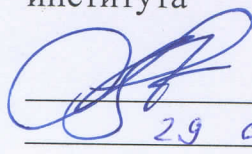


МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего  
профессионального образования  
«Казанский национальный исследовательский технический университет  
им. А.Н. Туполева-КАИ»  
(КНИТУ-КАИ)

СОГЛАСОВАНО:  
Директор корпоративного  
института

  
Гопкало А.А.  
29 сентября 2015 г.

УТВЕРЖДАЮ:  
Проректор по развитию  
университета



Гуреев В.М.  
30 сентября 2015 г.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ПРОГРАММА  
ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ  
**Высокопроизводительные параллельные вычисления**  
(наименование программы)

## 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОГРАММЫ

1.1. Цель реализации программы: качественное изменение профессиональных компетенций, необходимых для выполнения следующих видов профессиональной деятельности в рамках имеющейся квалификации:

- Применять методы параллельной обработки для решения современных задач науки и техники;
- Осуществлять разработку параллельных алгоритмов для различных систем.

1.2. Планируемые результаты обучения.

Слушатель, освоивший программу, должен

**Знать:**

- характеристики производительности параллельных вычислений;
- принципы параллельной обработки цифровой информации;
- основные методы и инструментальные средства параллельного программирования.

**Уметь:**

- применять высокопроизводительные вычисления в своей научной и образовательной деятельности.

**Владеть:**

- методами параллельной обработки данных.

1.3. Категория слушателей (требования к уровню подготовки поступающего на обучение) – научно-педагогические работники вузов, профессорско-педагогический состав.

1.4. Трудоемкость обучения.

Срок обучения: 4 месяца

Форма обучения: с частичным отрывом

Режим занятий: 4 час./день.

## 2. СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ

2.1. Учебный план программы повышения квалификации

Наименование разделов, дисциплин (модулей)	Общая трудоемкость, ч	Всего ауд.ч	Аудиторные занятия, ч			СРС, ч
			лекции	лабораторные работы	практические и семинарские занятия	
1	2	3	4	5	6	7
Архитектурно-алгоритмические основы параллельных вычислений	12	12	12	0	0	0



1	2	3	4	5	6	7
Параллельное программирование на кластерных вычислительных системах	22	22	10	12	0	0
Статистический анализ и обработка результатов экспериментов	18	18	5	8	5	0
Итоговая аттестация						ВКР
Итого	72	72	35	32	5	

2.2. Рабочая программа дополнительной профессиональной программы повышения квалификации "**Высокопроизводительные параллельные вычисления**".

**Раздел 1.** Архитектурно-алгоритмические основы параллельных вычислений (12 ч).

*Тема 1.1.* Классификация и производительность параллельных систем. (4 ч).

Вопросы, раскрывающие содержание темы:

Классификация Флинна. Понятие производительности вычислительных систем. Пиковая и LINPACK-производительность.

*Тема 1.2.* Параллельные процессоры (4 ч).

Вопросы, раскрывающие содержание темы:

Ассоциативные вычисления. Процессорные матрицы. Системы вертикальной обработки. Матричный процессор ассоциативного типа.

*Тема 1.3.* Организация параллельных систем (4 ч).

Вопросы, раскрывающие содержание темы:

Сети коммутации и организация памяти. Мэйнфреймовые архитектуры. Кластерные архитектуры.

**Раздел 2.** Параллельное программирование и параллельные СУБД в операционной среде Windows (20 ч.).

*Тема 2.1.* Пакет MPICH для операционной системы Windows (6 ч.).

Вопросы, раскрывающие содержание темы:

Компоненты пакета MPICH, установка и настройка пакета MPICH, создание и запуск MPI-программ.

*Тема 2.2.* Библиотека TPL (4 ч.).

Вопросы, раскрывающие содержание темы:

Библиотека распараллеливания задач (TPL), задачи (класс Task), Методы ожидания задачи, работа с задачами, отмена задачи, класс Parallel.

*Тема 2.3.* Библиотека CUDAfy (6 ч.).

Вопросы, раскрывающие содержание темы:

Введение в технологию CUDA, ядро CUDA, ветвления в CUDA, рекомендации по оптимизации в CUDA, конфликты банков разделяемой памяти в CUDA, создание и запуск приложения с применением библиотеки CUDAfy.NET.

