

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Саратовский национальный исследовательский государственный
университет имени Н.Г. Чернышевского»

Факультет компьютерных наук и информационных технологий

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебно-методической
работе, д-р филол. наук, профессор

Е.Г. Елина

« 31 » августа 2016 г.



Рабочая программа дисциплины

**Математическое моделирование и высокопроизводительные
вычисления**

Направление подготовки кадров высшей квалификации

09.06.01 «Информатика и вычислительная техника»

Направленность

«Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»

Квалификация (степень) выпускника

Исследователь. Преподаватель-исследователь

Форма обучения

Очная

Саратов
2016

1. Цели и задачи освоения дисциплины

Цель дисциплины: Развитие способностей генерации новых идей при разработке и анализе математических моделей управляемых динамических систем, освоение методологии теоретических исследований, получение опыта разработки новых методов исследования и их применения в самостоятельном научном исследовании, в частности, опыта разработки и исследования характеристик программного обеспечения для современных высокопроизводительных параллельных вычислительных систем. Формирование у аспирантов знаний методов и моделей дискретной оптимизации, точных и приближенных подходов к решению задач дискретной оптимизации

Задачи: Овладение методологией построения и анализа математических моделей управляемых динамических систем; получение навыков разработки новых параллельных алгоритмов моделирования, анализа и синтеза управляемых динамических систем и навыков их реализации на основе современных технологий параллельного программирования; получение навыков использования базовых свойств математических моделей при оптимизации алгоритмов компьютерного моделирования. Ознакомление аспирантов с основными сведениями о предмете и моделях дискретного программирования. Развитие навыков разработки алгоритмов и практического решения прикладных задач дискретной оптимизации.

2. Место дисциплины в структуре ООП аспирантуры

Дисциплина «Математическое моделирование и высокопроизводительные вычисления» является обязательной, входит в состав Блока 1 «Дисциплины (модули)» и относится к вариативной части ООП по направлению подготовки 09.06.01 «Информатика и вычислительная техника», направленность – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» – Индекс Б1.В.ОД.2.1.

Дисциплина «Математическое моделирование и высокопроизводительные вычисления» изучается в 3, 4 и 5 семестрах.

Входные знания, умения и компетенции, необходимые для изучения данного курса, формируются в процессе изучения таких дисциплин, как: «Автоматизированные системы научных исследований» изучаемая в рамках программы магистратуры на факультете КНИИТ. Взаимосвязь курса с другими дисциплинами ООП способствует углубленной подготовке аспирантов к решению специальных практических профессиональных задач и формированию необходимых компетенций.

3. Результаты обучения, определенные в картах компетенций и формируемые по итогам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины «Математическое моделирование и высокопроизводительные вычисления» направлен на формирование следующих компетенций:

- способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (УК-1);
- владение методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности (ОПК-1);
- способность к разработке новых методов исследования и их применению в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области профессиональной деятельности (ОПК-3);

- готовность организовать работу исследовательского коллектива в области профессиональной деятельности (ОПК-4);
- способность объективно оценивать результаты исследований и разработок, выполненных другими специалистами и в других научных учреждениях (ОПК-5);
- владение методами математического моделирования (ПК-1);
- владеть методами компьютерного моделирования для решения прикладных задач (ПК-2).

В результате освоения дисциплины аспирант должен знать:

- методы построения математических моделей управляемых динамических систем;
- базовые свойства математических моделей управляемых динамических систем;
- методы математического моделирования, анализа и синтеза управляемых динамических систем;
- современные технологии параллельного программирования;
- методы построения параллельных алгоритмов численного моделирования управляемых динамических систем и методы их оптимизации для параллельных высокопроизводительных вычислительных систем;
- основные классы задач дискретной оптимизации;
- классические постановки задач дискретной оптимизации;
- основные методы решения задач дискретной оптимизации.

уметь:

- выполнять построение и анализ математических моделей управляемых динамических систем;
- оценивать эффективность методов моделирования, анализа и синтеза управляемых динамических систем и генерировать новые идеи при их разработке;
- использовать современные технологии параллельного программирования при программной реализации математических моделей;
- использовать базовые свойства математических моделей управляемых динамических систем для оптимизации алгоритмов их компьютерного моделирования;
- использовать ресурсы параллелизма математических моделей при разработке параллельных алгоритмов моделирования, анализа и синтеза управляемых динамических систем;
- формализовать прикладные задачи как задачи дискретной оптимизации;
- применять изученные алгоритмы для решения конкретных задач.

владеть:

- методологией построения и анализа математических моделей управляемых динамических систем;
- навыками разработки новых параллельных алгоритмов моделирования, анализа и синтеза управляемых динамических систем и навыками их реализации на основе современных технологий параллельного программирования;
- навыками использования базовых свойств математических моделей при оптимизации алгоритмов компьютерного моделирования;
- навыками программной реализации методов дискретной оптимизации;
- навыками применения полученных знаний при проведении научных исследований в профессиональной деятельности.

4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 14 зачетных единиц, 504 часа

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу аспирантов и трудоемкость (в часах)			Формы текущего контроля успеваемости (по темам) Формы промежуточной аттестации (по семестрам)
			лекции	практические	СР	
3 семестр						
I	Ресурсы параллелизма математических моделей и методы реализации параллельных алгоритмов и программ					
1.1	Основные принципы математического моделирования	3	4	4	12	Индивидуальное творческое задание
1.2	Классические технологии программирования для параллельных вычислительных систем. Технология OpenMP.	3	4	4	12	Индивидуальное творческое задание
1.3	Классические технологии параллельного программирования для кластерных систем. Технология MPI.	3	4	4	12	Индивидуальное творческое задание
1.4	Оптимизация алгоритмов численного анализа при реализации конечно-элементного моделирования на кластерных системах	3	4	4	12	Индивидуальное творческое задание
II	Параллельные алгоритмы моделирования, анализа и синтеза управляемых комбинированных динамических систем (КДС)					
2.1	Математические модели управляемых КДС	3	8	8	24	Доклад по рефератам
2.2	Параллельные алгоритмы в теории КДС и задача динамической балансировки вычислительной нагрузки	3	4	4	12	Доклад по рефератам
2.3	Динамическая	3	4	4	12	Доклад по рефератам

	балансировка вычислительной нагрузки при реализации адаптивных алгоритмов численного анализа на кластерных системах					
2.4	Использование специализированного аппаратного обеспечения на кластерных системах	3	4	4	12	Доклад по рефератам
Итого за 3 семестр: 180 часа/ов		3	36	36	108	Зачет
4 семестр						
III	Эксперимент как предмет исследования	4				
3.1	Понятие эксперимента. Классификация видов экспериментальных исследований.	4	2	2	8	Индивидуальное творческое задание
3.2	Случайные величины и параметры их распределений. Нормальный закон распределения.	4	2	2	8	Индивидуальное творческое задание
IV	Предварительная обработка экспериментальных данных	4				
4.1	Вычисление параметров эмпирических распределений. Точечное оценивание. Оценивание с помощью доверительного интервала.	4	2	2	8	Индивидуальное творческое задание
4.2	Статистические гипотезы. Статистические критерии. Отсев грубых погрешностей. Проверка гипотез о виде функции распределения. Преобразование распределений к нормальному.	4	4	4	8	Индивидуальное творческое задание
V	Анализ результатов пассивного эксперимента. Эмпириче-	4				

	ские зависимо-сти					
5.1	Характеристика видов связей между рядами данных. Регрессионный анализ. Проверка адекватности модели. Проверка значимости коэффициентов уравнения регрессии	4	4	4	8	Индивидуальное творческое задание
5.2	Оценка погрешностей результатов наблюдений. Обратная задача теории экспериментальных погрешностей. Определение оптимальных условий эксперимента	4	4	4	8	Индивидуальное творческое задание
VI	Методы планирования экспериментов	4				
6.1	Планируемый эксперимент. Выбор основных факторов и их уровней. Определение коэффициентов уравнения регрессии. Статистический анализ результатов эксперимента.	4	4	4	8	Доклад по рефератам
6.2	Оптимальное планирование. Свойства планов: нормированность, симметричность, ортогональность, ротатабельность. D-оптимальность, униформность.	4	4	4	8	Доклад по рефератам
6.3	Планирование экспериментов при поиске оптимальных условий. Метод по координатной оптимизации, крутого восхождения, симплексный метод планирования.	4	4	4	8	Доклад по рефератам
VII	Компьютерные методы прове-	4				

	деня статисти- стической обра- ботки результа- тов экспери- мента					
7.1	Использование Microsoft Excel для решения задач планирования эксперимента. Статистические функции Microsoft Excel.	4	4	4	8	Доклад по рефератам
Итого за 4 семестр 144 часа		4	32	32	80	Зачет
5 семестр						
VIII	Задачи и алгоритмы дискретной оптимизации					
8.1	Постановка и особенности задач дискретной оптимизации. Классы задач	5	4	4	12	Индивидуальное творческое задание
8.2	Линеаризация задач дискретной оптимизации	5	6	8	20	Индивидуальное творческое задание
8.3	Матроидная оптимизация и «жадные» алгоритмы	5	7	6	20	Индивидуальное творческое задание
8.4	Комбинаторный перебор. Универсальные стратегии избыточного перебора дискретных объектов. Некоторые методы перебора подмножеств, перестановок, сочетаний, и разбиений	5	7	6	16	Индивидуальное творческое задание
8.5	Приближенные методы дискретной оптимизации	5	4	4	16	Индивидуальное творческое задание
8.6	Эвристические алгоритмы	5	4	4	14	Доклад по рефератам
8.7	Задачи дискретной оптимизации большой размерности	5	4	4	10	Индивидуальное творческое задание
Итого за 5 семестр: 180 часа/ов			36	36	108	
Итого: 504 часа/ов			104	104	296	

Содержание дисциплины

Раздел I. Ресурсы параллелизма математических моделей и методы реализации параллельных алгоритмов и программ

Тема № 1.1. Основные принципы математического моделирования

Универсальность математических моделей. Методы построения математических моделей на основе фундаментальных законов природы. Вариационные принципы построения математических моделей. Определение динамической системы. Объекты управления с сосредоточенными по пространству параметрами как пример динамической системы и их математические модели в форме задачи Коши для систем обыкновенных дифференциальных уравнений и в форме входно-выходных моделей теории управления. Входные и выходные вектор-функции. Объекты управления с распределенными по пространству параметрами и их математические модели в форме начально-краевых задач для уравнений в частных производных и в форме входно-выходных моделей теории управления. Примеры математических моделей объектов управления с распределенными по пространству параметрами (динамика упруго деформируемых сред, гидродинамика, теория теплопроводности, электродинамика и т.д. в выбранной предметной области). Комбинированные динамические системы (КДС) с сосредоточенными входными и выходными вектор-функциями в форме связанных посредством граничных условий и условий связи обыкновенных дифференциальных уравнений и уравнений в частных производных.

