

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

«Саратовский национальный исследовательский государственный  
университет имени Н.Г. Чернышевского»

Факультет компьютерных наук и информационных технологий

УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета

С.В. Миронов

"31" августа 2022 г.

**Рабочая программа дисциплины**

Специальная дисциплина «Системный анализ, управление и обработка информации»

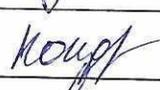
Специальность

2.3.1 – «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика»

Год начала подготовки по учебному плану 2022 г.

Форма обучения  
очная

Саратов  
2022

Статус	ФИО	Подпись	Дата
Преподаватель-разработчик	Андрейченко Д.К.		31.08.2022
Председатель НМК	Кочдратова Ю.Н.		31.08.2022
Заведующий кафедрой	Андрейченко Д.К.		31.08.2022
Специалист отдела аспирантуры	Васильковская Е.И.		31.08.2022

## **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 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 программы аспирантуры**

Дисциплина «Специальная дисциплина «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика»» относится к Образовательному компоненту «Дисциплины (модули)» программы аспирантуры по специальности 2.3.1 – «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика».

Дисциплина «Специальная дисциплина «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика»» изучается в 3, 4, 5 и 6 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. Требования к результатам освоения дисциплины**

Процесс изучения дисциплины «Специальная дисциплина «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика»» направлен на освоение методологии теоретических исследований, получение опыта разработки новых методов исследования и их применения в самостоятельном научном исследовании, в частности, опыта построения моделей управляемых динамических систем, разработки и исследования характеристик программного обеспечения для современных высокопроизводительных параллельных вычислительных систем, а также на формирование у аспирантов знаний методов и

моделей дискретной оптимизации, точных и приближенных подходов к решению задач дискретной оптимизации

В результате освоения дисциплины «Специальная дисциплина «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика»» 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;
- методы построения алгоритмов численного моделирования управляемых динамических систем и методы их оптимизации для современных 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:

- навыками разработки новых параллельных алгоритмов моделирования, анализа и синтеза управляемых динамических систем и навыками их реализации на основе современных технологий 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 13 зачетных единиц, 468 часов

<b>№ п/п</b>	<b>Раздел дисциплины</b>	<b>Семестр</b>	<b>Виды учебной работы, включая самостоятельную работу аспирантов и</b>	<b>Формы текущего контроля успеваемости (по темам) Формы промежуточной</b>
--------------	--------------------------	----------------	---	--

			трудоемкость (в часах)			аттестации (по семестрам)
			лекции	практические	СР	
<b>I</b>	<b>Анализ и синтез управляемых комбинированных динамических систем</b>	<b>3</b>				
1.1	Математические модели комбинированных динамических систем	3	4		26	Устный опрос
1.2	Характеристики и динамических систем с сосредоточенными входными и выходными функциями	3	4		26	Устный опрос
1.3	Устойчивость линеаризованных моделей комбинированных динамических систем	3	4		26	Устный опрос
1.4	Области устойчивости и параметрический синтез управляемых комбинированных динамических систем	3	4		26	Устный опрос
1.5	Моделирование нелинейных комбинированных	3	4		26	Устный опрос

	ых динамических систем					
1.6	Оптимизация алгоритмов компьютерного моделирования комбинированных динамических систем	3	4		26	Устный опрос
<b>II</b>	<b>Задачи и алгоритмы дискретной оптимизации</b>	4				
2.1	Постановка и особенности задач дискретной оптимизации. Классы задач	4	3		7	Устный опрос
2.2	Линеаризация задач дискретной оптимизации	4	3		7	Устный опрос
2.3	Матроидная оптимизация и «жадные» алгоритмы	4	3		7	Устный опрос
2.4	Комбинаторный перебор. Универсальные стратегии избыточного перебора дискретных объектов. Некоторые методы перебора подмножеств, перестановок, сочетаний, и разбиений	4	3		7	Устный опрос
2.5	Приближенные	4	3		7	Устный опрос

	методы дискретной оптимизации					
2.6	Эвристические алгоритмы	4	3		7	Устный опрос
2.7	Задачи дискретной оптимизации большой размерности	4	3		9	Устный опрос
<b>III</b>	<b>Эксперимент как предмет исследования</b>	<b>5</b>				
3.1	Понятие эксперимента. Классификация видов экспериментальных исследований.	5	9		27	Устный опрос
3.2	Случайные величины и параметры их распределений. Нормальный закон распределения.	5	9		27	Устный опрос
<b>VI</b>	<b>Предварительная обработка экспериментальных данных</b>	<b>5</b>				
4.1	Вычисление параметров эмпирических распределений. Точечное оценивание. Оценивание с помощью доверительного интервала.	5	9		27	Устный опрос
4.2	Статистические гипотезы. Статистические критерии.	5	9		27	Устный опрос

