

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования «Национальный исследовательский университет  
«Высшая школа экономики»

УТВЕРЖДАЮ

Проректор

\_\_\_\_\_ С.Ю. Рошин

Одобрено на заседании Академического  
совета Аспирантской школы  
по компьютерным наукам  
Протокол № \_\_\_\_ от \_\_\_\_ .03.2017

Согласовано

Академический директор Аспирантской  
школы по компьютерным наукам  
\_\_\_\_\_ С.А. Объедков

**Программа вступительного испытания по специальности по  
направлению 02.06.01 Компьютерные и информационные науки  
для поступающих на программы подготовки научно-педагогических кадров в  
аспирантуре**

**Профиль 05.13.01 «Системный анализ, управление и обработка информации»  
Профиль 05.13.11 «Математическое и программное обеспечение вычислительных  
машин, комплексов и компьютерных сетей»  
Профиль 05.13.17 «Теоретические основы информатики»  
Профиль 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы  
программ»**

Москва, 2017



Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики» Программа вступительного испытания по направлению 02.06.01 Компьютерные и информационные науки, профиль 05.13.01 «Системный анализ, управление и обработка информации», профиль 05.13.11 «Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей», профиль 05.13.17 «Теоретические основы информатики», профиль 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»

## **1. Область применения и нормативные ссылки**

Программа вступительного испытания сформирована на основе федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования по программам специалитета или магистратуры.

## **2. Структура вступительного испытания**

**Форма проведения:** вступительные испытания по профилям 05.13.01 «Системный анализ, управление и обработка информации», 05.13.11 «Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей», 05.13.17 «Теоретические основы информатики» и 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» состоят из двух частей: оценка индивидуальных достижений (исследовательского потенциала) и оценка знаний по профилю подготовки.

### **2.1. Оценка индивидуальных достижений (исследовательского потенциала)**

Оценка индивидуальных достижений (исследовательского потенциала) основывается на представленных абитуриентом документах и собеседовании с абитуриентом. Абитуриент может (но не обязан) предоставить следующие документы:

1. Резюме (CV), включающее список публикаций, сведения об участии в конференциях, школах, исследовательских проектах, научных грантах, опыте работы, знании языков и т.д. Резюме может быть составлено на русском или английском языке (по желанию абитуриента).
2. Описание исследовательского проекта (не более четырех страниц), который поступающий предполагает реализовать во время обучения в аспирантуре, на русском или английском языке. Описание проекта должно содержать краткое введение в область предполагаемого исследования; описание задач, которыми поступающий предполагает заниматься в аспирантуре; обоснование их теоретической или практической значимости; краткое описание существующих подходов к решению этих задач и подходов, которые собирается развивать поступающий.
3. Копия документа об образовании с перечнем пройденных дисциплин и оценок по этим дисциплинам.
4. Рекомендательное письмо от сотрудника НИУ ВШЭ, в котором отражено его согласие выступить научным руководителем абитуриента в аспирантуре.
5. Рекомендательное письмо от руководителя одной из научных лабораторий НИУ ВШЭ, в котором выражен интерес лаборатории к предполагаемому диссертационному



Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики» Программа вступительного испытания по направлению 02.06.01 Компьютерные и информационные науки, профиль 05.13.01 «Системный анализ, управление и обработка информации», профиль 05.13.11 «Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей», профиль 05.13.17 «Теоретические основы информатики», профиль 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»

исследованию абитуриента и готовность сотрудничать с абитуриентом в случае его поступления в аспирантуру.

6. Научные публикации абитуриента (в виде файлов в формате PDF).
7. Текст магистерской диссертации (в виде файла в формате PDF).
8. Документы, подтверждающие участие абитуриента в выполнении научно-исследовательских работ (отчет по НИР, отзыв руководителя НИР о работе абитуриента).
9. Дипломы и сертификаты, подтверждающие академические достижения абитуриента (победы в студенческих олимпиадах, конкурсах студенческих работ, получение индивидуальных академических стипендий и грантов на обучение).