Тема № 1.2. Классические технологии программирования для параллельных вычислительных систем. Технология OpenMP

Многопоточность современных операционных систем как основа для разработки параллельных программ для симметричных мультипроцессорных систем с общей памятью. Стандарт OpenMP и директивы компилятора C/C++. Переменные окружения. Модель параллельной программы OpenMP и ее выполнение. Параллельные и последовательные области: директива parallel, переменные среды и вспомогательные функции. Директива single, директива master. Модель данных OpenMP. Распределение работы между потоками. Низкоуровневое распараллеливание. Параллельные циклы. Параллельные секции. Неитеративный параллелизм и директива sections. Распараллеливание в стиле «портфель задач» и директива tasks. Синхронизация. Барьеры. Директива ordered. Критические секции. Директива atomic. Блокировки. Директива flush. Дополнительные переменные среды и функции OpenMP. Библиотеки высокопроизводительных вычислений, существенно использующие многопоточность.

Тема № 1.3. Классические технологии параллельного программирования для кластерных систем. Технология MPI

MPMD-модель вычислений и параллельное программирование на основе передачи сообщений. Способы запуска приложений MPI (реализации MPICH2 и OpenMPI). Парные межпроцессные обмены. Операции блокирующей передачи и блокирующего приема: блокирующая передача, данные в сообщении, атрибуты сообщения, блокирующий прием, возвращаемая статусная информация. Соответствие типов данных и преобразование данных: правила соответствия типов данных, преобразование данных. Коммуникационные режимы. Семантика парного обмена между процессами. Распределение и использование буферов. Неблокирующий обмен: коммуникационные объекты, инициация и завершение обмена, семантика неблокирующих коммуникаций, множественные завершения. Проба и отмена сообщений. Совмещенный прием и передача сообщений. Производные типы данных: конструкторы типа данных, адресные функции и функции экстенгов, маркеры верхней и нижней границ, объявление и удаление объектов типа данных, использование универсальных типов данных. Коллективные взаимодействия процессов: барьерная синхронизация, широковещательный обмен, сбор данных, рассылка, сбор для всех процессов, общие по всем процессам рассылка и сбор данных. Глобальные операции редукации: функция Reduce, предопределенные операции редукации (вычисление сумм, произведений,

логические операции и т.д.), нахождение глобального минимума/максимума и его индекса, функции All-Reduce, Reduce-Scatter, Scan. Группы процессов и коммутаторы, базовые концепции. Управление группой: средства доступа в группу, конструкторы и деструкторы групп. Управление коммутаторами: доступ к коммутаторам, конструкторы и деструкторы коммутаторов. Виртуальная топология и топологические конструкторы. Конструктор декартовой топологии и распределение процессоров по размерностям декартовой топологии. Конструктор топологии в форме графа. Топологические функции запроса. Сдвиг в декартовых координатах. Декомпозиция декартовых структур. Библиотеки поддержки высокопроизводительных вычислений, существенно использующие технологию MPI

Тема № 1.4. Оптимизация алгоритмов численного анализа при реализации конечно-элементного моделирования на кластерных системах.

Ключевые компоненты программных комплексов конечно-элементного моделирования: препроцессор, конечно-элементный решатель (Solver), постпроцессор. Метод конечных элементов (МКЭ) как вариант проекционного метода Галеркина для пространственных областей сложной формы. Типовые базисные функции МКЭ. Независимость вычисления скалярных произведений как основа для распараллеливания проекционного метода Галеркина. Генерация конечно-элементных сеток. Параллельность в МКЭ: разделение сеток на подмножества с примерно равным числом узлов. Примеры применения МКЭ к типовым моделям математической физики. Симметрия, разреженность и положительная определенность матрицы инерции. Факторизация разреженных матриц как одна из наиболее трудоемких операций конечно-элементного моделирования. Распараллеливание факторизации конечно-элементных матриц как дополнительный ресурс параллелизма МКЭ. Фронтальные методы факторизации разреженных матриц и их распараллеливание. Использование свойств фактор-графов и фактор-деревьев при реализации мультифронтальных методов факторизации разреженных матриц. Теорема о возможности параллельной обработки ветвей фактор-дерева и дополнительные ресурсы параллелизма мультифронтальных методов факторизации разреженных матриц. Метод вложенных сечений и распараллеливание факторизации разреженных матриц. Задача об исследовании спектра собственных значений для векторных уравнений Гельмгольца в пространственной области сложной формы и ее сведение к частичной задаче на собственные значения для разреженных матриц. Возможность «двухслойного» распараллеливания (OpenMP-MPI и т.д.) при конечно-элементном моделировании.

Раздел II. Параллельные алгоритмы моделирования, анализа и синтеза управляемых комбинированных динамических систем (КДС)

Тема № 2.1. Математические модели управляемых КДС

Комбинированные динамические системы (КДС) с точки зрения входно-выходных моделей теории управления. Оператор динамической системы и определение стационарной системы с точки зрения теории управления. Устойчивость по отношению к возмущениям входной вектор-функции. Линеаризация в малой окрестности состояния равновесия. Передаточные функции линейных и линеаризованных КДС, характеристический и возмущающие квазимногочлены КДС, и алгоритм их вычисления посредством решения вспомогательных линейных краевых задач. Теорема об устойчивом квазимногочлене и ее следствия. Свойство инерции, предельная теорема и понятие физически возможных КДС. Теоремы об асимптотически устойчивых, неустойчивых и устойчивых, но не асимптотически, КДС. Алгоритм быстрой проверки устойчивости КДС посредством анализа частотного годографа характеристического квазимногочлена. Теорема о возможных границах области устойчивости управляемых КДС в пространстве параметров обратных связей (аналог метода Дразбиений). Параметрический синтез управляемых КДС. Параметрический синтез семейства линеаризованных моделей КДС. Численное моделирование переходных процессов в нелинейных КДС. Дискретизация уравнений движения объектов с распределенными по пространству параметрами по независимым пространственным пе-

ременным на основе проекционного метода Галеркина. Адаптивные «жестко устойчивые» методы численного интегрирования обыкновенных дифференциальных уравнений переменного шага и порядка. Вычисление матрицы Якоби на основе дискретизации при помощи метода Галеркина линейных уравнений возмущенного движения КДС. Нелинейные КДС специального типа. Метод гармонического баланса в высших приближениях. Применение методов теории КДС к исследованию устойчивости периодических движений нелинейных КДС специального типа. Свойства определителя Хилла.

Тема № 2.2. Параллельные алгоритмы в теории КДС и задача динамической балансировки вычислительной нагрузки.

Параллельный алгоритм параметрического синтеза линейной стационарной управляемой КДС. Параллельный алгоритм параметрического синтеза семейства линеаризованных моделей КДС. Независимость вычисления скалярных произведений как основа для распараллеливания проекционного метода Галеркина. Независимость вычисления столбцов матрицы Якоби и дополнительные ресурсы параллелизма при моделировании переходных процессов в нелинейных КДС. Параллельный алгоритм моделирования влияния типовых нелинейностей на выходные вектор-функции нелинейных КДС. Необходимость динамической балансировки вычислительной нагрузки при реализации адаптивных алгоритмов численного анализа на параллельных вычислительных системах. Схема «менеджер-исполнители».

Тема № 2.3. Динамическая балансировка вычислительной нагрузки при реализации адаптивных алгоритмов численного анализа на кластерных системах.

Современный стандарт MPI и проблема динамической балансировки вычислительной нагрузки. Паттерн MAP-REDUCE параллельной обработки данных. Паттерн MPI-MAP и возможность его реализации на основе функций парного обмена MPI. Требования к математической модели для успешности применения MPI-MAP. MPI-MAP и динамическая балансировка вычислительной нагрузки при параллельной реализации параметрического синтеза на кластерных системах. Применение MPI-MAP для распараллеливания алгоритма параметрического синтеза семейства линеаризованных моделей КДС. MPI-MAP и динамическая балансировка вычислительной нагрузки при параллельной реализации численного моделирования влияния типовых нелинейностей на выходные вектор-функции управляемой КДС.

Тема № 2.4. Использование специализированного аппаратного обеспечения на кластерных системах

Гетерогенные вычислительные системы и устройства-ускорители вычислений с массовым параллелизмом. Использование устройств-ускорителей вычислений в узлах кластерных систем. Двухслойное распараллеливание вычислений на кластерных системах с устройствами-ускорителями. Проблема сокращения энергозатрат при эксплуатации параллельных высокопроизводительных вычислительных систем и проект Green Computing and Communications. Архитектура Intel MIC и новые векторные команды для обработки данных. Энергоэкономные ускорители Intel Xeon Phi и возможности использования Intel MIC в кластерных системах. Поддержка Intel MIC на уровне программного обеспечения. Поддержка Intel MIC в компиляторах и библиотеках высокопроизводительных вычислений корпорации Intel. Реализации Intel технологий OpenMP и MPI для архитектуры Intel MIC.

Раздел III. Эксперимент как предмет исследования

Тема № 3.1. Понятие эксперимента. Классификация видов экспериментальных исследований.

Определение понятия эксперимент с философской точки зрения, в технике. Роль эксперимента в процессе познания мира. Объекты исследований. Вычислительный эксперимент. Планирование эксперимента с целью повышения его эффективности. Классификация экспериментальных исследований. Пассивный и активный эксперимент. Терминология научной дисциплины «Организация и планирование эксперимента».

Тема № 3.2. Случайные величины и параметры их распределений. Нормальный закон распределения.

Понятие случайной величины. Основные понятия и определения теории вероятностей и математической статистики, используемые для описания и оценки случайных величин. Нормальный закон распределения и его роль в экспериментальных исследованиях. Центральная предельная теорема математической статистики.

Раздел IV. Предварительная обработка экспериментальных данных

Тема № 4.1. Вычисление параметров эмпирических распределений. Точечное оценивание. Оценивание с помощью доверительного интервала.

Предварительная обработка результатов измерений с целью повышения эффективности применения статистических методов обработки. Определение параметров эмпирических распределений. Точечное оценивание случайной величины. Выборочное среднее арифметическое. Выборочная дисперсия. Выборочный коэффициент вариации. Определение параметров закона распределения случайной величины по точечным оценкам. Интервальное оценивание случайной величины. Доверительный интервал. Построение доверительного интервала для математического ожидания. Понятие о степени свободы. Использование распределение Стьюдента для оценки доверительного интервала математического ожидания по малым выборкам. Определение необходимого количества опытов при построении интервальной оценки для математического ожидания. Построение доверительного интервала для дисперсии. Использование распределение Пирсона (χ^2 -распределение) для оценки доверительного интервала для дисперсии.

Тема № 4.2. Статистические гипотезы. Статистические критерии. Отсев грубых погрешностей. Проверка гипотез о виде функции распределения. Преобразование распределений к нормальному.

Понятие о статистической гипотезе. Классификация статистических гипотез. Проверка статистических гипотез с помощью статистических критериев. Критерий согласия. Уровень значимости. Критическая область. Отсев грубых погрешностей с помощью критериев Смирнова и Диксона. Сравнение двух рядов наблюдений путём сравнения их дисперсий. Распределение и критерий Фишера. Проверка однородности нескольких дисперсий. Критерий Кохрена. Проверка гипотез о числовых значениях математических ожиданий. Проверка гипотезы нормального распределения экспериментальных данных с помощью критериев Пирсона и Колмогорова-Смирнова. Приведение закона распределения экспериментальных данных к нормальному.

Раздел V. Анализ результатов пассивного эксперимента. Эмпирические зависимости

Тема № 5.1. Характеристика видов связей между рядами данных. Регрессионный анализ. Проверка адекватности модели. Проверка значимости коэффициентов уравнения регрессии.

