Министерство транспорта Российской Федерации
Федеральное агентство железнодорожного транспорта
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Дальневосточный государственный университет путей сообщения»
(ДВГУПС)

УТВЕРЖДАЮ
Председатель приемной
комиссии ДВГУПС,
профессор
_____Ю.А. Давыдов
«_29_»__09___ 2020г.

ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ
по подготовке научно-педагогических кадров в аспирантуре по направлению

09.06.01 Информатика и вычислительная техника,
направленности «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»
(код и наименование направления, направленность)

Хабаровск
2020

СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ ВСТУПИТЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ

1. Общие положения.
2. Цели и задачи программы вступительных испытаний.
3. Структура программы:
   3.1. Требования к вступительному испытанию.
   3.2. Тематическое содержание.
   3.3. Перечень вопросов для вступительного испытания.
   3.4. Критерии оценивания результата вступительного испытания .
4. Список рекомендуемой литературы.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Назначение и область применения

Программа вступительных испытаний предназначена для проведения вступительных испытаний лиц, поступающих в ДВГУПС для обучения по образовательной программе подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по направлению 09.06.01 Информатика и вычислительная техника, направленности «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

1.2. Нормативные документы

- Федеральный закон Российской Федерации от 29 декабря 2012 г. № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» (в посл. ред.);
- Приказ Министерства образования и науки Российской Федерации от 19 ноября 2013 г. № 1259 «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре)»;
- Приказ Министерства образования и науки Российской Федерации от 30.07.2014 №875 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 09.06.01 Информатика и вычислительная техника (уровень подготовки кадров высшей квалификации);
- Приказ Министерства образования и науки Российской Федерации от 12.01.2017 № 13 «Об утверждении Порядка приема на обучение по образовательным программам высшего образования – программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), программам ординатуры, программам ассистентуры-стажировки»;
- Приказ Министерства труда и социальной защиты РФ от 08.09.2015 № 608н «Об утверждении профессионального стандарта «Педагог профессионального обучения, профессионального образования и дополнительного профессионального образования»;
- Устав федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Дальневосточный государственный университет путей сообщения», утвержденный Приказом Федерального агентства железнодорожного транспорта от 22.12.2015 № 586 (в посл. ред.);
- локальные акты ДВГУПС.

2. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ПРОГРАММЫ ВСТУПИТЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ

Цель вступительных испытаний состоит в том, чтобы определить:

- соответствие уровня и качества подготовки экзаменуемого требованиям федерального государственного образовательного стандарта высшего образования;
- готовность экзаменуемого к продолжению обучения по основной профессиональной образовательной программе подготовки аспирантов по направлению 09.06.01 «Информатика и вычислительная техника» направленности «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»

Задачи вступительных испытаний направлены на выявление:

- степени сформированности знаний в области информационных систем хранения и обработки данных;
- уровня свободного владения понятийно-категориальным аппаратом, необходимым для самостоятельного восприятия, осмысления и усвоения принципов информатики и вычислительной техники;
- глубины понимания вопросов в области численных уровней решения уравнения математического моделирования и технологии процессов;
- уровня усвоения основных методологических знаний и умений, необходимых для проведения самостоятельных исследовательских проектов по информатики и вычислительной техники.

Основные знания, умения и навыки, которыми должен обладать поступающий:

• владение культурой мышления, способностью к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору путей её достижения;

• владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, наличие навыков работы с компьютером как средством управления информацией;

• умение применять на практике базовые и теоретические знания по основам математического моделирования; анализировать современное состояние и перспективы развития информатики и вычислительной техники;

• умение работать на основных химико-аналитических приборах; владение информационными технологиями и методами обработки, анализа и синтеза научной информации в области численных уровней решения математического моделирования.

3. СТРУКТУРА ПРОГРАММЫ

3.1. Требования к вступительному испытанию

• Для поступающих на места в рамках контрольных цифр приема, а также по договорам об оказании платных образовательных услуг на определенное направление подготовки устанавливается одно вступительное испытание - специальная дисциплина, соответствующая направленности (профилю) программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре (далее – специальная дисциплина).

• Вступительное испытание проводится в письменной форме по экзаменационным билетам;

• Вступительное испытание проводится на русском языке.

• Билет содержит три вопроса (задания).

• Максимальное количество баллов, полученных за ответы на 3 вопроса, составляет 100 баллов.

• Минимальное количество баллов, подтверждающее успешное прохождение вступительного испытания составляет 45 баллов.

