

#### План

- Актуальность курса
- Описание курса
- Структура курса
- Преподавание курса
  - Проведение лекций
  - Лабораторный практикум
  - Проверка знаний
- Выводы и планы на будущее



## Знания студентов по итогам бакалавриата (1)

#### • Институт ИТММ ННГУ, Математические дисциплины:

- Математический анализ
- Геометрия и алгебра
- Дискретная математика
- Дифференциальные уравнения
- Методы оптимизации
- Функциональный анализ\*
- Уравнения математической физики\*
- Численные методы

\* В зависимости от направления подготовки



## Знания студентов по итогам бакалавриата (2)

#### • Институт ИТММ ННГУ, Компьютерные дисциплины:

- Языки и методы программирования
- Алгоритмы и структуры данных
- Архитектура ЭВМ
- Операционные системы и сети
- Базы данных
- Компьютерная графика
- Параллельное программирование
- Курсы по выбору



# Знания студентов по итогам бакалавриата (3)

#### • Параллельные численные методы и технологии:

Первое впечатление: все базовые сведения по рассматриваемой теме даются в бакалавриате

- Анализ показывает:
- 1. Не все направления подготовки охвачены
- 2. Теоретический уклон при изучении численных методов
- 3. Параллельные технологии изучаются в большей степени на модельных задачах
- Итог: нужен курс, объединяющий теорию и практику с примерами из разных областей науки и индустрии



## Нужен ли курс студентам?

- Освоение широкого спектра технологий параллельного программирования
- Изучение, конструирование и анализ параллельных алгоритмов
- Приобретение навыков разработки параллельных программ и анализа их результатов

Все это востребовано в сфере высшего образования, науки и индустрии



#### Нужен ли курс работодателю?

- Потребность в квалифицированных кадрах,
  - владеющих технологиями параллельных вычислений,
  - имеющих навыки разработки параллельных алгоритмов,
  - владеющих навыками анализа результатов экспериментов.

Возможные работодатели: университеты и НИИ, инженерные центры и КБ, высокотехнологичный бизнес



#### Место курса в учебном плане

- Институт ИТММ ННГУ: 2 семестр магистратуры
- **Научные школы для молодых ученых**: возможны разные форматы в зависимости от длительности
- Программы повышения квалификации ППС



#### Аналогичные курсы (российские)

- Университетские курсы
  - по численным методам (например, ВМК МГУ, https://vm.cs.msu.ru/node/198)
  - по параллельному программированию (например, ВМК МГУ, http://sqi.cs.msu.su/learning)
- Интернет-университет информационных технологий http://www.intuit.ru
  - Математика, численные методы
  - Суперкомпьютерные технологии



#### Аналогичные курсы (зарубежные)

- University of California at Berkeley
  - James Demmel. Matrix Computations / Numerical Linear Algebra https://people.eecs.berkeley.edu/~demmel/
- University of Minnesota
  - Yousef Saad. Computational Aspects of Matrix Theory, Sparse Matrix Computations http://www-users.cs.umn.edu/~saad/
- University of Tennessee
  - Jack Dongarra. Scientific Computing for Engineers.
    http://www.netlib.org/utk/people/JackDongarra/



#### Основные положения (1)

- Технологии программирования (OpenMP, Cilk Plus, TBB,...) не рассматриваются:
  - Частично рассмотрены ранее (бакалавриат)
  - Изучаются в магистратуре в рамках смежного курса «Технологии параллельных вычислений»
- Считается, что теоретические основы численных методов изучены ранее (бакалавриат). Повторяются основные положения (без доказательства); ориентация на параллельность в алгоритмах.



#### Основные положения (2)

- Обширный лабораторный практикум
- Расширенные описания лекций и ЛР
- Библиотека кодов программ к лабораторным работам
- Любая ЛР м. б. проведена в режиме мастер-класса
- Примеры из разных предметный областей
- Проработанная система контроля (тесты, индивидуальные задания)
- Материалы в сети Интернет:

http://www.hpcc.unn.ru/?doc=491

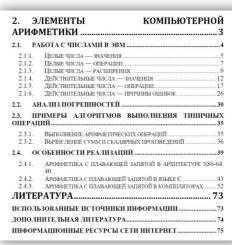
https://software.intel.com/ru-ru/articles/courseware\_parallel\_computation\_numerical\_methods



#### Комплект материалов

- Программа курса
- Лекции (презентации, текстовые материалы)
- Лабораторные работы/мастер-классы (презентации, текстовые материалы, коды программ)
- Задания для студентов
- Тесты









#### Разработка курса

- Гергель В.П.
- Баркалов К.А.
- Бастраков С.И.
- Боголепов Д.К.
- Донченко Р.В.
- Козинов Е.А.

