобовский М.В., ИММ РАН)



# Проблема 3 – Взаимодействие вузов...

## Проект "Интернет-университет суперкомпьютерных технологий": Тематическая характеристика учебного плана...

- ❑ **Математические основы**
- ❑ **Системное программирование**  
Архитектура, ОС, Компьютерные сети, Базы данных, Оптимизация программ
- ❑ **Технологии параллельного программирования**  
Технологии (MPI, OpenMP, DVM,...), Параллельное программирование в математических пакетах (Matlab, Mathematica,...), Инструменты, Библиотеки, Отладка параллельных программ
- ❑ **Параллельные алгоритмы**  
Матричные вычисления, Сортировка, Алгоритмы для графов, Решение дифференциальных уравнений, Алгоритмы Монте-Карло, Алгоритмы машинной графики, Обработка изображений и видео





# Проблема 3– Взаимодействие вузов...

## Проект "Интернет-университет суперкомпьютерных технологий": Тематическая характеристика учебного плана

- ❑ **Научная визуализация**
- ❑ **Построение и использование кластерных систем**  
Построение и использование кластеров под управлением Unix/Windows, Системы управления кластерами, Оценка производительности
- ❑ **Технологии Грид**



# Проблема 3 – Взаимодействие вузов

## Проект "Интернет-университет суперкомпьютерных технологий": Планирование работ

- ❑ **Этап 1 – Начало проекта – 4 кв. 2008**  
Подготовка первой очереди учебных курсов. Начало обучения
- ❑ **Этап 2 – Развитие проекта – 1-2 кв. 2009**  
Подготовка второй очереди учебных курсов. Расширение состава обучаемых
- ❑ **Этап 3 – Завершение пилотной стадии проекта – 3-4 кв. 2008**  
Подготовка третьей очереди учебных курсов. Анализ результатов пилотной стадии проекта. Определение стратегии развития проекта



# Контакты

---

**Гергель В.П., д.т.н., проф., декан факультета  
вычислительной математики и кибернетики**

**Нижегородский университет**  
603950, Нижний Новгород,  
пр. Гагарина, 23

**E-mail: [gergel@unn.ru](mailto:gergel@unn.ru)**  
р.т.: 7 (831) 465-77-43



# Вопросы ?

---

**Спасибо за внимание.**



Москва, 8  
декабря

Образовательный комплекс "Теория и практика  
параллельного программирования"

28