• Результаты проведения вступительного испытания оформляются протоколами. На каждого поступающего ведется отдельный протокол.

• Протоколы приема вступительных испытаний и экзаменационные листы ответов письменной формы экзамена после утверждения хранятся в личном деле поступающего.

3.2. Тематическое содержание

Раздел 1. Основы информатики, информационных систем

1.1. Информационные системы, модели представления данных, базы данных.

Классификация баз данных. Технологии и этапы проектирования баз данных. Модели представления данных (иерархические, сетевые, реляционные, постреляционные). Компьютерные среды для построения баз данных. Алгоритмы поиска в них информации. Основные математические методы обработки массивов данных, характеристика и область применения каждого метода. Системы управления базами данных: основные функции, архитектура. Системы визуализации данных.

1.2. Системы искусственного интеллекта.

Классификация систем. Методы интеллектуального анализа данных, нечеткие множества, нейронные сети, ассоциации и последовательности, деревья решений, клеточные автоматы, генетические алгоритмы.

1.3. Экспертные системы

Назначение и принципы построения. Архитектура экспертных систем. Классификация экспертных систем. Методология разработки экспертных систем. Этапы разработки экспертных систем. Взаимодействие инженера по знаниям с экспертом. Трудности разработки экспертных систем. Гибридные экспертные системы.

1.4. Методы оптимизации

Методы оптимизации, основанные на классическом математическом анализе. Условный экстремум. Численные методы поиска экстремума функций одной и многих переменных. Метод неопределенных множителей Лангранжа. Математическое моделирование. Принцип максимума. Динамическое программирование. Декомпозиционные методы. Структурная оптимизация. Нелинейное программирование.

Раздел 2. Концептуальные основы математического моделирования и принципы построения математического моделирования.

2.1. Задачи оптимизации. Выпуклый анализ.

Задачи оптимизации в евклидовых пространствах. Выпуклые задачи на минимум. Математическое программирование, линейное программирование, выпуклое программирование. Основы вариационного исчисления. Задачи оптимального управления. Принцип максимума. Принцип динамического программирования.

2.2. Теория вероятностей. Математическая статистика.

Аксиоматика теории вероятностей. Вероятность, условная вероятность. Независимость. Случайные величины и векторы. Элементы многомерного статистического анализа. Основные понятия теории статистических решений.

2.3. Математические модели.

Определение. Взаимосвязь математических и физических моделей. Приближенный характер математических моделей. Допущения, принимаемые при построении математической модели. Классификация математических моделей по временному и пространственному признакам.

2.4. Блочный принцип построения математических моделей.

Представление математического описания в соответствии с блочным принципом. Основные блоки, составляющие описание процесса и их взаимосвязь. Отражение принципов системного анализа в блочном подходе к построению математических моделей.

2.5. Нейросетевое моделирование

Определение нейросетевых моделей. Сходство и развитие с биологическими нейронными сетями. Классификация нейросетевых моделей. Этапы разработки нейросетевых моделей. Алгоритмы обучения. Нейросетевые программные пакеты. Примеры применения искусственных нейронных сетей.

Раздел 3. Основы вычислительной математики.

3.1. Представление моделей в форме дифференциальных уравнений и передаточных функций

Представление моделей структуры потоков в форме передаточных функций. Связь моментов распределения частиц потока по времени пребывания с передаточной функцией.

3.2. Интерполяция и аппроксимация функциональных зависимостей

Численное дифференцирование и интегрирование.

3.3. Вычислительные методы линейной алгебры.

Методы решения систем линейных алгебраических уравнений.

3.4. Преобразование дифференциальной задачи в разностную.

Приведение дифференциальных уравнений к безразмерному виду. Аппроксимация дифференциальной задачи. Методика преобразования дифференциальной задачи в разностную. Разностнастная аппроксимация дифференциальных операторов 1-го и 2-го порядка.

3.5. Численные методы решения одномерных дифференциальных уравнений в частных производных.

Решение простых одномерных дифференциальных уравнений параболического типа. Явная разностная схема, алгоритм ее решения. Неявная разностная схема. Метод прогонки – метод решения неявной разностной схемы. Вывод формул метода прогонки, определение начальных прогоночных коэффициентов в зависимости от типа граничных условий, алгоритм решения.

3.6. Численные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений.

Решение одномерных стационарных задач. Анализ возможности использования метода прогонки для решения разностных схем, аппроксимирующих обыкновенные дифференциальные уравнения (ОДУ) 2-го порядка. Метод установления – преобразование стационарной задачи в нестационарную (правила введения фиктивной производной по времени, условие сходимости решения нестационарной задачи к решению стационарной).