- Кустикова В.Д.
- Мееров И.Б.
- Пирова А.Ю.
- Сафонова Я.Ю.
- Сиднев А.А.
- Сысоев А.В.
- Кривоносов М.И.



#### Учебник

• В.П. Гергель, К.А. Баркалов, И.Б. Мееров и др. Параллельные вычисления: технологии и численные методы: учебное пособие в 4-х томах. — Нижний Новгород: Издательство Нижегородского госуниверситета, 2013.

 Победитель VII Общероссийского конкурса для высших учебных заведений «Университетская книга—2015» (номинация «Лучшее издание по математике, информатике и вычислительной технике»)





## Структура курса (1)

- Модульная структура (классический раздел численных методов = модуль)
- Наличие раздела по вычислениям с плавающей запятой
- Небольшое число лекций, внимание на параллельные алгоритмы
- Лабораторные работы и мастер-классы
- Подробные материалы по лекциям и практике



## Структура курса (2)

- **Раздел 1**. Практикум «Введение в технологии ПП в системах с общей памятью. Инструменты пакета Intel Parallel Studio XE»
  - *ЛР*. Вычисление определенного интеграла методом прямоугольников. Отладка, оптимизация, параллелизм
  - *ЛР*. Вычисление простых чисел. Параллельная отладка, оптимизация, балансировка нагрузки
  - ЛР. Алгоритмы на графах в задаче поиска кратчайших путей.
    Потокобезопасные структуры данных. Использование механизма логических задач.



## Структура курса (3)

- Раздел 2. Элементы компьютерной арифметики
- Лекции
  - Работа с числами в ЭВМ. Анализ погрешностей
  - Примеры алгоритмов выполнения типичных операций
  - Особенности реализаций
- Практика
  - Лабораторная работа. Элементарные расчетные алгоритмы.
    Проблемы, ошибки, пути их устранения
  - *Лабораторная работа*. Параллельная сортировка вещественных чисел за линейное время
  - *Лабораторная работа*. Уменьшение погрешности вычисления сумм чисел с плавающей запятой



## Структура курса (5)

- Раздел 3. Прямые методы решения СЛАУ
- Лекции
  - Метод прогонки для систем с ленточной матрицей
  - Метод редукции для систем с ленточной матрицей
  - Метод Гаусса для решения систем общего вида
  - Метод Холецкого для систем с симметричной положительно определенной матрицей
  - Методы решения систем с разреженной матрицей



## Структура курса (6)

- Раздел 3. Прямые методы решения СЛАУ
- Практика
  - *Лабораторная работа*. Умножение разреженной матрицы на плотный вектор. Распараллеливание циклов
  - Лабораторная работа. Алгоритмическая оптимизация в задачах алгебры разреженных матриц на примере матричного умножения
  - Лабораторная работа. Решение разреженных СЛАУ прямыми методами в задаче распространения тепла в пластине. Использование MKL PARDISO
  - Лабораторная работа. Применение методов прогонки и редукции для решения СЛАУ с ленточной матрицей на примере задачи вычисления цены составного опциона



## Структура курса (7)

- Раздел 4. Итерационные методы решения СЛАУ
- Лекции
  - Базовые итерационные методы
  - Предобуславливание
  - Методы крыловского типа
- Практика
  - Лабораторная работа. Решение разреженных СЛАУ в задаче распространения тепла в пластине
  - Лабораторная работа. Решение симметричных разреженных СЛАУ методом верхней релаксации с чебышевским ускорением
  - Лабораторная работа. Решение симметричных разреженных СЛАУ методом сопряженных градиентов с предобуславливанием



## Структура курса (9)

- Раздел 4. Итерационные методы решения СЛАУ
- Практика

. . .