Определение вида связи между независимыми параметрами (факторами) и зависимыми (откликами). Поверхность отклика. Однофакторный и многофакторный эксперименты. Функциональная и стохастическая связи (зависимости). Корреляционный анализ. Установление аналитической зависимости между откликом и факторами с помощью регрессионного анализа. Интерполирование. Метод наименьших квадратов. Проверка адекватности регрессионной модели с помощью критерия Фишера. Оценка значимости коэффициентов уравнения регрессии с помощью доверительных интервалов, построенных с использованием критерия Стьюдента. Линейная множественная регрессия. Нелинейная регрессия.

Тема № 5.2. Оценка погрешностей результатов наблюдений. Обратная задача теории экспериментальных погрешностей. Определение оптимальных условий эксперимента.

Оценка погрешностей определения величин функций, полученных в результате косвенных измерений или вычислительного эксперимента. Случайные и систематические погрешности. Использование принципа равных влияний при определении погрешностей

величин аргументов, если известны погрешности функций и вид функциональной зависимости. Определение условий эксперимента для которых погрешность результата эксперимента при фиксированном значении доверительной вероятности имеет наименьшее значение.

Раздел VI. Методы планирования экспериментов

Тема № 6.1. Планируемый эксперимент. Выбор основных факторов и их уровней. Определение коэффициентов уравнения регрессии с учётом влияния факторов на отклик. Статистический анализ результатов эксперимента.

Основные определения и понятия теории планирования эксперимента. Преимущества планируемого эксперимента. Требования к факторам планируемого эксперимента: контролируемость, управляемость, независимость. Интервал варьирования факторов. Минимальное число уровней факторов. Планы первого и второго порядков. Шаговый регрессионный метод определения коэффициентов уравнения регрессии. Оценка достоверности полученной зависимости и её точности при планируемом эксперименте.

Тема № 6.2. Оптимальное планирование. Свойства планов: нормированность, симметричность, ортогональность, ротатабельность, D-оптимальность, униформность.

Оптимальные планы экспериментов и их свойства. Нормировка и симметрирование планов. Ортогональность, ротатабельность, D-оптимальность, униформность. Методы построения оптимальных планов. Композиционные планы высоких порядков.

Тема № 6.3. Планирование экспериментов при поиске оптимальных условий. Метод покоординатной оптимизации, крутого восхождения, симплексный метод планирования.

Экстремальный эксперимент – поиск значений факторов, обеспечивающих экстремальный отклик. Формулировка задачи оптимизации. Поисковые методы оптимизации: покоординатной оптимизации, крутого восхождения, симплексный метод. Адаптация методов оптимизации для выполнения на параллельных и распределённых вычислительных системах.

Раздел VII. Компьютерные методы проведения и статистической обработки результатов планируемого эксперимента

Тема № 7.1. Использование Microsoft Excel для решения задач планирования эксперимента. Статистические функции Microsoft Excel.

Использования пакетов прикладных программ, программных сред, многопроцессорных компьютерных систем для проведения планируемого вычислительного эксперимента и статистической обработки данных, полученных в ходе эксперимента. Применение табличного процессора Excel пакета Microsoft Office для решения задач планирования эксперимента. Пакет анализа статистических данных Excel.

Раздел VIII. Задачи и алгоритмы дискретной оптимизации

Тема № 8.1. Постановка и особенности задач дискретной оптимизации. Классы задач

Постановка и особенности задач дискретной оптимизации. Классы задач дискретной оптимизации: дискретное программирование; целочисленное линейное программирование; задачи об упаковке и покрытии; комбинаторная оптимизация; дискретная геометрия; задачи на сетях; траекторные задачи; задачи стандартизации. Трудности решения задач дискретной оптимизации.

Тема № 8.2. Линеаризация задач дискретной оптимизации

Постановка задачи линейного программирования. Особенность задач целочисленного программирования. Линеаризация задач дискретной оптимизации. Оптимизация минимумов, сумм и произведений. Симплекс-метод решения задач линейного программирования. Вполне унимодулярные матрицы. Отсечение Гомори. Метод ветвей и границ.

Тема № 8.3. Матроидная оптимизация и «жадные» алгоритмы

Матроидная оптимизация и «жадные» алгоритмы. Теорема Радо–Эдмондса.

Задачи оптимизации, эффективно решаемые жадными алгоритмами. Лемма об изолировании: вероятность единственности решения задачи оптимизации при случайном выборе весов.

Тема № 8.4. Комбинаторный перебор. Универсальные стратегии неизбыточного перебора дискретных объектов. Некоторые методы перебора подмножеств, перестановок, сочетаний, и разбиений

Задача исчерпывающего перебора дискретных неизоморфных объектов. Алгоритмы упорядоченного перебора. Разбор на примере перебора графов и деревьев. Задачи исчерпывающего перебора сложных дискретных объектов. Метод обращения локального поиска.

Тема № 8.5. Приближенные методы дискретной оптимизации

Постановка задач о нахождении приближенного решения задачи дискретной оптимизации. ϵ -оптимальный алгоритм ветвей и границ для задачи о ранце. Комбинированные алгоритмы типа ветвей и границ и их применение для решения некоторых задач. Использование локальной оптимизации в приближенных алгоритмах дискретного программирования.

Тема № 8.6. Эвристические алгоритмы

Эвристические алгоритмы: генетические алгоритмы; муравьиный алгоритм; метод роя частиц; пчелиный алгоритм.

Тема № 8.7. Задачи дискретной оптимизации большой размерности

Постановка и исследование задач дискретной оптимизации большой размерности, параметризация. Некоторые вопросы параллельной реализации комбинаторных алгоритмов для задач дискретной оптимизации.

5. Образовательные технологии, применяемые при освоении дисциплины

В учебном процессе при реализации компетентностного подхода используются такие активные и интерактивные формы проведения занятий как модельный метод обучения, разбор конкретных ситуаций, мозговой штурм, дебаты. Широко используются мультимедийные презентации при представлении лекционного материала.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы аспирантов.

6.1. Виды самостоятельной работы

Раздел/Тема дисциплины	Вид самостоятельной работы	Литература
1.1	Аннотирование научных публикаций	Осн. лит. 1 Доп. лит. 1
	Работа со справочной литературой	Осн. лит. 1 Доп. лит. 1
	Участие в НИД аспирантов	Осн. лит. 1 Доп. лит. 1
1.2.	Аннотирование научных публикаций	Осн. лит. 2 Доп. лит. 4, 5, 6, 7, 10
	Работа со справочной литературой	Осн. лит. 2 Доп. лит. 4, 5, 6, 7, 10

	Участие в НИД аспирантов	Осн. лит. 2 Доп. лит. 4, 5, 6, 7, 10
1.3	Аннотирование научных публикаций	Осн. лит. 2 Доп. лит. 2, 4, 8, 11
	Работа со справочной литературой	Осн. лит. 2 Доп. лит. 2, 4, 8, 11
	Участие в НИД аспирантов	Осн. лит. 2 Доп. лит. 2, 4, 8, 11
1.4	Аннотирование научных публикаций	Осн. лит. 2 Доп. лит. 12, 13
	Работа со справочной литературой	Осн. лит. 2 Доп. лит. 12, 13
	Участие в НИД аспирантов	Осн. лит. 2 Доп. лит. 12, 13
2.1	Аннотирование научных публикаций	Осн. лит. 1 Доп. лит. 14, 15, 16, 17
	Работа со справочной литературой	Осн. лит. 1 Доп. лит. 14, 15, 16, 17
	Участие в НИД аспирантов	Осн. лит. 1 Доп. лит. 14, 15, 16, 17
2.2	Аннотирование научных публикаций	Осн. лит. 2 Доп. лит. 17
	Работа со справочной литературой	Осн. лит. 2 Доп. лит. 17
	Участие в НИД аспирантов	Осн. лит. 2 Доп. лит. 17
2.3	Аннотирование научных публикаций	Осн. лит. 2 Доп. лит. 17
	Работа со справочной литературой	Осн. лит. 2 Доп. лит. 17
	Участие в НИД аспирантов	Осн. лит. 2 Доп. лит. 17
2.4	Аннотирование научных публикаций	Осн. лит. 2 Доп. лит. 18, 19
	Работа со справочной литературой	Осн. лит. 2 Доп. лит. 18, 19
	Участие в НИД аспирантов	Осн. лит. 2 Доп. лит. 18, 19
3.1	Аннотирование научных публикаций	Осн. лит. 3 Доп. лит. 22, 23
	Работа со справочной литературой	Осн. лит. 3 Доп. лит. 22, 23
	Участие в НИД аспирантов	Осн. лит. 3 Доп. лит. 22, 23
3.2.	Аннотирование научных публикаций	Осн. лит. 3, 4

		Доп. лит. 22, 23, 24, 25, 26
	Работа со справочной литературой	Осн. лит. 3, 4 Доп. лит. 22, 23, 24, 25, 26
	Участие в НИД аспирантов	Осн. лит. 3, 4 Доп. лит. 22, 23, 24, 25, 26
4.1	Аннотирование научных публикаций	Осн. лит. 3, 4 Доп. лит. 22, 23, 24, 25, 26
	Работа со справочной литературой	Осн. лит. 3, 4 Доп. лит. 22, 23, 24, 25, 26
	Участие в НИД аспирантов	Осн. лит. 3, 4 Доп. лит. 22, 23, 24, 25, 26
4.2	Аннотирование научных публикаций	Осн. лит. 3, 4 Доп. лит. 22, 23, 24, 25, 26
	Работа со справочной литературой	Осн. лит. 3, 4 Доп. лит. 22, 23, 24, 25, 26
	Участие в НИД аспирантов	Осн. лит. 3, 4 Доп. лит. 22, 23, 24, 25, 26
5.1	Аннотирование научных публикаций	Осн. лит. 3, 4 Доп. лит. 22, 23, 24, 25, 26
	Работа со справочной литературой	Осн. лит. 3, 4 Доп. лит. 22, 23, 24, 25, 26
	Участие в НИД аспирантов	Осн. лит. 3, 4 Доп. лит. 22, 23, 24, 25, 26
5.2	Аннотирование научных публикаций	Осн. лит. 3, 4 Доп. лит. 22, 23, 24, 25, 26
	Работа со справочной литературой	Осн. лит. 3, 4 Доп. лит. 22, 23, 24, 25, 26
	Участие в НИД аспирантов	Осн. лит. 3, 4 Доп. лит. 22, 23, 24, 25, 26
6.1	Аннотирование научных публикаций	Осн. лит. 3 Доп. лит. 22, 23, 24, 25, 26
	Работа со справочной литературой	Осн. лит. 3 Доп. лит. 22, 23, 24, 25, 26
	Участие в НИД аспирантов	Осн. лит. 3 Доп. лит. 22,

		23, 24, 25, 26
6.2	Аннотирование научных публикаций	Осн. лит. 3 Доп. лит. 22, 26, 29, 30, 31
	Работа со справочной литературой	Осн. лит. 3 Доп. лит. 22, 26, 29, 30, 31
	Участие в НИД аспирантов	Осн. лит. 3 Доп. лит. 22, 26, 29, 30, 31
6.3	Аннотирование научных публикаций	Осн. лит. 3 Доп. лит. 22, 26, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37
	Работа со справочной литературой	Осн. лит. 3 Доп. лит. 22, 26, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37
	Участие в НИД аспирантов	Осн. лит. 3 Доп. лит. 22, 26, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37
7.1	Аннотирование научных публикаций	Осн. лит. 1, 2 Доп. лит. 1, 5
	Работа со справочной литературой	Осн. лит. 1, 2 Доп. лит. 1, 5
	Участие в НИД аспирантов	Осн. лит. 1, 2 Доп. лит. 1, 5
8.1	Работа со справочной литературой	Осн. лит. 3 Доп. лит. 1
	Участие в НИД аспирантов	Осн. лит. 3 Доп. лит. 20,21
8.2., 8.3., 8.4., 8.5., 8.6., 8.7.	Аннотирование научных публикаций	Осн. лит. 3 Доп. лит. 20,21
	Работа со справочной литературой	Осн. лит. 3 Доп. лит. 20,21
	Участие в НИД аспирантов	Осн. лит. 3 Доп. лит. 20,21

6.2. Вопросы для углубленного самостоятельного изучения

1. Существование и единственность решения задач математической физики (в выбранной предметной области).
2. Методы асимптотического интегрирования модельных краевых задач (в выбранной предметной области).
3. Особенности разработки многопоточных приложений для несимметричных мультипроцессорных систем с общей памятью.
4. Реализация концепций и парадигм параллельного программирования в библиотеках Microsoft Concurrency Runtime.
5. Методы и программные средства для генерации конечно-элементных сеток.
6. Обоснование сходимости проекционного метода Галеркина.