3.7. Комплексы программ и базы данных

Основные понятия объектно-ориентированного программирования (абстракция, инкапсуляция, наследование, полиморфизм, класс, объект, прототип) и многоагентного программирования. Основные свойства интеллектуальных агентов: автономность, ограниченность представления, децентрализация, реактивность, проактивность. Основные элементы диалогового интерфейса.

Раздел 4. Математические модели и методы управления

4.1. Постановка задач математического программирования.

Оптимальное управление системами. Допустимое множество и целевая функция. Формализация задач математического программирования. Классификация задач математического программирования.

4.2. Нелинейные задачи математического программирования.

Локальный и глобальный экстремум, условия оптимальности. Методы сведения задач с ограничениями к задачам безусловной оптимизации. Методы внешних и внутренних штрафных функций. Комбинированный метод проектирования штрафных функций.

4.3. Задачи стохастического программирования.

Стохастические квазиградиентные методы. Методы стохастической аппроксимации. Методы с операцией усреднения. Методы случайного поиска. Стохастические разностные методы.

4.4. Методы и задачи дискретного программирования.

Задачи целочисленного линейного программирования. Методы отсечения Гомори. Методы ветвей и границ. Задача о назначениях. Венгерский алгоритм.

4.5. Основы теории графов.

Определение графа, цепи, циклы, пути, контуры. Связные и сильно связные графы. Матрица смежности графа. Матрица инцинденций дуг и ребер графов. Деревья. Плоские графы. Кратчайшие пути и контуры.

4.6. Постановка задач принятия решений.

Этапы решения задач. Экспертные процедуры. Метод получения экспертной информации. Шкалы измерений, методы измерений. Методы опроса экспертов, характеристики экспертов. Методы обработки экспертной информации, оценка согласованности мнений экспертов.

Раздел 5. Численные методы и комплексы программ

5.1. Метод моментов

Сущность и применение метода моментов для нахождения точечных оценок параметров моделей структуры потоков.

5.2. Примеры применения метода моментов для оценки параметров моделей структуры потоков.

Оценка параметров ячеечной, диффузионной, рециркуляционной и комбинированных моделей.

5.3. Постановка и решение задач фазовых равновесий в многокомпонентных системах.

5.4. Численные методы в процессе разработки математической модели.

Классификация уравнений математических моделей. Классификация граничных условий.

5.5. Преобразование дифференциальной задачи в разностную. Устойчивость разностных схем.

Понятие устойчивости разностных схем и сходимости решения разностной схемы к решению исходного дифференциального уравнения. Спектраный метод анализа устойчивости разностных схем. Исследования устойчивости явной и неявной разностных схем, аппроксимирующих одномерные дифференциальные уравнения параболического типа.

3.3. Перечень вопросов для вступительного испытания

1. Дифференциальные и интегральные операторы.
2. Булевы функции. Реализации их формулами. Совершенная дизъюнктивная нормальная форма.
3. Полные системы булевых функций. Теорема о функциональной полноте.
4. Теория кодирования. Алфавитное кодирование. Критерий взаимной однозначности алфавитного кодирования.
5. Связь между матрицей смежности, матрицей инцидентности и степенями вершин графа.
6. Двудольные графы. Критерий двудольности графа. Необходимое и достаточное условие существования покрывающего паросочетания в двудольном графе.
7. Вершинная и реберная связность графа. Теорема Менгера.
8. Необходимое и достаточное условие существования в графе Эйлерова пути.
9. Плоские и планарные графы. Необходимое и достаточное условие планарности графа.
10. Конечные детерминированные автоматы(Мили). Теорема Мура об эквивалентности конечных детерминированных автоматов.
11. Автоматные грамматики и языки.