Максимальная возможная оценка составляет 50 баллов. Оценка формируется из следующих частей:

Критерий оценки	Количество баллов
Степень проработанности исследовательского проекта, который поступающий предполагает реализовать во время обучения в аспирантуре; его соответствие выбранному направлению подготовки и тематике научных исследований, осуществляемых в соответствующем подразделении НИУ ВШЭ; наличие у абитуриента задела по проекту.	до 20 баллов
Наличие рекомендательного письма от потенциального научного руководителя.	10 баллов
Наличие рекомендательного письма от руководителя одной из научных лабораторий НИУ ВШЭ, подтверждающее интерес лаборатории к предполагаемому диссертационному исследованию абитуриента.	до 5 баллов
Уровень представленных публикаций, их соответствие предполагаемой тематике исследований, личный вклад абитуриента (в случае соавторства).	до 10 баллов
Опыт участия абитуриента в исследовательских проектах.	до 5 баллов

**Минимальное количество баллов, необходимых для участия в конкурсе по итогам оценки индивидуальных достижений – 15 баллов.**



Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики» Программа вступительного испытания по направлению 02.06.01 Компьютерные и информационные науки, профиль 05.13.01 «Системный анализ, управление и обработка информации», профиль 05.13.11 «Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей», профиль 05.13.17 «Теоретические основы информатики», профиль 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»

## **2.2. Оценка знаний по профилю подготовки**

Оценка знаний по профилю подготовки проводится в устной форме с обязательным оформлением ответов на вопросы билета в письменном виде. Абитуриент получает два вопроса, соответствующих программе экзамена (см. пункт 3). Абитуриенту предоставляется 40 минут на подготовку, после чего абитуриент отвечает на вопросы. Абитуриенту могут быть заданы дополнительные вопросы или задачи в рамках программы экзамена.

Максимальная возможная оценка составляет 50 баллов. **Минимальное количество баллов, необходимых для участия в конкурсе по итогам оценки знаний по профилю подготовки – 15 баллов.**

Вступительное испытание проводится на русском или английском языке (по желанию абитуриента). По предварительному согласованию с абитуриентом вступительное испытание может проводиться дистанционно с использованием информационных технологий.

В случае набора абитуриентами равного количества баллов (полупроходного балла), преимущества получает абитуриент, соответствующий перечисленным ниже критериями. Критерии представлены в порядке убывания значимости.

1. Более высокая, чем у других абитуриентов с полупроходным баллом, оценка за вступительное испытание по специальности;
2. Наличие опыта работы в исследовательском проекте по направлениям, релевантным исследованиям научного руководителя, существующим проектам лабораторий департамента, специфике направления обучения в аспирантуре.
3. Наличие опубликованных статей в международных рецензируемых научных журналах, индексируемых в Scopus или Web of Science, участие с докладами в конференциях уровня А\* или А по рейтингу CORE (версия 2014 года).

## **3.1 Содержание программы оценки знаний по профилю подготовки «05.13.01 Системный анализ, управление и обработка информации»**

Вступительный экзамен в аспирантуру по специальности 05.13.01 «Системный анализ, управление и обработка информации» проводится в устной форме с обязательным оформлением ответов на вопросы билета в письменном виде. Поступающие должны продемонстрировать знание следующих тем:



Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики» Программа вступительного испытания по направлению 02.06.01 Компьютерные и информационные науки, профиль 05.13.01 «Системный анализ, управление и обработка информации», профиль 05.13.11 «Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей», профиль 05.13.17 «Теоретические основы информатики», профиль 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»

## **1. Основные понятия и задачи системного анализа**

Понятие о системном подходе, системном анализе. Выделение системы из среды, определение системы. Системы и закономерности их функционирования и развития.

Управляемость, достижимость, устойчивость. Модели систем: статические, динамические, концептуальные, топологические, формализованные (процедуры формализации моделей систем), информационные, логико-лингвистические, семантические, теоретико-множественные и др.

Классификация систем. Естественные, концептуальные и искусственные, простые и сложные, целенаправленные, целеполагающие, активные и пассивные, стабильные и развивающиеся системы.

Основные методологические принципы анализа систем. Задачи системного анализа. Роль человека в решении задач системного анализа.

## **2. Методы оптимизации**

Математическое программирование. Типы экстремумов функций многих переменных, условия локального экстремума, метод множителей Лагранжа. Основные понятия выпуклого программирования. Седловые точки. Функция Лагранжа. Теорема Куна – Таккера и ее геометрическая интерпретация. Современные методы градиентной оптимизации.

Формулировка задачи линейного программирования (ЛП), экономическая интерпретация. Понятия опорного плана и базиса, вырожденность и невырожденность задач ЛП, основные принципы симплекс-метода. Основные теоремы ЛП.

Потоки в сетях. Теорема Форда – Фалкерсона. Транспортная задача.