7. Конечно-элементные аппроксимации повышенного порядка точности (для решения задач в выбранной предметной области).
8. Обобщение теоремы об устойчивом квазимногочлене на комбинированные динамические системы с комплекснозначными входными и выходными вектор-функциями.
9. Сравнение эффективности использования ускорителей Intel Xeon Phi и Nvidia Tesla при решении задач компьютерного моделирования.
10. Двойственность в линейном программировании: решение двойственной задачи как сертификат оптимальности решения прямой задачи.
11. Подход Рида: упорядоченное перечисление. Метод обращения локального поиска Ависа—Фукуды.
12. Реоптимизация.
13. Роль численного эксперимента в современных научных исследованиях и особенности его проведения на параллельных и распределённых вычислительных системах (в выбранной предметной области).
14. Использование программных и аппаратных средств для предварительной обработка результатов измерений физических и численных экспериментов с целью устранения случайных и систематических погрешностей (в выбранной предметной области).
15. Особенности применение корреляционного, дисперсионного и регрессионного анализа для определения вида связи между зависимой переменной и независимыми факторами при проведении пассивного эксперимента (в выбранной предметной области).
16. Методы построения оптимальных композиционных планов высоких порядков для проведения физического и вычислительного экспериментов.
17. Применение специализированных пакетов прикладных программ для проведения планируемого вычислительного эксперимента и статистической обработки данных, полученных в ходе эксперимента (в выбранной предметной области).

6.3. Порядок выполнения самостоятельной работы

Самостоятельная подготовка к занятиям осуществляется регулярно по каждой теме дисциплины и определяется календарным графиком изучения дисциплины. В ходе освоения курса предполагается написание не менее трех докладов, а также выполнение индивидуальных творческих заданий по тематическим разделам курса.

7. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

7.1. Формы текущего контроля работы аспирантов

Индивидуальное творческое задание, доклад.

7.2. Порядок осуществления текущего контроля

Текущий контроль выполнения заданий осуществляется регулярно, начиная со второй недели семестра. Контроль и оценивание выполнения индивидуального творческого задания осуществляется на восьмой неделе семестра. Контроль и оценивание выполнения доклада осуществляется на восемнадцатой неделе семестра. Текущий контроль освоения отдельных разделов дисциплины осуществляется при помощи индивидуальных творческих заданий либо при помощи доклада в завершении изучения каждого раздела. Система текущего контроля успеваемости служит в дальнейшем наиболее качественному и объективному оцениванию в ходе промежуточной аттестации.

7.3. Промежуточная аттестация по дисциплине

Промежуточная аттестация проводится в форме зачета в 3-м и 4-м семестре, оценка знаний, полученных в 5-м семестре, осуществляется в ходе кандидатского экзамена.

7.4. Фонд оценочных средств

Содержание фонда оценочных средств см. Приложение №1.

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Андрейченко Д.К., Андрейченко К.П. Математическое моделирование комбинированных динамических систем. Учебное пособие. – Саратов: Саратовский госуниверситет им. Н.Г. Чернышевского. – 2011. – http://library.sgu.ru/uch_lit/164.pdf
2. Андрейченко Д.К., Велиев В.М., Ерофтиев А.А., Портенко М.С. Теоретические основы параллельного программирования. Учебное пособие. – Саратов: Саратовский госуниверситет им. Н.Г. Чернышевского. – 2015. – http://library.sgu.ru/uch_lit/1255.pdf

б) дополнительная литература:

1. Андреева Е. А., Цирулёва В. М. Дискретная оптимизация. М-во образования и науки Рос. Федерации, Гос. образоват. учреждение высш. проф. образования «Тверской государственный университет». - Тверь : Твер. гос. ун-т, 2004.
2. Кибзун А.И., Горяинова Е.Р., Наумов А.В., Сиротин А.Н. Теория вероятностей и математическая статистика. Базовый курс с примерами и задачами / Учебное пособие. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002, – 224 с.
3. Самарский А. А., Михайлов А. П. Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры. – М. : Наука: Физ.-мат. лит, 2005.
4. Гергель В. П. Теория и практика параллельных вычислений – М. : Интернет-Ун-т Информ. Технологий : БИНОМ. Лаб. знаний, 2007, 2010.
5. Н. С. Бахвалов, Н. П. Жидков, Г. М. Кобельков. Численные методы – М. : БИНОМ. Лаб. знаний, 2006, 2008, 2011.
6. Воеводин В. В., Воеводин В. В. Параллельные вычисления – СПб. : БХВ-Петербург, 2004.
7. Гергель В.П. Высокопроизводительные вычисления для многопроцессорных многоядерных систем. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 2010.
8. Линев А. В., Боголепов Д. К., Бастраков С. И. Технологии параллельного программирования для процессоров новых архитектур/ под ред. В. П. Гергеля. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 2010.
9. Корняков К. В. Инструменты параллельного программирования в системах с общей памятью– М.: Изд-во Моск. ун-та, 2010.
10. Эндрюс Г. Р. Основы многопоточного, параллельного и распределённого программирования /Под ред. А. Б. Ставровского. – М.; СПб.; Киев : Вильямс, 2003.
11. Ильин В.П. Методы и технологии конечных элементов – Новосибирск: Изд. ИВМиМГ СО РАН, 2007.
12. Андрейченко Д.К., Ирматов П.В., Ирматова М.С., Щербаков М.Г. О реализации конечно-элементного моделирования на кластерных системах СГУ// Изв. Сарат. ун-та. Нов. сер. 2010. Т. 10. Сер. Математика. Механика. Информатика. Вып. 3. С. 77-85.
13. Андрейченко Д.К., Андрейченко К.П. К теории комбинированных динамических систем// Изв. РАН. Теория и системы управления. 2000. № 3. С. 54-69.
14. Андрейченко Д.К., Андрейченко К.П. Динамический анализ и выбор параметров модели гироскопического интегратора линейных ускорений с плавающей платформой// Изв. РАН. Теория и системы управления. 2008. № 4. С. 76-89.

15. Андрейченко Д.К., Андрейченко К.П., Комарова М.С. Выбор параметров систем и динамический анализ газореактивных систем стабилизации с упругими стержнями// Изв. РАН. Теория и системы управления. 2012. № 4. С. 101-114.
16. Андрейченко Д.К., Андрейченко К. П., Кононов В. В. Параллельный алгоритм вычисления оптимальных параметров одноканальной системы угловой стабилизации//Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. 2013. Т. 13. Сер.Математика. Механика. Информатика, вып. 4, ч. 1. С. 109-117.
17. Хачатуров В. Р., Веселовский В. Е., Злотов А. В. Комбинаторные методы и алгоритмы решения задач дискретной оптимизации большой размерности. Москва : Наука, 2000.
18. Галкина В. А. Дискретная математика: комбинаторная оптимизация на графах. Москва : Гелиос АРВ, 2003.
19. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. – М.: Наука, 1976 – 279 с.
20. Хикс Ч. Основные принципы планирования эксперимента. Перевод с английского Голиковой Т.И., Коваленко Е.Г., Микешиной Н.Г. под ред. Налимова В.В. – М.: Мир, 1967 – 407 с.
21. Себер Дж. Линейный регрессионный анализ. Перевод с английского Носко В.П. под ред. Малютова М.Б. – М.: Мир, 1980 – 456 с.
22. Петрович М.Л. Регрессионный анализ и его математическое обеспечение на ЕС ЭВМ: Практическое руководство. – М.: Финансы и статистика, 1982 – 199 с.
23. Калиткин, Н.Н. Численные методы. – М: Наука, 1978. – 512 с.
24. Банди, Б. Методы оптимизации. – М.: Радио и связь, 1988. – 128 с.
25. Накрап И.А., Савин А.Н., Шараевский Ю.П. Моделирование широкополосных замедляющих систем типа цепочки связанных резонаторов с использованием планируемого эксперимента // Радиотехника и электроника. – М: Изд-во «Наука», 2006. – том 51. – №3. – С. 333-340.
26. Накрап И.А., Савин А.Н., Шараевский Ю.П. Нелинейная модель микрополосковой линии передачи с ферромагнитной пленкой при возбуждении магнитостатических волн // Радиотехника и электроника. – М: Изд-во «Наука», 2006. – том 51. – №4. – С. 497-503.
27. Савин А.Н., Доронин Д.М., Накрап И.А., Салий И.Н. Метод построения симплекс-суммируемого плана n-го порядка проведения эксперимента для моделирования характеристик замедляющих систем // Физика волновых процессов и радиотехнические системы. – Самара: Изд-во Самарского гос-о ун-та, 2010. – Том 13. N 2 – С. 68-75.
28. Савин А.Н., Тимофеева Н.Е. Применение алгоритма оптимизации методом имитации отжига на системах параллельных и распределённых вычислений // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия Математика. Механика. Информатика. – Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 2012. – Том 12. Вып. 1. – С 110-116.
29. Савин А.Н. Параллельный вариант алгоритма условной оптимизации комплексным методом Бокса // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия Математика. Механика. Информатика. – Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 2012. – Том 12. Вып. 3. – С 109-117.

в) Веб-сайты с электронными ресурсами по специальности:

1. MPI: A Message-Parsing Interface Standard 3.0. September 21, 2012. [Электронный ресурс]/ Message Passing Interface Forum. – Электрон. дан. – 2014 – Режим доступа: <http://www.mpi-forum.org/docs/mmpi-3.0/mmpi30-report.pdf>, свободный – Загл. с экрана.
2. User and Reference Guide for the Intel® C++ Compiler 15.0 [Электронный ресурс]/ Intel. . – Электрон. дан. – 2014 – Режим доступа: https://software.intel.com/en-us/compiler_15.0_ug_c, свободный – Загл. с экрана.
3. Using the Intel MPI Library on the Intel Xeon Phi Coprocessor Systems[Электронный ресурс]/ Intel. . – Электрон. дан. – 2014 – Режим доступа: <http://software.intel.com/en-us/articles/using-the-intel-mpi-library-on-intel-xeon-phi-coprocessor-systems>, свободный – Загл. с экрана.