12. Экстремальные задачи в евклидовых пространствах. Выпуклые задачи на минимум
13. Математическое программирование, линейное программирование, выпуклое программирование. Задачи на минимакс.
14. Основы теории игр. Матричные игры. Существование решения матричной игры в классе смешанных стратегий.
15. Основы вариационного исчисления.
16. Задачи оптимального управления. Принцип максимума.
17. Принцип динамического программирования.
18. Аксиоматика теории вероятностей. Вероятность, условная вероятность.
19. Независимость. Случайные величины и векторы.
20. Элементы корреляционной теории случайных векторов.
21. Элементы теории случайных процессов.
22. Точечное и интервальное оценивание параметров распределения.
23. Элементы теории проверки статистических гипотез.
24. Элементы многомерного статистического анализа.
25. Основные понятия теории статистических решений. Основы теории информации.
26. Метрические пространства. Определение и примеры. Сходимость в метрических пространствах. Полные метрические пространства. Нормированные пространства. Линейные топологические пространства.
27. Основы теории множеств. Открытые и замкнутые множества. Ограниченные множества. Окрестность. Компактные множества.
28. Отображение множеств. Понятие функции. Определение. Классы функций. Понятие обратной функции. Суперпозиция функций. Предел функции. Непрерывность. Свойства непрерывных функций.
29. Основы выпуклого анализа. Выпуклые множества и их свойства. Комбинации точек и оболочки множеств. Многогранные множества и их свойства.
30. Числовые последовательности. Предел числовой последовательности. Существование верхней грани ограниченного сверху множества. Теорема о пределе монотонной последовательности. Теорема Больцано-Вейерштрасса. Необходимый и достаточный признак сходимости последовательности.
31. Основы выпуклого анализа. Выпуклые функции и их свойства. Операции в классе выпуклых функций.
32. Производная. Дифференциал. Основные теоремы дифференциального исчисления. Производные и дифференциалы высших порядков. Геометрический и механический смысл производной.
33. Ряд Тейлора. Разложение функций в ряд Тейлора(многочлен, тригонометрические функции).
34. Экстремумы, наибольшие и наименьшие значения. Необходимые и достаточные условия экстремума. Теорема Лагранжа. Условия постоянства, монотонности и выпуклости функции. Точки перегиба.
35. Первообразная и неопределенный интеграл. Определенный интеграл, условия его существования и свойства. Формула Ньютона-Лейбница.
36. Функциональные последовательности и ряды. Равномерная сходимость. Функциональные свойства суммы ряда.
37. Функционалы. Линейные и выпуклые функционалы. Непрерывные линейные функционалы. Сходимость в линейном топологическом и нормированном пространстве.
38. Линейные операторы. Определение и примеры. Непрерывность и ограниченность. Сопряженные операторы.
39. Мера. Измеримые функции. Интеграл Лебега.
40. Пространства суммируемых функций L^1 иL^2. Определения и основные свойства. Всюду плотные множества в L^1 и L^2.

41. Векторное пространство. Примеры и свойства. Линейная зависимость и независимость системы векторов. Базис и ранг.
42. Основы матричного анализа. Определитель. Обратная матрица. Устойчивость и обусловленность матриц.
43. Информатика как наука. Место информатики в системе наук. Понятие информации. Мера количества информации, единицы измерения. Энтропия и её роль в определении информации. Исторические этапы развития средств вычислительной техники как основы информационных технологий.
44. Представление различных видов информации в компьютере.
45. Системы счисления. Позиционные и непозиционные системы счисления. Представление чисел в различных позиционных системах счисления. Правило перевода чисел из десятичной системы счисления в любую другую и из любой системы счисления – в десятичную.
46. Методы и средства кодирования информации в виде данных.
47. Основные понятия и операции формальной логики. Алгебра логики.
48. Логические основы компьютера.
49. Понятие компьютерных сетей, их классификация. Конфигурация локальной сети. Способы объединения локальный сетей.
50. Архитектурные решения современных компьютеров. Принципы построения компьютеров
51. Функциональные элементы современного персонального компьютера. Состав и функции центрального процессора.
52. Характеристики внутренней памяти компьютера. Внешняя память компьютера. Носители информации и их основные характеристики.
53. Классификация компьютеров
54. Программное обеспечение. Классификация программного обеспечения.
55. Операционная система компьютера. Файловая система.
56. Компьютерные вирусы: способы распространения, защита от вирусов.
57. Понятие алгоритма и его свойства, базовые алгоритмические конструкции, средства записи алгоритмов.
58. Этические и правовые аспекты информационной деятельности человека. Правовая охрана программ и данных. Защита информации.
59. Принятие решений. Общая проблема решения. Функция потерь. Байесовский и минимаксный подходы. Метод последовательного принятия решения.
60. Исследование операций и задачи искусственного интеллекта. Экспертизы и неформальные процедуры. Автоматизация проектирования. Искусственный интеллект. Распознавание образов.
61. Основные этапы в информационном развитии общества. Основные черты информационного общества. Информатизация.
62. Интерполяция и аппроксимация функциональных зависимостей.
63. Постановка задачи интерполирования функций. Линейное и обратное интерполирование.
64. Постановка задачи интерполирования функций. Интерполяционные полиномы Лагранжа для произвольных и равноотстоящих узлов. Оценка погрешности.
65. Постановка задачи интерполирования функций. Конечные разности. Интерполяционные полиномы Ньютона для равноотстоящих узлов. Оценка погрешности.
66. Постановка задачи интерполирования функций. Разделённые разности. Интерполяционный полином Ньютона для произвольных узлов. Оценка погрешности.
67. Численное дифференцирование и интегрирование.
68. Численное решение обыкновенных дифференциальных уравнений. Теорема Пикара. Метод Эйлера, модифицированный метод Эйлера, методы Рунге-Кутты. Подходы к оценке погрешности.