- *Лабораторная работа*. Решение разреженных СЛАУ методом обобщенных минимальных невязок с предобуславливанием
- *Лабораторная работа*. Решение невырожденных СЛАУ методом бисопряженных градиентов с предобуславливанием
- *Лабораторная работа*. Неполное LU-разложение



## Структура курса (10)

- Раздел 5. Методы решения систем обыкновенных дифференциальных уравнений
- Лекция
- Практика
  - Лабораторная работа. Интегрирование стохастического дифференциального уравнения в задаче вычисления справедливой цены опциона европейского типа
  - Лабораторная работа. Интегрирование системы дифференциальных уравнений в задаче моделирования процессов в нейронной сети (моделирование мозга)



## Структура курса (11)

- Раздел 6. Методы решения дифференциальных уравнений в частных производных
- Лекции
  - Решение волнового уравнения
  - Решение задачи теплопроводности
  - Решение задачи Дирихле для уравнения Пуассона
  - Решение уравнения Пуассона с использованием БПФ



## Структура курса (12)

- Раздел 6. Методы решения дифференциальных уравнений в частных производных
- Практика
  - *Лабораторная работа*. Решение дифференциальных уравнений в частных производных на примере задачи вычисления справедливой цены составного опциона
  - Лабораторная работа. Разработка, оптимизация и распараллеливание быстрого преобразования Фурье в приложении к задаче фильтрации видео
  - Лабораторная работа. Использование быстрого преобразования Фурье для решения задачи распространения тепла в пластине



## Структура курса (13)

- Раздел 7. Методы Монте-Карло
- Лекции
  - Вычисление определенного интеграла
  - Способы уменьшения дисперсии
  - Генераторы псевдослучайных чисел
  - Подходы к распараллеливанию методов Монте-Карло
- Практика
  - Лабораторная работа. Параллельные методы Монте-Карло в задаче вычисления справедливой цены опциона европейского типа



#### Преподавание курса: лекции

- 2 часа в неделю (лекция)
- Традиционные лекции с использованием компьютерных презентаций + контроль результата в конце лекции (тест)



#### Преподавание курса: практика

- Лабораторные работы проводятся для тех, кто затрудняется с самостоятельным выполнением. Преимущественно ориентировано на тех, кто ранее не изучал технологии и численные методы
- Избранные лабораторные работы (не менее одной для каждого раздела) проводятся в режиме мастер-класса
- Оставшиеся работы для самостоятельного выполнения студентами при наличии подробных описаний

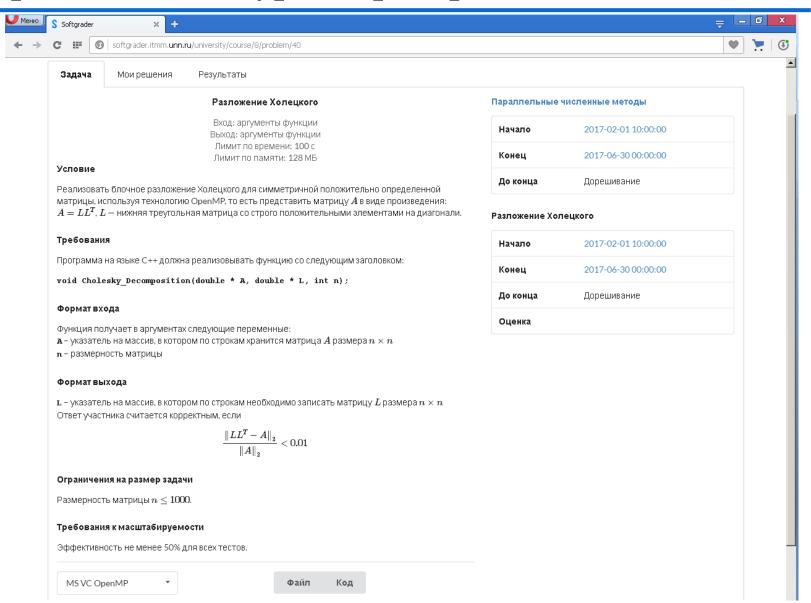


#### Преподавание курса: проверка знаний (1)

- Текущий контроль на лекциях
- Тестирование по технологиям
- Тестирование по теоретическим основам параллельных алгоритмов
  - Используется система «Сигма» (НИВЦ МГУ) http://sigma.parallel.ru/BankTest/Start/index.php
- Набор заданий для студентов (задачи на разработку и применение параллельных алгоритмов)
  - Дистанционная проверка разработанных программ с использованием система SoftGrader (ИТММ ННГУ) http://softgrader.itmm.unn.ru