4. Ведущие российские производители высокопроизводительных компьютеров. – 2012. – http://www.parallel.ru/computers/rus_vendors.html
5. Байбурин В.Б., Кутенков Р.П., Умнов Г.А. Методы планируемого эксперимента и их применение / Обзоры по электронной технике. Сер. 1, «Электроника СВЧ», 1975, Выпуск 5(302). – М.: ЦНИИ «Электроника», 1975 – 135 с.
6. Using the Intel MPI Library on the Intel Xeon Phi Coprocessor Systems[Электронный ресурс]/ Intel. . – Электрон. дан. – 2014 – Режим доступа: <http://software.intel.com/en-us/articles/using-the-intel-mpi-library-on-intel-xeon-phi-coprocessor-systems>, свободный – Загл. с экрана.

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Мультимедийная лекционная аудитория.

Компьютерный класс факультета компьютерных наук и информационных технологий (КНиИТ) с выходом на кластер высокопроизводительных вычислений КНиИТ и ПРЦНИТ СГУ, укомплектованный ускорителями Intel Xeon Phi и Nvidia Tesla.

10. Особенности освоения дисциплины для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

Для аспирантов с ограниченными возможностями здоровья предусмотрены следующие формы организации педагогического процесса и контроля знаний:

- для слабовидящих:

обеспечивается индивидуальное равномерное освещение не менее 300 люкс;

для выполнения контрольных заданий при необходимости предоставляется увеличивающее устройство;

задания для выполнения, а также инструкция о порядке выполнения контрольных заданий оформляются увеличенным шрифтом

(размер 16-20);

- для глухих и слабослышащих:

обеспечивается наличие звукоусиливающей аппаратуры коллективного пользования, при необходимости аспирантам предоставляется звукоусиливающая аппаратура индивидуального пользования;

- для лиц с тяжелыми нарушениями речи, глухих, слабослышащих все контрольные задания по желанию аспирантов могут проводиться в письменной форме.

Основной формой организации педагогического процесса является интегрированное обучение инвалидов, т.е. все аспиранты обучаются в смешанных группах, имеют возможность постоянно общаться со сверстниками, легче адаптируются в социуме.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО (уровень подготовки кадров высшей квалификации) по направлению «09.06.01. Информатика и вычислительная техника», направленность «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Авторы программы

Андрейченко Д.К., д.ф.-м.н., доцент,
зав. каф. МОВКИС

Савин А.Н., к.ф.-м.н., доцент,
доцент каф. ДМиИТ

Миронов С.В., к.ф.-м.н., доцент,
зав. каф. МКиКН

Актуализированная программа одобрена на совместном заседании кафедр МОВКИС, протокол № 1 от 31 августа 2016, ДМиИТ протокол № 1 от 29 августа 2016, МКиКН протокол № 1 от 30 августа 2016.

Подписи:

Зав. каф. МОВКИС _____  _____ Андрейченко Д.К.

Зав. каф. ДМиМК _____  _____ Тяпаев Л.Б.

Зав. каф. МКиКН _____  _____ Миронов С.В.

Декан факультета КНиИТ _____  _____ Федорова А.Г.

**Фонд оценочных средств текущего контроля
и промежуточной аттестации**

3 семестр

1.Задания для текущего контроля

Доклад.

Раздел II.

1. Сравнение технологий OpenMP и MPI при реализации параллельного алгоритма параметрического синтеза управляемых комбинированных динамических систем.
2. Сравнение технологий OpenMP и MPI при реализации параллельного алгоритма параметрического синтеза семейства линеаризованных моделей КДС.
3. Сравнение технологий OpenMP и MPI при реализации параллельного алгоритма моделирования влияния типовых нелинейностей на входные вектор-функции нелинейных КДС.
4. Двухслойное распараллеливание MPI-MAP – потоки Intel MIC при реализации параллельного алгоритма параметрического синтеза управляемых комбинированных динамических систем.
5. Двухслойное распараллеливание MPI-MAP – потоки Intel MIC при реализации параллельного алгоритма параметрического синтеза семейства линеаризованных моделей КДС.
6. Двухслойное распараллеливание MPI-MAP – потоки Intel MIC при реализации параллельного алгоритма моделирования влияния типовых нелинейностей на входные вектор-функции нелинейных КДС.

Раздел IV.

1. Сравнительный анализ генетического и муравьиного алгоритмов при решении задач дискретной оптимизации.
2. Сравнительный анализ пчелиного и генетического алгоритмов при решении задач дискретной оптимизации.
3. Генетический и муравьиный алгоритм. Гибридный подход.
4. Генетический и пчелиный алгоритм. Гибридный подход.

Требования к докладу.

Доклад должен содержать обоснование актуальности исследования с корректным критическим анализом существующих исследований. Необходимо представить найденные и апробированные эффективные варианты решения поставленных задач. Требуется грамотно представить теоретико-методологическое обоснование выполненной работы и четко сформулировать авторский замысел исследования. Доклад должен быть выполнен на высоком научном уровне.

Правила оформления.

Доклад оформляется как научная статья с ее мультимедийной презентацией автором.

Критерии оценки:

«зачтено»	Сформированы систематические представления о направлениях, проблемах и методах в области исследования. Успешное и систематическое применение навыков обучения и разработке новых методов исследования. Обоснована актуальность исследования с оценкой аналогичных ранее выполненных исследований. Представлены найденные и апробированные эффективные варианты решения поставленных задач с
-----------	---

	грамотным теоретико-методологическим обоснованием выполненной работы. Четко сформулирован авторский замысел исследования
«не зачтено»	Фрагментарные представления об основных направлениях, проблемах и методах в области исследования. Фрагментарное применение навыков самостоятельного обучения и разработки новых методов исследования. Отсутствует обоснование актуальности исследования. Отсутствуют найденные и апробированные эффективные варианты решения поставленных задач. Отсутствует грамотное теоретико-методологическое обоснование выполненной работы. Отсутствует четко сформулированный авторский замысел исследования.

Темы индивидуальных творческих заданий.

Индивидуальные творческие задания (проекты):

1. Построение и анализ математической модели объекта управления с сосредоточенными по пространству параметрами (в выбранной предметной области).
2. Построение и анализ математической модели объекта управления с распределенными по пространству параметрами (в выбранной предметной области).
3. Построение и анализ математической модели объекта управления в форме комбинированной динамической системы (в выбранной предметной области).
4. Исследование влияния прямых методов факторизации разреженных матриц на эффективность конечно-элементного моделирования
5. Сравнение различных алгоритмов факторизации разреженных матриц с точки зрения эффективности распараллеливания конечно-элементного моделирования.
6. Исследование эффективности распараллеливания вычислений при использовании конечных элементов повышенного порядка.
7. Формализация прикладных задач как задач дискретной оптимизации.
8. Алгоритмы динамического программирования.
9. Комбинированные алгоритмы типа ветвей и границ.
10. Использование локальной оптимизации в приближенных алгоритмах дискретного программирования.
11. Задачи о коммивояжере и ранце как примеры задач большой размерности, другие задачи большой размерности.

Методические рекомендации по оформлению творческих заданий (проектов):

Индивидуальные творческие задания оформляются в виде отчета с описанием решенных задач и полученных результатов.

Критерии оценки:

«зачтено»	Представлены найденные и апробированные эффективные варианты решения поставленных задач с грамотным теоретико-методологическим обоснованием выполненной работы.
«не зачтено»	Отсутствует решение поставленных задач

2. Задания для промежуточной аттестации

Контрольные вопросы к зачету

1. Вариационные принципы построения математических моделей.
2. Базовые свойства математических моделей в форме задачи Коши для систем обыкновенных дифференциальных уравнений для объектов управления с сосредоточенными по пространству параметрами.

3. Объекты управления с распределенными по пространству параметрами и их математические модели в форме начально-краевых задач для уравнений в частных производных.
4. Математические модели в форме комбинированных динамических систем.
5. Технология OpenMP: определение параллельных областей и директива parallel.
6. Директивы single и master для однократного выполнения кода в параллельной области OpenMP.
7. Параллельные циклы в OpenMP. Директива for.
8. Параллелизм на уровне задач в OpenMP. Директивы sections и section.
9. Параллелизм на уровне задач в OpenMP. Директивы task и taskwait.
10. Барьерная синхронизация в OpenMP.
11. Критические секции в OpenMP.
12. Блокировка изменения общих переменных в OpenMP.
13. Замки (как аналог семафоров) в OpenMP.
14. Технология параллельного программирования MPI: инициализация и завершение MPI-программы.
15. Определение количества процессов и номера (ранга) процесса MPI-программы.
16. Операция блокирующей передачи сообщения в MPI.
17. Операция блокирующего приема сообщения в MPI.
18. Коммуникационные режимы при отправке и приеме сообщений в MPI.
19. Семантика парного обмена информацией между процессами MPI.
20. Инициализация неблокирующей передачи сообщения в MPI.
21. Инициализация неблокирующего приема сообщения в MPI.
22. Завершение неблокирующих операций обмена в MPI.
23. «Проба» сообщений MPI без реального приема.
24. Понятие карты и сигнатуры производного типа данных MPI.
25. Структурный способ конструирования производного типа данных MPI.
26. Широковещательная рассылка сообщения в MPI.
27. Сбор данных из всех процессов группы в корневой процесс.
28. Глобальная операция редукции в MPI.
29. Задание пользовательской операции редукции в MPI.
30. Операции над множествами процессов в группах процессов MPI: объединение, пересечение, разность множеств.
31. Проекционный метод Галеркина для численного решения начально-краевых задач для уравнений математической физики.
32. Выбор базисных функций проекционного метода Галеркина.
33. Возможность для распараллеливания проекционного метода Галеркина.
34. Метод конечных элементов (МКЭ).
35. Типовые базисные функции МКЭ.
36. Основные компоненты современных программных комплексов конечно-элементного моделирования.
37. МКЭ в механике деформируемого твердого тела: симметрия, положительная определенность и разреженность матрицы инерции.
38. Теорема об отсутствии дополнительных ненулевых блоков при факторизации Холецкого симметричных положительно определенных матриц.
39. Теорема о параллельной обработке ветвей фактор-дерева при факторизации Холецкого симметричных положительно определенных матриц.
40. Матрица передаточных функций линейных и линеаризованных КДС.
41. Характеристический и возмущающие квазимногочлены (линейных и линеаризованных) КДС.
42. Определение обобщенной степени квазимногочлена.
43. Определение физически возможной квазирациональной дроби.
44. Теорема об устойчивом квазимногочлене.