69. Решение нелинейных уравнений с одной переменной. Задача отделения корней. Метод Ньютона. Сходимость. Алгоритм метода.
70. Решение нелинейных уравнений с одной переменной. Задача отделения корней. Метод хорд. Сходимость. Алгоритм метода.
71. Решение нелинейных уравнений с одной переменной. Задача отделения корней. Метод простых итераций. Сходимость. Преобразование уравнения для применения метода простых итераций. Алгоритм метода.
72. Постановка задачи численного интегрирования функций. Методы прямоугольников. Оценка погрешности. Правило двойного счёта. Алгоритм метода.
73. Постановка задачи численного интегрирования функций. Метод трапеций. Оценки погрешности. Правило двойного счёта. Алгоритм метода.
74. Постановка задачи численного интегрирования функций. Метод парабол. Оценка погрешности. Правило двойного счёта. Алгоритм метода.
75. Задача численного дифференцирования функции и её некорректность. Разностные формулы. Двухточечная аппроксимация.
76. Задача численного дифференцирования функции и её некорректность. Метод неопределённых коэффициентов.
77. Постановка задачи обработки экспериментальных данных. Метод наименьших квадратов. Нахождение приближающей функции в виде линейной функции.
78. Решение систем линейных алгебраических уравнений. Метод Зейделя. Сходимость. Алгоритм метода.
79. Прямые методы решения систем линейных алгебраических уравнений и основные методы факторизации матриц.
80. Итерационные методы решения систем линейных алгебраических уравнений.
81. Решение систем линейных алгебраических уравнений. Метод простых итераций. Сходимость. Алгоритм метода.
82. Численные методы решения полной и частичной задач нахождения собственных значений и собственных векторов матриц.
83. Преобразования Фурье, Хаара и др. Дискретное преобразование Фурье.
84. Численные методы вейвлет-анализа.
85. Численные методы поиска экстремума. Градиентные методы.
86. Численные методы решения систем нелинейных уравнений.
87. Численные методы решения систем обыкновенных дифференциальных уравнений. Явные и неявные методы. Решение «жестких» задач.
88. Численные методы решения уравнений в частных производных. Конечно-разностные методы, проекционный метод Галеркина и метод конечных элементов.
89. Постановка задачи линейного программирования(ЛП). Виды задач ЛП. Графическое решение задачи ЛП. Свойства допустимого множества задачи ЛП. Переход от общей задачи ЛП к канонической. Идея симплекс-метода и нахождение начального базиса. Симплекс-метод.

3.4. Критерии оценивания результата вступительного испытания

Уровень знаний поступающего оценивается экзаменационной комиссией по балльной системе.

Критерии экспертного анализа и оценки качества знаний на вступительном экзамене по специальной дисциплине за вопросы на билет

Критерий	Количество баллов
В ответе отражены основные концепции и теории по данному вопросу, проведен их критический анализ и сопоставление, описанные теоретические положения иллюстрируются практическими примерами и экспериментальными данными. Абитуриентом формулируется и обосновывается собственная точка	100 - 80

зрения на заявленные проблемы, материал излагается профессиональным языком с использованием соответствующей системы понятий и терминов	
В ответе описываются и сравниваются основные современные концепции и теории по данному вопросу, описанные теоретические положения иллюстрируются практическими примерами, абитуриентом формулируется собственная точка зрения на заявленные проблемы, однако он испытывает затруднения в ее аргументации. Материал излагается профессиональным языком с использованием соответствующей системы понятий и терминов	79 - 59
В ответе отражены лишь некоторые современные концепции и теории по данному вопросу, анализ и сопоставление этих теорий не проводится. Абитуриент испытывает значительные затруднения при иллюстрации теоретических положений практическими примерами. У абитуриента отсутствует собственная точка зрения на заявленные проблемы. Материал излагается профессиональным языком с использованием соответствующей системы понятий и терминов.	58 - 45
Ответ не отражает современные концепции и теории по данному вопросу. Абитуриент не может привести практических примеров. Материал излагается языком, без использования терминологий и понятий соответствующей научной области.	44 - 0

• Максимальное количество баллов, полученных за ответы на 3 вопроса, составляет 100 баллов.