*Тема 2.4.* Параллельная система управления защищенными картографическими базами данных (4 ч.)

Вопросы, раскрывающие содержание темы:

Принятая схема защищенной картографической базы данных и организация обработки запросов на нижнем уровне системы, исследовательский прототип СУБД Security Map-Point Cluster.

Перечень лабораторных работ и практических (семинарских) занятий

№ темы	Наименование лабораторных работ	Наименование практических (семинарских) занятий
2.1.	Эффективность технологии MPI при перемножении квадратных матриц.	-
2.2.	Эффективность применения библиотеки распараллеливания задач (Task Parallel Library) на примере вычисления числа Пи методом Монте-Карло.	-
2.3.	Эффективность применения библиотеки CUDAfy.NET на примере перемножения квадратных матриц.	-
2.4.	Анализ процессов параллельной системы управления защищенными картографическими базами данных Security Map-Point Cluster.	-

**Раздел 3.** Параллельное программирование на кластерных вычислительных системах (22 ч).

*Тема 3.1.* Аппаратные платформы (6 ч.).

Вопросы, раскрывающие содержание темы:

Виды кластеров, задачи администратора кластера, оборудование КНИТУ-КАИ, рейтинг top-500, области использования вычислительных кластеров.

*Тема 3.2.* Виды серверных ОС (4 ч.).

Вопросы, раскрывающие содержание темы:

Классификация UNIX ОС. Задачи администратора. Роли сервера, сетевые службы и сервисы. Технологии виртуализации.

*Тема 3.3.* Работа с Linux Server (8 ч.).

Вопросы, раскрывающие содержание темы:

Структура каталогов. Основные команды консоли, права доступа к файлам. Процессы, сигналы, ключевые файлы конфигурации. Мониторинг ФС, настройка сети.



**Тема 3.4.** Использование библиотек параллельного программирования (4 ч.)

Вопросы, раскрывающие содержание темы:

Тестирование производительности (linpack). Запуск параллельных программ (MPICH, OpenMP, CUDA) на вычислительном кластере.

**Перечень лабораторных работ и практических (семинарских) занятий**

№ темы	Наименование лабораторных работ	Наименование практических (семинарских) занятий
3.1.	Настройка базовой сети в Cisco Packet Tracer с маршрутизацией.	-
3.2.	Установка Ubuntu Server, настройка сетевых служб и сервисов работа с файлами и каталогами в консоли.	-
3.3.	Настройка ssh доступа между узлами, написание bash скриптов, установка и настройка web-сервера.	-
3.4.	Эффективность применения технологии параллельного программирования MPICH, OpenMP, CUDA на вычислительном кластере (на примере перемножения матриц).	-

**Раздел 4.** Статистический анализ и обработка результатов экспериментов (18 ч.).

**Тема 4.1.** Основные понятия математической статистики (4 ч.).

Вопросы, раскрывающие содержание темы:

Теоретические и эмпирические оценки начальных и центральных моментов. Теоретические и эмпирические оценки ковариационных и корреляционных моментов. Теоретические и эмпирические оценки автокорреляции, автокорреляционное расстояние.

**Тема 4.2.** Кластерный анализ (6 ч.).

Вопросы, раскрывающие содержание темы:

Задача кластерного анализа (КА). Меры расстояний между объектами (метрики). Агломеративные и дивизивные методы КА. Методы древовидной кластеризации: общий алгоритм, форма представления результатов. Метод  $k$ -средних: общий алгоритм, выбор начальных кластерных центров, форма представления результатов. Алгоритм CLOPE: критерий разделения на кластеры, градиент, функция стоимости и вычислительная сложность алгоритма. Форма представления результатов КА.

**Тема 4.3.** Дискриминантный анализ (4 ч.).

Вопросы, раскрывающие содержание темы:

Задача дискриминантного анализа (ДА). Ограничения на исходные данные. Применение функции Фишера и расстояния Махаланобиса в ДА. Проверка достоверности кластеризации: критерии, дискриминантный анализ. Модели дискриминантного анализа (ДА): стандартная, пошаговый ДА с включением и исключением, форма представления результатов, критерий Уилкса.