45. Теорема об асимптотически устойчивых КДС.
46. Теорема о неустойчивых КДС.
47. Теорема об устойчивых, но не асимптотически, КДС.
48. Аналог метода D-разбиений. Параметрические уравнения возможных границ области устойчивости в пространстве параметров обратных связей.
49. Параметрический синтез линейной стационарной КДС с сосредоточенными входной и выходной вектор-функциями.
50. Параметрический синтез семейства линеаризованных моделей КДС.
51. Численное моделирование выходных вектор-функций и переходных процессов в нелинейных КДС на основе проекционного метода Галеркина.
52. «Жестко устойчивые» методы численного интегрирования систем обыкновенных дифференциальных уравнений.
53. Метод гармонического баланса в высших приближениях для исследования периодических процессов в КДС как вариант проекционного метода Галеркина.
54. Уравнения возмущенного движения КДС специального типа.
55. Аналоги характеристического квазимногочлена и определителя Хилла при исследовании устойчивости периодических процессов в нелинейных КДС специального типа.
56. Свойства аналога определителя Хилла для КДС специального типа.
57. Исследование устойчивости периодических решений КДС специального типа.
58. Параллельный алгоритм параметрического синтеза управляемых КДС.
59. Параллельный алгоритм параметрического синтеза семейства линеаризованных моделей КДС.
60. Параллельный алгоритм моделирования выходных вектор-функций в нелинейных КДС.
61. Параллельный алгоритм моделирования влияния типовых нелинейностей на выходные вектор-функции нелинейных КДС.
62. Современный стандарт MPI и проблема динамической балансировки вычислительной нагрузки.
63. Паттерн MAP-REDUCE параллельной обработки данных.
64. Паттерн MPI-MAP и возможность его реализации на основе функций парного обмена MPI
65. MPI-MAP и динамическая балансировка вычислительной нагрузки при параллельной реализации параметрического синтеза на кластерных системах.
66. Применение MPI-MAP для распараллеливания алгоритма параметрического синтеза семейства линеаризованных моделей КДС.
67. MPI-MAP и динамическая балансировка вычислительной нагрузки при параллельной реализации численного моделирования влияния типовых нелинейностей на выходные вектор-функции управляемой КДС
68. Архитектура Intel MIC (Intel Xeon Phi) и новые векторные команды для обработки данных.
69. Поддержка Intel MIC в компиляторах и библиотеках высокопроизводительных вычислений корпорации Intel.
70. Реализации Intel технологии OpenMP и MPI для архитектуры Intel MIC.
71. Реализации Intel технологии MPI для архитектуры Intel MIC.

Критерии оценки:

«зачтено»	Сформированные систематические представления о направлениях, проблемах и методах в области исследования. На все поставленные вопросы были даны правильные ответы. Показаны глубокие знания принципов математического моделирования. Сформированные навыки построения и анализа математических моделей, навыки проектирования методов компьютерного моделирования, навыков построения мо-
-----------	--

	делей реального физического процесса.
«не зачтено»	Фрагментарные представления об основных направлениях, проблемах и методах в области исследования. Отсутствуют правильные ответы на поставленные вопросы. Отсутствует требуемый уровень владения принципов математического моделирования и навыков построения математических моделей

4 семестр

1.Задания для текущего контроля

Доклад.

Раздел IV.

1. Реализации шагового регрессионного метода определения коэффициентов уравнения регрессии на параллельной вычислительной системе
2. Реализация метода построения ротатбельных планов высоких порядков проведения физических и численных экспериментов на гипершаре.
3. Реализация симплексного метода планирования на параллельной вычислительной системе при поиске оптимальных условий.

Раздел V.

1. Использование специализированных пакетов прикладных программ для проведения планируемого вычислительного эксперимента и статистической обработки данных на параллельных вычислительных системах.

Требования к докладу.

Доклад должен содержать обоснование актуальности исследования с корректным критическим анализом существующих исследований. Необходимо представить найденные и апробированные эффективные варианты решения поставленных задач. Требуется грамотно представить теоретико-методологическое обоснование выполненной работы и четко сформулировать авторский замысел исследования. Доклад должен быть выполнен на высоком научном уровне.

Правила оформления.

Доклад оформляется как научная статья с ее мультимедийной презентацией автором.

Критерии оценки:

«зачтено»	Обоснована актуальность исследования с оценкой аналогичных ранее выполненных исследований. Представлены найденные и апробированные эффективные варианты решения поставленных задач с грамотным теоретико-методологическим обоснованием выполненной работы. Четко сформулирован авторский замысел исследования
«не зачтено»	Отсутствует обоснование актуальности исследования. Отсутствуют найденные и апробированные эффективные варианты решения поставленных задач. Отсутствует грамотное теоретико-методологическое обоснование выполненной работы. Отсутствует четко сформулированный авторский замысел исследования.

Темы индивидуальных творческих заданий.

Индивидуальные творческие задания (проекты):

1. Реализация метода крутого восхождения на параллельной вычислительной системе при поиске оптимальных условий.

2. Реализация метода крутого восхождения на распределённой вычислительной системе при поиске оптимальных условий.
3. Реализация метода покоординатной оптимизации на параллельной вычислительной системе при поиске оптимальных условий.
4. Реализация метода покоординатной оптимизации на распределённой вычислительной системе при поиске оптимальных условий.
5. Реализация симплексного метода планирования на распределённой вычислительной системе при поиске оптимальных условий
6. Реализация метода построения ортогональных планов высоких порядков проведения физических и численных экспериментов на гиперкубе.

Методические рекомендации по оформлению творческих заданий (проектов):

Индивидуальные творческие задания оформляются в виде отчета с описанием решенных задач и полученных результатов.

Критерии оценки:

«зачтено»	Представлены найденные и апробированные эффективные варианты решения поставленных задач с грамотным теоретико-методологическим обоснованием выполненной работы.
«не зачтено»	Отсутствует решение поставленных задач

2. Задания для промежуточной аттестации

Контрольные вопросы к зачету

72. Что такое эксперимент? Какова его роль в инженерной и научной практике?
73. Какие общие черты имеют научные методы исследований для изучения закономерностей различных процессов и явлений в промышленности?
74. Приведите классификации видов экспериментальных исследований, исходя из цели проведения эксперимента и формы представления результатов, а также в зависимости от условий его реализации.
75. В чем заключаются принципиальные отличия активного эксперимента от пассивного?
76. В чем отличие количественного и качественного экспериментов?
77. Дайте определения следующим терминам: опыт, фактор, уровень фактора, отклик, функция отклика, план и планирование эксперимента.
78. Что такое случайная величина? В чем заключаются отличия дискретной от непрерывной случайной величины?
79. Какие вероятностные характеристики используют для описания распределений случайных величин?
80. С какой целью используют законы распределения при обработке данных экспериментальных исследований?
81. Почему нормальный закон распределения наиболее применим в экспериментальной практике?
82. Какие параметры и свойства характерны для нормального закона распределения?
83. Какие задачи решают в ходе предварительной статистической обработки экспериментальных данных?
84. Что такое генеральная совокупность и выборка?

85. Что такое точечное оценивание? Перечислите точечные оценки основных параметров нормального распределения для непрерывной случайной величины.
86. В чем заключается основная идея оценивания с помощью доверительного интервала? С помощью каких распределений происходит построение доверительных интервалов для математического ожидания и дисперсии?
87. В чем заключается основная идея оценивания с помощью доверительного интервала? С помощью каких распределений происходит построение доверительных интервалов для математического ожидания и дисперсии?
88. С помощью каких критериев производится отсев грубых погрешностей?
89. Какие задачи возникают при сравнении двух рядов наблюдений экспериментальных данных? С помощью каких критериев они решаются?
90. Что такое критерий согласия? Какова основная идея его использования при проверке гипотез о виде функции распределения?
91. В чем заключается алгоритм использования критерия Пирсона для проверки гипотезы нормального распределения экспериментальных данных?
92. Какова процедура использования критерия Колмогорова-Смирнова для проверки гипотезы нормального распределения?

93. В чем заключаются сущность и основные задачи корреляционного, регрессионного и дисперсионного анализа?
94. Какие подходы используют при нахождении коэффициентов уравнения регрессии?
95. Сформулируйте исходные положения метода наименьших квадратов.
96. С помощью какого параметра оценивается теснота связи между случайными величинами? Поясните физическую суть этого параметра.
97. Как оценивается адекватность статистической модели?
98. Что называется частным коэффициентом корреляции?
99. Что называется множественным коэффициентом корреляции?
100. Каким образом производится проверка значимости коэффициентов уравнения регрессии?
101. В чем заключается постановка задачи линейной множественной регрессии?
102. Что такое погрешность определения величин функций?
103. Какие виды погрешностей вы знаете? Как они определяются?
104. В чем заключается цель решения обратной задачи теории экспериментальных погрешностей?
105. Какова основная идея математического решения задачи поиска оптимальных условий проведения эксперимента?

106. Из каких этапов состоит последовательность проведения активного эксперимента?
107. С какой целью используют теорию планирования эксперимента?
108. Из каких соображений выбирают основные факторы, их уровни, а также интервалы варьирования факторов при проведении ПФЭ и ДФЭ?
109. В чем заключается основная идея ДФЭ?
110. В чем заключаются причины неадекватности математической модели? Как производится оценка адекватности?
111. Каковы принципы ротационного планирования эксперимента?
112. С какой целью композиционные планы приводят к ортогональному виду?
113. В чем заключается сущность планирования экспериментов при поиске оптимальных условий? Какие методы при этом используют?
114. На чем основан метод покоординатной оптимизации?
115. Из каких этапов состоит алгоритм оптимизации методом крутого восхождения?
116. В чем заключаются основная идея метода симплексного планирования?

- 117.Какие методы используют при распараллеливании алгоритмов пошаговой оптимизации.
- 118.Чем отличаются глобальный и локальный экстремум целевой функции?
- 119.Какие преимущества дает экспериментатору использование средств вычислительной техники?
- 120.Каковы возможности современных программ по обработке экспериментальных данных?
- 121.На каких принципах основана организация современных статистических пакетов?
- 122.Каким образом решается задача по оценке статистических характеристик с помощью пакета Microsoft Excel?

Критерии оценки:

«зачтено»	Ответ на поставленный вопрос представлен в полном объеме, с оценкой исследований проведенных по данной теме. Представлены найденные и апробированные эффективные варианты решения поставленных задач с грамотным теоретико-методологическим обоснованием.
«не зачтено»	Отсутствует оценка исследований проведенных по поставленному вопросу. Отсутствуют найденные и апробированные эффективные варианты решения поставленных задач. Отсутствует грамотное теоретико-методологическое обоснование ответа.

КАРТА КОМПЕТЕНЦИИ

КОМПЕТЕНЦИЯ: способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (УК-1)

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОМПЕТЕНЦИИ

- универсальная компетенция выпускника образовательной программы по направлению подготовки высшего образования 09.06.01 «Информатика и вычислительная техника» направленность «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ», уровень ВО подготовка кадров высшей квалификации, вид профессиональной деятельности научно-исследовательская деятельность в области функционирования вычислительных машин, комплексов, компьютерных сетей, создания элементов и устройств вычислительной техники на новых физических и технических принципах, методов обработки и накопления информации, алгоритмов, программ, языков программирования и человеко-машинных интерфейсов, разработки новых математических методов и средств поддержки интеллектуальной обработки данных, разработки информационных и автоматизированных систем проектирования и управления в приложении к различным предметным областям; преподавательская деятельность по образовательным программам высшего образования.