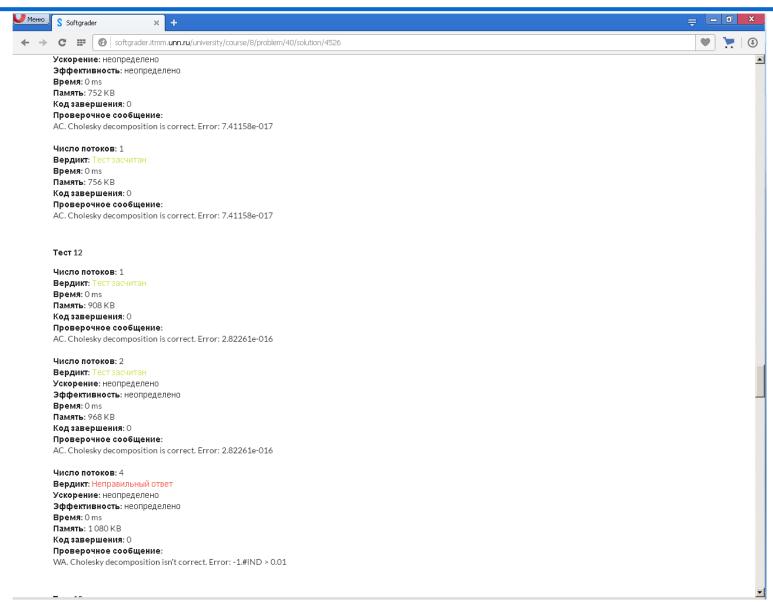
# Преподавание курса: проверка знаний (2)





30 из 34

# Преподавание курса: проверка знаний (3)

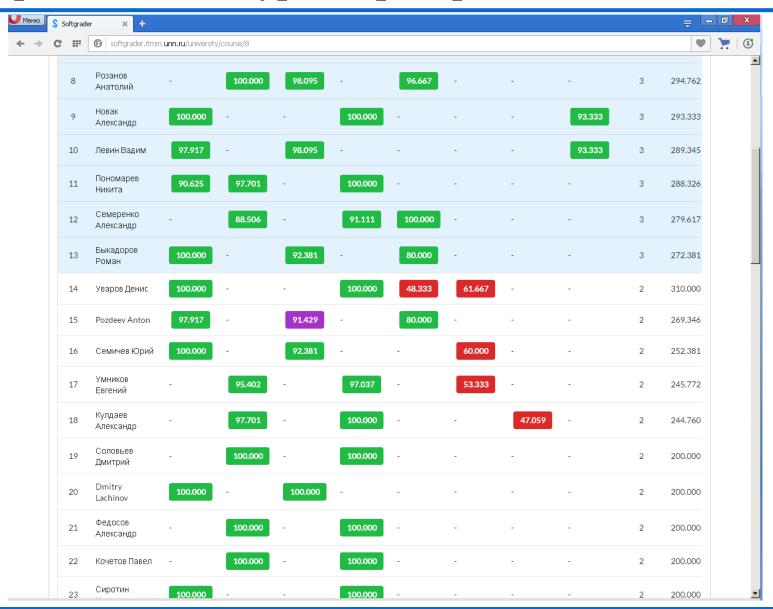




**RSD** 

2017

# Преподавание курса: проверка знаний (4)





#### Заключение

- Подготовлен модульный комплект материалов
  - Технологии и алгоритмы
  - Практические примеры
  - Материалы в сети Интернет
  - Гибкая система использования
  - Дистанционное тестирование
- Сложности
  - Мотивация студентов
  - Необходимость постоянного обновления материалов
- Планы
  - Разработка дополнительных лабораторных работ (сокращение лекций в пользу практики)



#### Спасибо за внимание

Курс «Параллельные численные методы»

http://www.hpcc.unn.ru/?doc=491