#### Тема 4.4. Факторный анализ (4 ч).

Вопросы, раскрывающие содержание темы:

Модель факторного анализа. Факторные нагрузки, общности и общий вклад фактора. Задача о выборе числа факторов, критерии Кайзера и «каменистой осыпи». Вращение факторной структуры, остаточные корреляции.

#### Перечень лабораторных работ и практических (семинарских) занятий

№ темы	Наименование лабораторных работ	Наименование практических (семинарских) занятий
4.1	Теоретические и эмпирические оценки моментов случайных величин	Понятие случайной величины и ее характеристики.
4.2	Агломеративные и дивизивные методы кластерного анализа	Задача кластерного анализа.
4.3	Модели дискриминантного анализа: стандартная, пошаговый ДА с включением и исключением	Задача дискриминантного анализа
4.4	Модель факторного анализа	Модель факторного анализа.

### 3. УСЛОВИЯ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ

#### 3.1 Материально-технические условия

Для реализации учебного процесса по дисциплине требуется следующее материально-техническое обеспечение:

##### *Для лекционных занятий*

- Проектор, предназначенный для проведения презентаций лекций в аудиториях на 15-20 человек.
- Персональный компьютер для обеспечения работы проектора.
- Проекционный экран размера не менее 100 см × 150 см.

##### *Для лабораторных работ*

- Программа Statistica версии 6.0 и выше, предназначенная для анализа многомерных данных и визуализации полученных результатов.
- Компьютерный класс, обеспечивающий нормальную работу с программным обеспечением, используемым в лаборатории, в комплектации:
  - a. Сервер Intel Xeon 5320 (1 шт.), 4 Гбайт оперативной памяти.
  - b. Персональный компьютер (13 шт.): Intel Core 2 Duo 6320, 3 Гбайт оперативной памяти.
  - c. Лицензионная операционная система Microsoft Windows XP Professional или Microsoft Windows 7;
  - d. Сетевое оборудование: коммутатор D-Link DGS-1016D, сетевые кабели категории 5Е.
  - e. Мультимедийный проектор.
  - f. Интерактивная доска.
- Дистанционный доступ к GPU-кластеру КНИТУ-КАИ с характеристиками:



- a. 7 узлов 2 6-core Intel Xeon E5-2640 CPU/2,5GHz/128GB.
- b. Графический ускоритель на 6 узлах – 2 Tesla C-2075 448-core/574MHz/6GB.
- c. Интерконнект между узлами – GigabitEthernet с 24-портовым коммутатором вычислителя SuperMicro и с 16-портовым коммутатором доступа Cisco.
- d. Дисковая подсистема узла – массив RAID-10 объемом 4TB на базе SATA дисков WD1000DHTZ.

### 3.2. Учебно-методическое и информационное обеспечение

- Райхлин В.А. Системы параллельной обработки данных. Научно-образовательное издание. – Казань: Изд-во «ФЭН» («Наука»), 2010.
- Райхлин В.А. Начала параллельных вычислений. Материалы лекций – Казань: Изд-во КГТУ, 2008.
- Райхлин В.А. Конструктивное моделирование систем – Казань: Изд-во «Фэн» («Наука»), 2005.
- Воеводин В.В., Воеводин Вл.В. Параллельные вычисления – С.-Пб.: Изд-во «БХВ-Петербург», 2004.
- Корнеев В.В. Вычислительные системы – М.: Изд-во «Гелиос АРВ», 2004.
- Хокни Р., Джессхоуп К. Параллельные ЭВМ. Архитектура, программирование и алгоритмы – М.: Изд-во «Радио и связь», 1986.
- Моисеев В.С., Тутубалин П.И., Бутузова А.В. Теория системного анализа и принятия решений. Учебное пособие. – Казань: Изд-во КГТУ, 2010.
- Троелсен Э. С# и платформа .NET 3.0: Учебник для вузов. Спец. издание. – СПб.: Питер, 2008.
- Воеводин Вл.В., Жуматий С.А. Вычислительное дело и кластерные системы.-М.: Изд-во МГУ, 2007. - 150 с.
- Олифер В. Г., Олифер Н. А. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: Учебник для вузов. 4-е изд. — СПб.: Питер, 2010.
- Многомерный анализ данных методами прикладной статистики : учеб. пособие / С.С. Барковский, В.М. Захаров, А.М. Лукашовв [и др].- Казань: Изд-во КГТУ им. А.Н. Туполева, 2010.- 122
- Вуколов Э.А. Основы статистического анализа. Практикум по статистическим методам и исследованию операций с использованием пакетов STATISTICA и EXCEL : учеб. пособие / Э.А. Вуколов.- 2-е изд., испр. и доп. .- М.: Форум, 2012.- 464 с.
- Методика автоматизированной многопараметрической классификации предложений на участие в НИОКР отраслевой программы : учеб. пособие / С. С. Барковский , А. М. Лукашов, А. Р. Нурутдинова [и др].- Казань: Изд-во КГТУ им. А.Н. Туполева, 2011.- 44 с.
- Просянюк Н.А., Варчук О. А. Статистика. От теории к практике. Харьков: Бурун книга, 2008. 128 с.