Динамическое программирование. Примеры задач, решаемых методом динамического программирования. Задача оптимального управления и принцип максимума Понтрягина.

## **3. Алгебра**

Линейное пространство. Линейная зависимость. Базис. Системы линейных уравнений (СЛУ). Критерий совместности СЛУ. Обратная и псевдообратная матрицы.

Линейные операторы. Собственные векторы и собственные значения квадратной матрицы и симметричной квадратной матрицы. Диагонализация матрицы линейного оператора. Сингулярные числа прямоугольных матриц и их связь с собственными числами ассоциированных матриц. Матричные разложения (сингулярное разложение, QR-разложение, LU-разложение, разложение Холецкого).

Скалярное произведение. Ортогональность. Процесс ортогонализации Грама – Шмидта. Билинейные и квадратичные формы. Знакоопределенные и полуопределенные квадратичные формы и их свойства.



Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики» Программа вступительного испытания по направлению 02.06.01 Компьютерные и информационные науки, профиль 05.13.01 «Системный анализ, управление и обработка информации», профиль 05.13.11 «Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей», профиль 05.13.17 «Теоретические основы информатики», профиль 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»

Теорема Перрона-Фробениуса для неотрицательных матриц. Степенной метод отыскания максимального собственного числа и соответствующего собственного вектора; условия сходимости.

Понятие группы. Нормальный делитель и фактор-группа. Решетки и полурешетки. Булева алгебра.

#### **4. Основы теории вероятностей и математической статистики**

Случайные величины. Распределение дискретных случайных величин. Характеристики распределений. Основные законы распределения непрерывных случайных величин. Функции плотности распределения, свойства и квантили одномерной, двумерной и  $n$ -мерной нормальной случайной величины. Распределения хи-квадрат, Стьюдента, Снедекора – Фишера, логнормальное и равномерное.

Закон больших чисел (в форме Чебышева) как выражение свойства статистической устойчивости среднего значения. Центральная предельная теорема.

Генеральная совокупность, выборка и ее основные характеристики (среднее значение, дисперсия, асимметрия, квантили, функции распределения и плотности). Понятие статистической гипотезы и статистического критерия. Основные понятия теории статистических оценок и свойства оценок (несмещенность, состоятельность, асимптотическая нормальность, эффективность).

#### **5. Игры и решения**

Классификация задач принятия решений. Этапы принятия решений.

Модели индивидуального выбора. Отношения порядка и квазипорядка. Функция выбора. Понятия наследуемости и независимости. Теория полезности.

Экспертные методы в принятии решений. Принятие решений при многих критериях. Множество Парето. Процедуры выбора части множества Парето. Методы решения многокритериальных задач: методы свертки, пороговые методы.

Анализ эффективности затрат АЭЗ (методы затраты – эффект).

Нечеткие множества и алгебра нечетких множеств. Нечеткие отношения. Принцип обобщения Заде. Нечеткие числа и нечеткая арифметика. Многокритериальное принятие решений при нечетких ограничениях.

Некооперативные игры. Антагонистические игры. Решение матричной игры. Понятие стратегии. Доминантные стратегии. Равновесие по Нэшу в чистых и смешанных стратегиях.

Кооперативные игры. Ядро. Цена игры Шепли. Простые игры.

#### **6. Алгоритмы и вычислительная сложность**



Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики» Программа вступительного испытания по направлению 02.06.01 Компьютерные и информационные науки, профиль 05.13.01 «Системный анализ, управление и обработка информации», профиль 05.13.11 «Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей», профиль 05.13.17 «Теоретические основы информатики», профиль 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»

Алгоритмы и структуры данных. Асимптотический анализ сложности алгоритмов. Подходы к проектированию алгоритмов: «разделяй и властвуй», динамическое программирование, жадная стратегия. Алгоритмы сортировки, двоичного поиска. Алгоритмы на графах: обход графа, поиск кратчайших путей, построение минимального остовного дерева. Двоичные деревья поиска, кучи, хеш-таблицы.

Машина Тьюринга. Тезис Черча. Неразрешимость проблемы останова машины Тьюринга. Классы задач P и NP, примеры. Сводимость задач по Карпу и Тьюрингу. NP-полнота. Теорема Кука.

## **7. Дискретный анализ и представление знаний**

Комбинаторные методы дискретного анализа. Классические задачи комбинаторного анализа. Разбиения и размещения. Основные комбинаторные тождества. Задачи о кодировании информации. Перечислительные задачи о назначениях.