СООТВЕТСТВИЕ ЭТАПОВ (УРОВНЕЙ) ОСВОЕНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ

ПЛАНИРУЕМЫМ РЕЗУЛЬТАТАМ ОБУЧЕНИЯ И КРИТЕРИЯМ ИХ ОЦЕНИВАНИЯ

Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)
Входной уровень (УК-1)-I	<p><u>Владеть:</u> навыками сбора, обработки, анализа и систематизации информации по теме исследования; навыками выбора методов и средств решения задач исследования. __ В (УК-1)-I</p> <p><u>Уметь:</u> выделять и систематизировать основные идеи в научных текстах; критически оценивать любую поступающую информацию, вне зависимости от источника; избегать автоматического применения стандартных формул и приемов при решении задач. _ У(УК-1) - I</p> <p><u>Знать:</u> основные научные подходы к исследуемому материалу. _3 (УК- 1)- I</p>
Итоговый	<p><u>Владеть:</u> навыками анализа методологических проблем, возникающих при решении исследовательских и практических</p>

уровень (УК-1)-II	<p>задач, в том числе в междисциплинарных областях; навыками критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях.</p> <p><u>В</u> (УК-1)- II</p> <p>Уметь: анализировать альтернативные варианты решения исследовательских и практических задач и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации этих вариантов; при решении исследовательских и практических задач генерировать новые идеи, поддающиеся операционализации исходя из наличных ресурсов и ограничений. <u>У</u>(УК-1) - II</p> <p>Знать: основные методы научно-исследовательской деятельности в избранной профессиональной области. <u>З</u> (УК- 1)- II</p>
-----------------------------	---

Этап (уровень) освоения компетенции	Критерии оценивания результатов обучения			
	2	3	4	5
Входной уровень (УК-1)-I	Фрагментарные знания и навыки использования методов критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методов генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач	Общие, но не структурированные знания и навыки использования методов критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методов генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания и навыки использования основных методов критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методов генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе междисциплинарных	Сформированные систематические знания и умение использования методов критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методов генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе междисциплинарных
Итоговый уровень (УК-1)-II	Фрагментарное применение технологий критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению исследовательских и практи-	Общее, но не систематизированное применение технологий критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению иссле-	Успешное, но содержащее отдельные пробелы применение технологий критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению иссле-	Успешное и систематическое применение технологий критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению исследовательских и практических задач.

	ческих задач.	довательских и практи- ческих задач.	ческих задач.	
--	---------------	---	---------------	--

КАРТА КОМПЕТЕНЦИИ

КОМПЕТЕНЦИЯ: владение методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности (ОПК-1)

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОМПЕТЕНЦИИ

- общепрофессиональная компетенция выпускника образовательной программы по направлению подготовки высшего образования 09.06.01 «Информатика и вычислительная техника», направленность «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ», уровень ВО подготовка кадров высшей квалификации, вид профессиональной деятельности научно-исследовательская деятельность в области функционирования вычислительных машин, комплексов, компьютерных сетей, создания элементов и устройств вычислительной техники на новых физических и технических принципах, методов обработки и накопления информации, алгоритмов, программ, языков программирования и человеко-машинных интерфейсов, разработки новых математических методов и средств поддержки интеллектуальной обработки данных, разработки информационных и автоматизированных систем проектирования и управления в приложении к различным предметным областям; преподавательская деятельность по образовательным программам высшего образования.

СООТВЕТСТВИЕ ЭТАПОВ (УРОВНЕЙ) ОСВОЕНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ ПЛАНИРУЕМЫМ РЕЗУЛЬТАТАМ ОБУЧЕНИЯ И КРИТЕРИЯМ ИХ ОЦЕНИВАНИЯ

Этап (уровень) освоения компетенци и	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)
Входной уровень (ОПК-1)-I	<p><u>Владеть:</u> навыками формализации поставленной задачи по теме своих исследований и навыками ее программной реализации. _ В (ОПК-1)-I</p> <p><u>Уметь:</u> формализовать поставленную прикладную задачу, применить адекватный математический аппарат для её решения и соответствующие программные средства для компьютерной реализации;. _ У(ОПК-1) - I</p>

	<u>Знать:</u> способы формализации поставленной задачи по теме своих исследований и способы ее программной реализации. _3 (ОПК-1)- I
Итоговый уровень (ОПК-1)-II	<p><u>Владеть</u> навыками построения и анализа математических моделей по теме своих исследований, навыками разработки методов и оптимизации алгоритмов для компьютерного моделирования, а также навыками использования современных технологий программирования для программной реализации поставленных задач. __ В (ОПК-1)- II</p> <p><u>Уметь:</u> выполнять построение и анализ математических моделей по теме своих исследований, разрабатывать методы решения поставленных задач и выполнять оптимизацию алгоритмов для их компьютерного моделирования, а также уметь использовать современные технологии программирования для программной реализации поставленных задач. _У(ОПК-1) - II</p> <p><u>Знать:</u> методы построения и анализа математических моделей по теме своих исследований, разрабатывать методы решения поставленных задач и выполнять оптимизацию алгоритмов для их компьютерного моделирования, современные технологии программирования для программной реализации поставленных задач. _3 (ОПК-1)- II</p>

Этап (уровень) освоения компетенции	Критерии оценивания результатов обучения			
	2	3	4	5
Входной уровень (ОПК-1)-I	Навыки построения типовых математических моделей являются поверхностными, и нет опыта их компьютерной реализации	Имеются навыки построения типовых математических моделей, но нет опыта их компьютерной реализации	Имеются навыки построения типовых математических моделей сформированы неполностью, и нет систематического опыта их компьютерной реализации	Сформированы навыки построения типовых математических моделей и их компьютерной реализации
Итоговый уровень (ОПК-1)-II	Сформированы поверхностные навыки построения и анализа математических моделей по теме своих исследований, и отсутствуют навыки разработки методов для компьютерного	Сформированы поверхностные навыки построения и анализа математических моделей по теме своих исследований, и поверхностные навыки разработки методов для компьютерного моделирования.	Сформированы навыки построения и анализа математических моделей по теме своих исследований, и навыки разработки методов для компьютерного моделирования. Отсутствуют навыки оптимизации алгоритмов для компьютерного моделирования	Сформированы навыки построения и анализа математических моделей по теме своих исследований, навыки разработки методов и оптимизации алгоритмов для компьютерного моделирования, а также навыки использования современных технологий программирования для

	моделирования.			программной реализации поставленных задач.
--	----------------	--	--	--

КАРТА КОМПЕТЕНЦИИ

КОМПЕТЕНЦИЯ: способность к разработке новых методов исследования и их применению в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области профессиональной деятельности (ОПК-3)

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОМПЕТЕНЦИИ

- общепрофессиональная компетенция выпускника образовательной программы по направлению подготовки высшего образования 09.06.01 «Информатика и вычислительная техника», направленность «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ», уровень ВО подготовка кадров высшей квалификации, вид профессиональной деятельности научно-исследовательская деятельность в области функционирования вычислительных машин, комплексов, компьютерных сетей, создания элементов и устройств вычислительной техники на новых физических и технических принципах, методов обработки и накопления информации, алгоритмов, программ, языков программирования и человеко-машинных интерфейсов, разработки новых математических методов и средств поддержки интеллектуальной обработки данных, разработки информационных и автоматизированных систем проектирования и управления в приложении к различным предметным областям; преподавательская деятельность по образовательным программам высшего образования.

СООТВЕТСТВИЕ ЭТАПОВ (УРОВНЕЙ) ОСВОЕНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ ПЛАНИРУЕМЫМ РЕЗУЛЬТАТАМ ОБУЧЕНИЯ И КРИТЕРИЯМ ИХ ОЦЕНИВАНИЯ

Этап (уровень) освоения компетенци и	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)
Входной уровень (ОПК-3)-I	<p><u>Владеть:</u> способностью к самостоятельному обучению и разработке новых методов исследования. __ В (ОПК-3)-I</p> <p><u>Уметь:</u> самостоятельно приобретать с помощью информационно-коммуникационных технологий и использовать в практической деятельности новые знания и умения, в том числе в новых областях знаний. _У(ОПК-3) - I</p> <p><u>Знать:</u> основные тенденции развития информатики и естественнонаучного и математического знания в соответствующей области науки . _З (ОПК-3)- I</p>
Итоговый	<u>Владеть:</u> способностью к самостоятельному обучению и профессиональной разработке новых методов исследования, а также

уровень (ОПК-3)-II	к оценке их качества. __ В (ОПК-3)- II Уметь: самостоятельно приобретать с помощью информационно-коммуникационных технологий и профессионально использовать в практической деятельности новые знания и умения, в том числе в новых областях знаний. _У (ОПК-3) - II Знать: современные достижения в развития информатики и естественнонаучного и математического знания в соответствующей области науки. _3 (ОПК-3)- II
--------------------	---

Этап (уровень) освоения компетенции	Критерии оценивания результатов обучения			
	2	3	4	5
Входной уровень (ОПК-3)-I	Фрагментарное применение навыков самостоятельного обучения и разработки новых методов исследования	Несистематическое применение навыков самостоятельного обучения и разработки новых методов исследования	Систематическое с отдельными пробелами применение навыков самостоятельного обучения и разработки новых методов исследования	Успешное и систематическое применение навыков обучения и разработке новых методов исследования
Итоговый уровень (ОПК-3)-II	Фрагментарное применение навыков самостоятельного обучения и разработки новых методов исследования, к изменению научного и научно-производственного профиля деятельности	Несистематическое применение навыков самостоятельного обучения и разработки новых методов исследования, к изменению научного и научно-производственного профиля деятельности	Систематическое с отдельными пробелами применение навыков самостоятельного обучения и разработки новых методов исследования, к изменению научного и научно-производственного профиля деятельности	Успешное и систематическое применение навыков обучения и разработке новых методов исследования, к изменению научного и научно-производственного профиля деятельности

КАРТА КОМПЕТЕНЦИИ

КОМПЕТЕНЦИЯ: готовность организовать работу исследовательского коллектива в области профессиональной деятельности (ОПК-4)

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОМПЕТЕНЦИИ

- общепрофессиональная компетенция выпускника образовательной программы по направлению подготовки высшего образования 09.06.01 «Информатика и вычислительная техника», направленность «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ», уровень ВО подготовка кадров высшей квалификации, вид профессиональной деятельности научно-исследовательская деятельность в области функционирования вычислительных машин, комплексов, компьютерных сетей, создания элементов и устройств вычислительной техники на новых физических и технических принципах, методов обработки и накопления информации, алгоритмов, программ, языков программирования и человеко-машинных интерфейсов, разработки новых математических методов и средств поддержки интеллектуальной обработки данных, разработки информационных и автоматизированных систем проектирования и управления в приложении к различным предметным областям; преподавательская деятельность по образовательным программам высшего образования.