• Минимальное количество баллов, подтверждающее успешное прохождение вступительного испытания составляет 45 баллов.

4. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

4.1. Основная литература

1. Колмогоров А.Н., Фомин С.В. Функциональный анализ. М.: Наука, 2014.
2. Колмогоров А.Н., Фомин С.В. Элементы теории функций и функционального анализа. – М.: Физматлит, 2004.
3. Васильев Ф.П. Численные методы решения экстремальных задач. М.: Наука, 1981.
4. Васильев Ф.П. Методы оптимизации. – М.: Факториал Пресс, 2002.
5. Боровков А.А. Теория вероятностей. М.: Наука, 2004.
6. Боровков А.А. Математическая статистика. М.: Наука, 2004.
7. Калиткин Н.Н. Численные методы. М.: Наука, 2008.
8. Самарский А.А., Михайлов А.П. Математическое моделирование. М.: Физматлит, 1997.
9. Математическое моделирование/ Под ред. А.Н. Тихонова, В.А. Садовничего и др. М.: Изд-во МГУ, 1993.
10. Лебедев В.В. Математическое моделирование социально-экономическихпроцессов. М.: ИЗОГРАФ, 1997.
11. Петров А.А., Поспелов И.Г., Шананин А.А. Опыт математическогомоделирования экономики. М.: Энергоатомиздат, 1996.
12. Пытьев Ю.П. Методы математического моделирования измерительно-вычислительных систем. М.: Физматлит, 2002.
13. Кудинов, Ю.И. Основы современной информатики [Эл.ресурс] / Ю.И.Кудинов, Ф.Ф. Пащенко. - М.: Лань, 2009. – 256 с.

14. Чернов, В. И., Информатика. Книга1. Основы общей информатики [Эл.ресурс] / В.И. Чернов, И.Э. Есауленко, М.В.Фролов, С.Н.Семенов– М., Дрофа, 2008. – 256 с.
15. Советов, Б. Я. Моделирование систем: учеб. для вузов/ Б. Я. Советов, С. А. Яковлев. -5-е изд., стер. -М.: Высш. шк., 2007. -343 с.

4. 2. Дополнительная литература

1. Корнеенко, В. П. Методы оптимизации: учебник/ В. П. Корнеенко. -М.:Высш. шк., 2007. -664 с.
2. Алексеев, В.М. Оптимальное управление[Электронный ресурс] / Алексеев В.М., Тихомиров В.М., Фомин С.В. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2007. - 408 с
3. Корнеенко, В. П. Методы оптимизации: учебник[Текст]/ В. П. Корнеенко. – М.: Высш. шк., 2007. –664 с.
4. 4 Пантелеев, А. В. Методы оптимизации в примерах и задачах: учеб.пособие[Текст] / А. В. Пантелеев, Т. А. Летова. –3-е изд., стер. – М.: Высш. шк., 2008. –544 с.
5. Афанасьев, М. Ю. Прикладные задачи исследования операций:Учеб.пособие[Эл. ресурс] / М.Ю. Афанасьев, К.А. Багриновский, В.М. Матюшок. – М.: ИНФРА-М, 2006. – 352 с.
6. Алексеев В.М., Галеев Э.М., Тихомиров В.М. Сборник задач по оптимизации. Теория. Примеры. Задачи. – М.: Физматлит, 2007.
7. Афанасьев В.Н., Колмановский В.Б., Носов В.Р. Математическая теория конструирования систем управления. – М.: Высшая школа, 2003.
8. Благодатских В. И. Введение в оптимальное управление (линейная теория) – М.: Высшая школа, 2001.
9. Босс В. Лекции по математике. Том7. Оптимизация. – М.: Дом Книга, 2007.
10. Косоруков О.А., Мищенко А.В. Исследование операций. – М.: Экзамен, 2003.
11. Карманов В.Г. Математическое программирование. – М.: Физматлит, 2001.
12. Вержбицкий В.М. Основы численных методов: учеб.для вузов. – М.: Высшая школа, 2002.