Бинарные отношения и графы. Способы представления графов.

Пути в графе. Связность. Теорема о связанности двух вершин, имеющих нечетную локальную степень. Максимальное число ребер в графе с  $n$  вершинами и  $k$  связными компонентами. Достаточное условие связности графа с  $n$  вершинами. Деревья. Связанность любых двух вершин дерева единственным простым путем. Проблема визуализации деревьев.

Формализмы, основанные на математической логике. Современные логики. Логический вывод.

## **Список рекомендуемой литературы**

1. Айвазян С.А., Мхитарян В.С. Прикладная статистика и основы эконометрики. — М.: ЮНИТИ, 1998 (разделы 1 и 2).
2. Айзерман М.А., Алескерев Ф.Т. Выбор вариантов (основы теории). — М.: Наука, 1990.
3. Акимов О.Е. Дискретная математика: логика, группы, графы. — М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2001.
4. Алексеев А.А., Имаев Д.Х., Кузьмин Н.Н., Яковлев В.Б. Теория управления. — СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 1999.
5. Алескерев Ф.Т., Ортешук П. «Выборы. Голосование. Партии» — М.: Академия, 1995.
6. Алескерев Ф.Т., Хабина Э.Л., Шварц Д.А. Бинарные отношения, графы и коллективные решения. — М.: Физматлит, 2013.
7. Афанасьев В.Н., Колмановский В.Б., Носов В.Р. Математическая теория конструирования систем управления. — М.: Высшая школа, 2003.
8. Афанасьев В.Н. Управление неопределенными динамическими объектами. — М.: Физматлит, 2008.



Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики» Программа вступительного испытания по направлению 02.06.01 Компьютерные и информационные науки, профиль 05.13.01 «Системный анализ, управление и обработка информации», профиль 05.13.11 «Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей», профиль 05.13.17 «Теоретические основы информатики», профиль 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»

9. Басакер Р., Саати Т. Конечные графы и сети. — М.: Наука, 1974.
10. Беклемишев Д.В. Курс аналитической геометрии и линейной алгебры. — 10-е изд., испр. — М.: Физматлит, 2005.
11. Васильев Ф.П. Методы оптимизации. — М.: Факториал Пресс, 2002.
12. А. Л. Васин, В. В. Морозов Теория игр и модели математической экономики. — М., Макс Пресс, 2005.
13. Вентцель Е.С. Исследование операций. Задачи, принципы, методология. — М.: Наука, 1988.
14. Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. Прикладные задачи теории вероятностей. — М: Радио и связь, 1983.
15. Винберг Э.Б. Курс алгебры. — М.: Факториал, 1999.
16. Волкова В.Н. Денисов А.А. Основы теории систем. — С.-Пб: Издательство СПбГТУ, 2004.
17. Гэри М., Джонсон Д. Вычислительные машины и труднорешаемые задачи. — М.: Мир, 5 1982.
18. Дураков Б. К. Краткий курс высшей алгебры. — М.: Физматлит, 2006.
19. Емеличев В.А. Лекции по теории графов. — М.; Наука, 1990.
20. Ерусалимский Я.М. Дискретная математика: теория, задачи, приложения. — М.: Вузовская книга, 1999.
21. Журавлёв Ю.И., Флёров Ю.А. Дискретный анализ. Ч.1: Учебное пособие. — М.: Изд-во МФТИ, 1999.
22. Ивченко Г.Н., Медведев Ю.И. Математическая статистика. — М.: Высшая школа, 1984.
23. Калашников В.В. Сложные системы и методы их анализа. — М.: Знание, 1980.
24. Кини Р., Райфа Х. Принятие решений при многих критериях. — М.: Радио и связь, 1981.
25. Колмогоров А.Н. и Фомин С.В. Элементы теории функций и функционального анализа. — М.: Наука, 1976
26. Кормен Т.Х., Лейзерсон Ч.И., Ривест Р.Л., Штайн К. Алгоритмы: построение и анализ, 2-е издание. — М.: Вильямс, 2007
27. Кузнецов О.П., Дискретная математика для инженера. — М.: Лань, 2004.
28. Перегудов Ф.И., Тарасенко Ф.П. Введение в системный анализ. — М.: ВШ, 1989.
29. Ларичев О.И. Теория и методы принятия решений. — М.: Логос, 2002.
30. Литвак Б.Г. Экспертные оценки и принятие решений. — М.: Патент. — 272 с.
31. Лотов А.В., Бушенков В.А., Каменев Г.К., Черных О.Л. Компьютер и поиск компромисса. — М.: Наука, 1997.
32. Миркин Б.Г. Проблема группового выбора. — М.: Наука, 1974.
33. Нефедов В.Н., Осипова В.А. Курс дискретной математики. — М.: Изд-во МАИ, 1992.
34. Оре О. Графы и их применение. — М.: Мир, 1965.
35. Печерский С.Л., Яновская Е.Б. Кооперативные игры: решения и аксиомы. — Европейский университет в СПб, 2004.





Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики» Программа вступительного испытания по направлению 02.06.01 Компьютерные и информационные науки, профиль 05.13.01 «Системный анализ, управление и обработка информации», профиль 05.13.11 «Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей», профиль 05.13.17 «Теоретические основы информатики», профиль 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»

36. Подиновский В.В., Ногин В.Д. «Парето-оптимальные решения многокритериальных задач», — М.: Физматлит, 2007.
37. Подиновский В.В., Потапов М.А. Методы анализа и системы поддержки принятия решений. / Учебное пособие. МФТИ. — М.: Компания Спутник+. 2003. Гл.3.
38. Просветов Г. И. Линейная алгебра и аналитическая геометрия: задачи и решения. — М.: Альфа-Пресс, 2009.
39. Рассел С., Норвиг П. Искусственный интеллект: современный подход, 2-е изд. — М.: Вильямс, 2006.
40. Ройтенберг Я.Н. Автоматическое управление. — 2-ое доп. изд. — М.: Наука, 1978.
41. Рыков А.С. Методы системного анализа: Многокритериальная и нечеткая оптимизация, моделирование и экспертные оценки. — М.: Экономика, 1999.
42. Севастьянов Б.А. Курс теории вероятностей и математическая статистика. — М.: Наука, 1982.
43. Шведов А.С. Теория вероятностей и математическая статистика. Учебное пособие для студентов экономических специальностей. — М.: изд-во ВШЭ, 1995.
44. Тутубалин В.Н. Теория вероятностей. М.: изд-во МГУ, 1977.
45. Фихтенгольц Г.М. Курс дифференциального и интегрального исчисления. — М.: Физматлит, 2001.

### **3.2 Содержание программы оценки знаний по профилю подготовки «05.13.11 Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей»**

Вступительный экзамен в аспирантуру по специальности 05.13.11 «Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей» проводится в устной форме с обязательным оформлением ответов на вопросы билета в письменном виде. Поступающие должны продемонстрировать знание следующих тем:

#### **1. Дискретная математика**

Основные понятия теории множеств. Операции над множествами. Булеан. Алгебра подмножеств. Диаграммы Эйлера-Венна. Представление множеств в компьютере. Определение и свойства отношений. Замыкание отношений относительно различных свойств. Отношения частичного и полного порядка. Диаграммы Хассе. Отношение эквивалентности. Классы эквива-



Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики» Программа вступительного испытания по направлению 02.06.01 Компьютерные и информационные науки, профиль 05.13.01 «Системный анализ, управление и обработка информации», профиль 05.13.11 «Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей», профиль 05.13.17 «Теоретические основы информатики», профиль 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»

лентности. Фактормножества. Представление отношений в компьютере. Функции. Инъекция, сюръекция и биекция. Представление функций в компьютере.

Алгебраические структуры. Алгебры. Свойства операций. Морфизмы. Полугруппы. Моноиды. Группы. Кольца. Области целостности. Поля. Векторные пространства. Линейные комбинации. Базис и размерность. Решетки.

Булевы алгебры. Матроиды. Жадный алгоритм. Булевы функции. Реализация функций формулами. Равносильные формулы. Тавтология. Противоречие. Выполнимость. Опровержимость. Подстановка и замена. Алгебра булевых функций. Принцип двойственности. Нормальные формы. Дизъюнктивные и конъюнктивные разложения Шеннона. Совершенные дизъюнктивные и конъюнктивные нормальные формы. Ортогональность. Дизъюнктивные и конъюнктивные разложения Рида. Полином Жегалкина. Замыкание множества булевых функций. Замкнутые классы. Критерий Поста.