СООТВЕТСТВИЕ ЭТАПОВ (УРОВНЕЙ) ОСВОЕНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ ПЛАНИРУЕМЫМ РЕЗУЛЬТАТАМ ОБУЧЕНИЯ И КРИТЕРИЯМ ИХ ОЦЕНИВАНИЯ

Этап (уровень) освоения компетенци и	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)
Входной уровень (ОПК-4)-I	<p><u>Владеть:</u> способностью самостоятельной организации работы коллектива исполнителей. __ В (ОПК-4)-I</p> <p><u>Уметь:</u> самостоятельно определять порядок выполнения работ. _У(ОПК-4) - I</p> <p><u>Знать:</u> основные этапы организации работы коллектива в области профессиональной деятельности. _З (ОПК-4)- I</p>
Итоговый уровень (ОПК-4)-II	<p><u>Владеть:</u> способностью самостоятельной организации работы коллектива исполнителей, к управлению их деятельностью и к контролю качества их работы. __ В (ОПК-4)- II</p> <p><u>Уметь:</u> самостоятельно определять и оптимизировать порядок выполнения работ. _У (ОПК-4) - II</p> <p><u>Знать:</u> основные этапы организации работы коллектива в области профессиональной деятельности, основные методы управления деятельностью коллектива исполнителей и контроля качества их работы _З (ОПК-4)- II</p>

Этап (уровень) освоения компетенции	Критерии оценивания результатов обучения			
	2	3	4	5
Входной уровень (ОПК-4)-I	Навыки самостоятельной	Фрагментарное приме- нение навыков самостоя-	Несистематическое приме- ние навыков самостоятельной	Успешное и систематическое применение

	организации работы коллектива исполнителей сформированы не полностью	тельной организации работы коллектива исполнителей	организации работы коллектива исполнителей	навыков самостоятельной организации работы коллектива исполнителей
Итоговый уровень (ОПК-4)-II	Фрагментарное применение методов планирования, подготовки и проведения НИР, анализа и обсуждения полученных данных. Отсутствие навыков составления и подачи конкурсных заявок на выполнение научно-исследовательских и проектных работ по направленности подготовки	Фрагментарное применение методов планирования, подготовки и проведения НИР, анализа и обсуждения полученных данных. Фрагментарное применение навыков составления и подачи конкурсных заявок на выполнение научно-исследовательских и проектных работ по направленности подготовки	Несистематическое применение методов планирования, подготовки и проведения НИР, анализа и обсуждения полученных данных. Несистематическое применение навыков составления и подачи конкурсных заявок на выполнение научно-исследовательских и проектных работ по направленности подготовки	Успешное и систематическое применение методов планирования, подготовки и проведения НИР и анализа и обсуждения экспериментальных данных; формулировка выводов и рекомендаций по результатам НИР. Успешное и систематическое применение навыков составления и подачи конкурсных заявок на выполнение научно-исследовательских и проектных работ по направленности подготовки

КАРТА КОМПЕТЕНЦИИ

КОМПЕТЕНЦИЯ: способность объективно оценивать результаты исследований и разработок, выполненных другими специалистами и в других научных учреждениях (ОПК-5)

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОМПЕТЕНЦИИ

- общепрофессиональная компетенция выпускника образовательной программы по направлению подготовки высшего образования 09.06.01 «Информатика и вычислительная техника», направленность «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ», уровень ВО подготовка кадров высшей квалификации, вид профессиональной деятельности научно-исследовательская деятельность в области функционирования вычислительных машин, комплексов, компьютерных сетей, создания элементов и устройств вычислительной техники на но-

вых физических и технических принципах, методов обработки и накопления информации, алгоритмов, программ, языков программирования и человеко-машинных интерфейсов, разработки новых математических методов и средств поддержки интеллектуальной обработки данных, разработки информационных и автоматизированных систем проектирования и управления в приложении к различным предметным областям; преподавательская деятельность по образовательным программам высшего образования.

СООТВЕТСТВИЕ ЭТАПОВ (УРОВНЕЙ) ОСВОЕНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ ПЛАНИРУЕМЫМ РЕЗУЛЬТАТАМ ОБУЧЕНИЯ И КРИТЕРИЯМ ИХ ОЦЕНИВАНИЯ

Этап (уровень) освоения компетенци и	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)
Входной уровень (ОПК-5)-I	<p><u>Владеть</u> технологиями планирования в профессиональной деятельности в сфере научных исследований. __ В (ОПК-5)-I</p> <p><u>Уметь</u>: формировать и отстаивать научную новизну собственных исследований. _У(ОПК-5) - I</p> <p><u>Знать</u>: основные направления, проблемы и методы в области исследования. _З (ОПК-5)- I</p>
Итоговый уровень (ОПК-5)-II	<p><u>Владеть</u>: специализированными технологиями планирования в профессиональной деятельности в сфере научных исследований __ В (ОПК-5)- II</p> <p><u>Уметь</u>: формировать и аргументировано отстаивать научную новизну собственных исследований. _У (ОПК-5) - II</p> <p><u>Знать</u>: перспективные направления, нерешенные проблемы и наиболее эффективные методы решения задач в области исследования _З (ОПК-5)- II</p>

Этап (уровень) освоения компетенции	Критерии оценивания результатов обучения			
	2	3	4	5
Входной уровень (ОПК-5)-I	Фрагментарные представления об основных направлениях в области исследования	Несистематические представления об основных направлениях в области исследования	Систематические с отдельными пробелами представления об основных направлениях в области исследования	Сформированные систематические представления о направлениях в области исследования

Итоговый уровень (ОПК-5)-II	Фрагментарные представления об основных направлениях, проблемах и методах в области исследования	Несистематические представления об основных направлениях, проблемах и методах в области исследования	Систематические с отдельными пробелами представления об основных направлениях, проблемах и методах в области исследования	Сформированные систематические представления о направлениях, проблемах и методах в области исследования
-----------------------------	--	--	---	---

КАРТА КОМПЕТЕНЦИИ

КОМПЕТЕНЦИЯ: владение методами математического моделирования (ПК-1)

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОМПЕТЕНЦИИ

-профессиональная компетенция выпускника образовательной программы по направлению подготовки высшего образования 09.06.01 «Информатика и вычислительная техника», направленность «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ», уровень ВО подготовка кадров высшей квалификации, вид профессиональной деятельности научно-исследовательская деятельность в области функционирования вычислительных машин, комплексов, компьютерных сетей, создания элементов и устройств вычислительной техники на новых физических и технических принципах, методов обработки и накопления информации, алгоритмов, программ, языков программирования и человеко-машинных интерфейсов, разработки новых математических методов и средств поддержки интеллектуальной обработки данных, разработки информационных и автоматизированных систем проектирования и управления в приложении к различным предметным областям; преподавательская деятельность по образовательным программам высшего образования.

СООТВЕТСТВИЕ ЭТАПОВ (УРОВНЕЙ) ОСВОЕНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ ПЛАНИРУЕМЫМ РЕЗУЛЬТАТАМ ОБУЧЕНИЯ И КРИТЕРИЯМ ИХ ОЦЕНИВАНИЯ

Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)
Входной уровень	<u>Владеть:</u> умением построить математическую модель. __ В (ПК-1)-I <u>Уметь:</u> выполнять построение математических моделей. __ У(ПК-1) - I

(ПК-1)-I	Знать: отдельные методы математического моделирования. _3 (ПК-1)- I
Итоговый уровень (ПК-1)-II	Владеть: умением построить модель реального физического процесса. __ В (ПК-1)- II Уметь: выполнять построение и анализ математических моделей, проектировать методы компьютерного моделирования. _У (ПК-1) - II Знать: общие принципы математического моделирования. _3 (ПК-1)- II

Этап (уровень) освоения компетенции	Критерии оценивания результатов обучения			
	2	3	4	5
Входной уровень (ПК-1)-I	Имеются знания отдельных методов математического моделирования. Отсутствуют навыки построения математической модели	Поверхностное знание отдельных методов математического моделирования	Умение построить математическую модель и знание отдельных методов математического моделирования	Умение построить математическую модель и сформировано систематизированное знание методов математического моделирования
Итоговый уровень (ПК-1)-II	Фрагментарное знание принципов математического моделирования. Отсутствуют навыки построения математических моделей	Знание принципов математического моделирования сформировано не полностью. Имеются поверхностные навыки построения математических моделей	Знание принципов математического моделирования не систематизировано. Сформированы отдельные навыки построения и анализа математических моделей, проектирования методов компьютерного моделирования, построения моделей реального физического процесса.	Знание принципов математического моделирования. Сформированные навыки построения и анализа математических моделей, навыки проектирования методов компьютерного моделирования, навыков построения моделей реального физического процесса.

КАРТА КОМПЕТЕНЦИИ

КОМПЕТЕНЦИЯ: владеть методами компьютерного моделирования для решения прикладных задач (ПК-2)

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОМПЕТЕНЦИИ

-профессиональная компетенция выпускника образовательной программы по направлению подготовки высшего образования 09.06.01 «Информатика и вычислительная техника», направленность «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ», уровень ВО подготовка кадров высшей квалификации, вид профессиональной деятельности научно-исследовательская деятельность в области функционирования вычислительных машин, комплексов, компьютерных сетей, создания элементов и устройств вычислительной техники на новых физических и технических принципах, методов обработки и накопления информации, алгоритмов, программ, языков программирования и человеко-машинных интерфейсов, разработки новых математических методов и средств поддержки интеллектуальной обработки данных, разработки информационных и автоматизированных систем проектирования и управления в приложении к различным предметным областям; преподавательская деятельность по образовательным программам высшего образования.

СООТВЕТСТВИЕ ЭТАПОВ (УРОВНЕЙ) ОСВОЕНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ ПЛАНИРУЕМЫМ РЕЗУЛЬТАТАМ ОБУЧЕНИЯ И КРИТЕРИЯМ ИХ ОЦЕНИВАНИЯ

Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)
Входной уровень (ПК-2)-I	<p><u>Владеть:</u> способностью реализовать отдельные методы компьютерного моделирования. __ В (ПК-2)-I</p> <p><u>Уметь:</u> реализовать отдельные методы компьютерного моделирования. _ У(ПК-2) - I</p> <p><u>Знать:</u> отдельные методы компьютерного моделирования. _ 3 (ПК-2)- I</p>
Итоговый уровень (ПК-2)-II	<p><u>Владеть:</u> способностью анализировать и реализовывать выбранные методы компьютерного моделирования при решении прикладных задач. __ В (ПК-2)- II</p> <p><u>Уметь:</u> выбрать методы компьютерного моделирования решения модельных задач. _ У (ПК-2) - II</p> <p><u>Знать:</u> основные методы компьютерного моделирования. _ 3 (ПК-2)- II</p>

Этап (уровень) освоения компетенции	Критерии оценивания результатов обучения			
	2	3	4	5
Входной уровень (ПК-2)-I	Отсутствует способность анализировать	Частично сформирована способность	Сформированы навыки выбора отдельных методов компьютерного моделирования	Систематизированы навыки выбора отдельных методов компьютерного

	реализовывать отдельные методы компьютерного моделирования	анализировать и реализовывать отдельные методы компьютерного моделирования	решения модельных задач.	моделирования решения модельных задач
Итоговый уровень (ПК-2)-II	Отсутствует способность анализировать и реализовывать выбранные методы компьютерного моделирования при решении прикладных задач	Частично сформирована способность анализировать и реализовывать выбранные методы компьютерного моделирования при решении прикладных задач	Сформированы навыки выбора методов компьютерного моделирования решения модельных задач. Частично сформирована способность анализировать и реализовывать выбранные методы компьютерного моделирования при решении прикладных задач	Систематизированы навыки выбора методов компьютерного моделирования решения модельных задач. Сформирована способность анализировать и реализовывать выбранные методы компьютерного моделирования при решении прикладных задач.