	Отсев грубых погрешностей. Проверка гипотез о виде функции распределения. Преобразование распределений к нормальному.					
<b>V</b>	<b>Анализ результатов пассивного эксперимента. Эмпирические зависимости</b>	<b>6</b>				
5.1	Характеристика видов связей между рядами данных. Регрессионный анализ. Проверка адекватности модели. Проверка значимости коэффициентов уравнения регрессии	6	7		7	Устный опрос
5.2	Оценка погрешностей результатов наблюдений. Обратная задача теории экспериментальных погрешностей Определение оптимальных условий эксперимента	6	8		8	Устный опрос
<b>VI</b>	<b>Методы планирования</b>	<b>6</b>				

	<b>эксперименто в</b>					
6.1	Планируемый эксперимент. Выбор основных факторов и их уровней. Определение коэффициентов уравнения регрессии Статистический анализ результатов эксперимента.	6	7		7	Устный опрос
6.2	Оптимальное планирование. Свойства планов: нормированность, симметричность, ортогональность, ротатабельность D-оптимальность, равномерность.	6	7		7	Устный опрос
6.3	Планирование экспериментов при поиске оптимальных условий. Метод покоординатной оптимизации, крутого восхождения, симплексный метод планирования.	6	7		7	Устный опрос
Итого: 468 часов			117		351	

## Содержание дисциплины

### Раздел I. Анализ и синтез управляемых комбинированных динамических систем

#### *Тема 1.1. Математические модели комбинированных динамических систем*

Математические модели динамики систем, содержащих объекты управления с сосредоточенными по пространству параметрами. Математические модели динамики систем, содержащих объекты управления с распределенными по пространству параметрами. Комбинированные динамические системы (КДС) с точки зрения входно-выходных моделей математической кибернетики и соответствующие им начально-краевые задачи. Уравнения равновесного состояния. Уравнения возмущенного движения. Примеры математических моделей КДС: подвижные объекты управления с деформируемыми конструкциями и системы их стабилизации, гидродинамические подвесы как конструктивные элементы высокоперегрузочных гироскопов в системах угловой стабилизации, быстродействующие облегченные манипуляторы.

#### *Тема 1.2. Характеристики динамических систем с сосредоточенными входными и выходными функциями*

Оператор динамической системы с сосредоточенными возмущениями и реакцией. Стационарность систем с точки зрения теории автоматического управления. Критерий устойчивости входно-выходных моделей по отношению к возмущениям входной вектор функции. Применение интегральных преобразований, частотные характеристики и передаточные функции линейных стационарных динамических систем. Теоремы об устойчивости линейных стационарных динамических систем.

#### *Тема 1.3. Устойчивость линеаризованных моделей комбинированных динамических систем*

Передаточные функции линейных и линеаризованных моделей КДС. Матрицы передаточных функций в форме квазирациональных дробей. Алгоритм вычисления характеристического и возмущающих квазимногочленов КДС. Линейные краевые задачи в изображениях Лапласа для вычисления передаточных функций объектов управления с распределенными по пространству параметрами. Аналитичность характеристического и возмущающих квазимногочленов КДС в высокочастотной области. Схема применения проекционного метода Галеркина для решения нелинейных краевых задач относительно равновесного состояния и линейных краевых задач возмущенного движения в изображениях Лапласа. Обобщенная степень квазимногочлена и теорема об устойчивом квазимногочлене. Понятие физически возможных передаточных функциях. Теоремы об асимптотически устойчивых, неустойчивых и устойчивых, но не асимптотически, КДС. «Быстрый» алгоритм моделирования устойчивости КДС.

#### *Тема 1.4. Области устойчивости и параметрический синтез управляемых комбинированных динамических систем*

Управляемые системы и управляемые КДС. Понятие области устойчивости в пространстве параметров обратных связей и теорема об аналоге метода D-разбиений для КДС. Параметрический синтез КДС. Особенности параметрического синтеза систем, содержащих отрицательные интегральные обратные связи. Параметрический синтез КДС в общем случае. Эффективные безградиентные методы оптимизации негладких функций в пространстве относительно небольшой размерности. Параметрический синтез семейства линеаризованных моделей КДС. КДС с запаздывающими звеньями.

#### *Тема 1.5. Моделирование нелинейных комбинированных динамических систем*

Численное моделирование переходных процессов в нелинейных КДС. Общая схема проекционного метода Галеркина для сведения начально-краевых задач для уравнений в частных производных к задачам Коши для систем обыкновенных дифференциальных уравнений. «Жестко устойчивые» методы численного интегрирования. «Быстрый» алгоритм вычисления матрицы Якоби.