- Статистика: учебное пособие / А.В. Багат, М.М. Конкина, В.М. Симчера [и др.]; 340 Ред. В.М. Симчера.- М.: Финансы и статистика, 2005.- 368.
- Боровиков В. Популярное введение в программу Statistica. М.: КомпьютерПресс, 1998. 267с.
- Факторный, дискриминантный и кластерный анализ: Пер. с англ./Дж.-О. Ким, Ч.У. Мьюллер, У.Р.Клекка и др.; Под ред. И.С. Енюкова. М.: Финансы и статистика, 1989. 215 с.
- Афифи А., Эйзен С. Статистический анализ. Подход с использованием ЭВМ: Пер. с англ. /Под ред. Г.П. Башарина. М.: Мир, 1982. 182 с.
- Сошникова Л.А., Тамашевич В.Н., Уебе Г., Шеффер М. Многомерный статистический анализ в экономике: Учеб. Пособие для вузов/ Под ред. проф. Тамашевича. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 1999. 598 с.
- Прикладная статистика: Классификация и снижение размерности: Справ. изд. /С.А.Айвазян, В.М. Бухштабер, И.С. Енюков, Л.Д. Мешалкин; Под ред. С.А.Айфазяна. М.: Финансы и статистика, 1989. 607 с.
- Тернер Д. Вероятность, статистика и исследование операций. М.: Статистика, 1976. 432с.
- Дюран Б., Оделл П. Кластерный анализ. М.: Статистика, 1977. 128 с.
- Хартман Г. Современный факторный анализ. М.: Статистика, 1972. 444 с.
- А. М. Дубров, В. С. Мхитарян, Л. И. Трошин. Многомерные статистические методы. М.: Финансы и статистика, 1998. 352 с.
- Захаров В.М., Нурмеев Н.Н., Салимов Ф.И., Соколов С.Ю., Шалагин С.В. К задаче дискриминантного анализа автоматных марковских моделей // Вестник КГТУ им. А.Н.Туполева. 2001. № 3. С. 37 - 39.

### 3.3. Кадровые условия

В реализации программы принимают участие ведущие преподаватели кафедры Компьютерных систем.

## 4. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Итоговая работа слушателей предполагает разработку проекта по одному из разделов направления повышения квалификации. Итоговая работа выполняется слушателем самостоятельно.

Возможные варианты тем разрабатываемого слушателями проекта (на примере раздела 4):

- Определение точечных характеристик набора признаков для множества объектов из заданной предметной области.
- Определение корреляционных зависимостей между признаками для множества объектов из заданной предметной области.
- Применение методов кластерного анализа для разделения на группы (кластеры) для множества объектов из заданной предметной области.



- Проверка корректности априорного распределения по группам для множества объектов из заданной предметной области при использовании метода дискриминантного анализа.
- Выявление корреляции между признаками и объединение сильно коррелированных признаков в группы-факторы при использовании методов факторного анализа.

Основные положения разработанного проекта представляются слушателем в ходе итоговой аттестации. Окончательная оценка качества освоения программы осуществляется аттестационной комиссией после изучения материалов проекта и выражается в его зачтении или незачтении. Слушатель считается аттестованным, если имеет оценку "зачтено"

## 5. СОСТАВИТЕЛИ ПРОГРАММЫ

Вершинин И.С., к.т.н., доцент, зав. кафедрой компьютерных систем

*Верш*