*Тема 1.6. Оптимизация алгоритмов компьютерного моделирования комбинированных динамических систем*

Асимптотическое интегрирование линейных краевых задач в высокочастотной области и сокращения трудоемкости вычисления передаточных функций объектов управления с распределенными по пространству параметрами. Параллельный алгоритм моделирования устойчивости КДС. Параллельный алгоритм моделирования переходных процессов в нелинейных КДС. Параллельные алгоритмы параметрического синтеза. Параллельный алгоритм моделирования влияния типовых нелинейностей на выходные функции КДС.

## **Раздел II. Задачи и алгоритмы дискретной оптимизации**

*Тема 2.1. 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 2.2. 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 2.3. 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 2.4. Комбинаторный перебор. Универсальные стратегии неизбежного 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 2.5. Приближенные методы дискретной оптимизации*

Постановка задач о нахождении приближенного решения задачи дискретной оптимизации. 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 2.6. Эвристические алгоритмы*

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

*Тема 2.7. Задачи дискретной оптимизации большой размерности*

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

### **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 (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.

### 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 – 1.5	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
1.6.	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
2.1	Работа со справочной литературой	Осн. лит. 3 Доп. лит. 1
	Участие в НИД аспирантов	Осн. лит. 3 Доп. лит. 20,21
2.2., 2.3., 2.4., 2.5., 2.6., 2.7.	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

3.1	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
3.2	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
4.1	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
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
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

## 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. Обоснование сходимости проекционного метода Галеркина.
4. Оптимальный выбор базисных функций проекционного метода Галеркина.
5. «Жестко устойчивые» методы численного интегрирования систем обыкновенных дифференциальных уравнений.
6. Обобщение теоремы об устойчивом квазимногочлене на комбинированные динамические системы с комплекснозначными входными и выходными вектор-функциями.
7. Асимптотический метод «многих масштабов» и стабилизация исходной нелинейной КДС на основе параметрического синтеза по линеаризованной модели.
8. Двойственность в линейном программировании: решение двойственной задачи как сертификат оптимальности решения прямой задачи.
9. Подход Рида: упорядоченное перечисление. Метод обращения локального поиска Ависа—Фукуды.
10. Реоптимизация.
11. Роль численного эксперимента в современных научных исследованиях и особенности его проведения на параллельных и распределённых вычислительных системах (в выбранной предметной области).
12. Использование программных и аппаратных средств для предварительной обработки результатов измерений физических и численных экспериментов с целью устранения случайных и систематических погрешностей (в выбранной предметной области).
13. 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).
14. Методы построения оптимальных композиционных планов высоких порядков для проведения физического и вычислительного экспериментов.
15. 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**

Формами текущего контроля успеваемости по дисциплине «Специальная дисциплина «Системный анализ, управление и обработка информации»» являются устные опросы, проводимые преподавателем.

### **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 осуществляется в ходе кандидатского экзамена по специальной дисциплине «Системный анализ, управление и обработка информации» в 6 семестре.

### **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](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](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. Саратов. 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., Зотов 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., Микешинной 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 симплекссуммируемого 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/mpi-3.0/mpi30-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/enus/compiler\\_15.0\\_ug\\_c](https://software.intel.com/enus/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/enus/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](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/enus/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 СГУ.

## **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 Федеральными государственными требованиями к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре, условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов, утвержденными приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 20 октября 2021 г. № 951.

Автор программы

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

Программа обсуждена и одобрена на заседании кафедры МОВКИС от «31» августа 2022 года, протокол № 1.

**Фонд оценочных средств текущего контроля**  
**Вопросы для устного опроса**

**Раздел 1.**

1. Комбинированные динамические системы (КДС) с точки зрения входно-выходных моделей математической кибернетики и соответствующие им начально-краевые задачи.
2. Оператор динамической системы с сосредоточенными возмущениями и реакцией.
3. Стационарность систем с точки зрения теории автоматического управления. Критерий устойчивости входно-выходных моделей по отношению к возмущениям входной вектор функции.
4. Частотные характеристики и передаточные функции линейных стационарных динамических систем.
5. Передаточные функции линейных и линеаризованных моделей КДС.
6. Алгоритм вычисления характеристического и возмущающих квазимногочленов КДС.
7. Обобщенная степень квазимногочлена и теорема об устойчивом квазимногочлене. Понятие физически возможных передаточных функциях.
8. Теоремы об асимптотически устойчивых, неустойчивых и устойчивых, но не асимптотически, КДС.
9. «Быстрый» алгоритм моделирования устойчивости КДС.
10. Теорема об аналоге метода D-разбиений для КДС.
11. Параметрический синтез КДС.
12. Особенности параметрического синтеза систем, содержащих отрицательные интегральные обратные связи.
13. Параметрический синтез КДС в общем случае.
14. Численное моделирование переходных процессов в нелинейных КДС.

**Раздел II.**

1. Постановка и особенности задач дискретной оптимизации. Классы задач дискретной оптимизации.
2. Постановка задачи линейного программирования.
3. Особенность задач целочисленного программирования.
4. Линеаризация задач дискретной оптимизации.
5. Метод ветвей и границ.
6. Матроидная оптимизация и «жадные» алгоритмы. Теорема Радо–Эдмондса.
7. Задачи оптимизации, эффективно решаемые жадными алгоритмами.
8. Лемма об изолировании: вероятность единственности решения задачи оптимизации при случайном выборе весов.
9. Задача исчерпывающего перебора дискретных неизоморфных объектов. Алгоритмы упорядоченного перебора.
10. Задачи исчерпывающего перебора сложных дискретных объектов. Метод обращения локального поиска.
11. Постановка задач о нахождении приближенного решения задачи дискретной оптимизации.
12. Оптимальный алгоритм ветвей и границ для задачи о ранце.

13. Использование локальной оптимизации в приближенных алгоритмах дискретного программирования.
14. Эвристические алгоритмы: генетические алгоритмы; муравьиный алгоритм; метод роя частиц; пчелиный алгоритм.

### **Раздел III.**

1. Определение понятия эксперимент.
2. Объекты исследований.
3. Вычислительный эксперимент.
4. Планирование эксперимента с целью повышения его эффективности.
5. Классификация экспериментальных исследований.
6. Пассивный и активный эксперимент.
7. Понятие случайной величины.
8. Основные понятия и определения теории вероятностей и математической статистики, используемые для описания и оценки случайных величин.
9. Нормальный закон распределения и его роль в экспериментальных исследованиях.
10. Центральная предельная теорема математической статистики.

### **Раздел IV.**

1. Предварительная обработка результатов измерений с целью повышения эффективности применения статистических методов обработки.
2. Определение параметров эмпирических распределений.
3. Точечное оценивание случайной величины
4. Определение параметров закона распределения случайной величины по точечным оценкам.
5. Интервальное оценивание случайной величины.
6. Доверительный интервал. Построение доверительного интервала для математического ожидания.
7. Использование распределение Стьюдента для оценки доверительного интервала математического ожидания по малым выборкам.
8. Определение необходимого количества опытов при построении интервальной оценки для математического ожидания.
9. Использование распределение Пирсона ( распределение) для оценки доверительного интервала для дисперсии.
10. Понятие о статистической гипотезе. Классификация статистических гипотез.
11. Проверка статистических гипотез с помощью статистических критериев.

### **Раздел V.**

1. Определение вида связи между независимыми параметрами (факторами) и зависимыми (откликами).
2. Однофакторный и многофакторный эксперименты.
3. Функциональная и стохастическая связи (зависимости).
4. Корреляционный анализ.
5. Установление аналитической зависимости между откликом и факторами с помощью регрессионного анализа.
6. Проверка адекватности регрессионной модели с помощью критерия Фишера.
7. Оценка погрешностей определения величин функций, полученных в результате косвенных измерений или вычислительного эксперимента.
8. Случайные и систематические погрешности.

9. Использование принципа равных влияний при определении погрешностей величин аргументов, если известны погрешности функций и вид функциональной зависимости.
10. Определение условий эксперимента для которых погрешность результата эксперимента при фиксированном значении доверительной вероятности имеет наименьшее значение.

#### **Раздел VI.**

1. Основные определения и понятия теории планирования эксперимента.
2. Преимущества планируемого эксперимента.
3. Требования к факторам планируемого эксперимента: контролируемость, управляемость, независимость.
4. Интервал варьирования факторов.
5. Минимальное число уровней факторов. Планы первого и второго порядков.
6. Шаговый регрессионный метод определения коэффициентов уравнения регрессии.
7. Оценка достоверности полученной зависимости и её точности при планируемом эксперименте.
8. Оптимальные планы экспериментов и их свойства.
9. Нормировка и симметрирование планов. Ортогональность, ротатабельность, D-оптимальность, равномерность.
10. Методы построения оптимальных планов. Композиционные планы высоких порядков.

#### **Критерии оценки:**

«зачтено»	Хорошо знает теорию по соответствующей теме, свободно владеет терминологией, умеет хорошо излагать и аргументировать
«не зачтено»	Плохо знает теорию по соответствующей теме, не владеет терминологией, не умеет аргументировать