Логические исчисления. Логические связки. Формулы высказываний. Выводимость. Логическое следование и логическая эквивалентность. Формальные теории. Исчисление высказываний. Алгоритм унификации. Правила вывода. Дедукция. Предикаты и кванторы. Исчисление предикатов. Интерпретация. Полнота чистого исчисления предикатов. Теории первого порядка. Исчисления с равенством. Формальная арифметика. Интерпретация и модели. Общезначимость, непротиворечивость, полнота, независимость, разрешимость, аксиоматизируемость. Формулировка теоремы Черча о неразрешимости. Формулировка теоремы Геделя о неполноте. Аксиоматическое доказательство теорем. Доказательство от противного. Сведение к предположениям. Правило резолюции для исчисления высказываний и исчисления предикатов. Опровержение методом резолюций.

Комбинаторика: размещения, перестановки, сочетания с повторениями и без повторений. Подстановки. Группа подстановок. Циклы. Подстановки и перестановки. Инверсии. Биномиальные коэффициенты. Бином Ньютона. Свойства биномиальных коэффициентов. Треугольник Паскаля. Генерация перестановок. Упорядоченные и неупорядоченные разбиения. Числа Стирлинга первого и второго рода. Число Белла. Принцип включения и исключения. Производящие функции. Кодирование. Алфавитное кодирование. Разделимые и префиксные схемы. Кодирование с минимальной избыточностью. Цена кодирования. Алгоритм Фано. Оптимальное кодирование. Алгоритм Хаффмена. Помехоустойчивое кодирование. Кодирование с исправлением ошибок. Кодовое расстояние. Код Хемминга с исправлением ошибок. Сжатие данных. Алгоритм Лемпел-Зива. Шифрование. Криптография и стеганография. Криптостойкость. Модулярная арифметика. Шифрование с открытым ключом. Цифровая подпись.

Графы. Подграфы. Маршруты, цепи, циклы. Расстояние между вершинами. Связность. Полные, двудольные, направленные орграфы и сети. Представление графов в компьютере. Ацик-



Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики» Программа вступительного испытания по направлению 02.06.01 Компьютерные и информационные науки, профиль 05.13.01 «Системный анализ, управление и обработка информации», профиль 05.13.11 «Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей», профиль 05.13.17 «Теоретические основы информатики», профиль 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»

лические графы. Топологическая сортировка. Обходы графов. Графы и отношения. Достижимость и частичное упорядочение. Транзитивное замыкание. Компоненты связности. Точки сочленения. Вершинная и реберная связность. Мосты и блоки. Меры связности. Формулировка теоремы Менгера. Непересекающиеся цепи и разделяющие множества. Формулировка теоремы Холла. Совершенное паросочетание. Потоки в сетях. Разрезы. Формулировка теоремы Форда и Фалкерсона. Алгоритм нахождения максимального потока. Сильная и слабая связность. Компоненты сильной связности. Кратчайшие пути. Алгоритм Флойда. Алгоритм Дейкстры. Деревья ориентированные, упорядоченные, бинарные. Представление деревьев в компьютере. Деревья сортировки. Способы реализации ассоциативной памяти. Алгоритмы поиска, вставки и удаления в дереве сортировки. Выровненные и сбалансированные деревья. Минимальное остовное дерево. Алгоритмы Прима и Краскала. Фундаментальные циклы и разрезы. Циклы и коциклы. Циклический и коциклический ранг. Эйлеровы циклы. Алгоритм построения Эйлерова цикла. Гамильтоновы циклы. Задача коммивояжера. Раскраска графов. Хроматическое число. Планарность. Укладка. Эйлерова характеристика. Проблема четырех красок.

## **2. Теория алгоритмов**

Формальное определение алгоритма: машины Тьюринга, машины Поста, нормальные алгоритмы Маркова, рекурсивные функции. Примитивно-рекурсивные функции. Функция Аккермана. Общерекурсивные и частично-рекурсивные функции. Основная гипотеза теории алгоритмов. Тезис Тьюринга. Тезис Черча. Эквивалентность алгоритмических систем.

Вычислимость и разрешимость. Нумерация алгоритмов. Универсальный алгоритм. Разрешимые и перечислимые множества. Алгоритмическая неразрешимость. Примеры алгоритмически неразрешимых проблем. Теорема Райса. Вычислительная сложность алгоритмов. Недетерминированная машина Тьюринга. Полиномиальная сводимость. Классы P и NP. Примеры NP-полных задач. Оценки сложности алгоритмов.

## **3. Формальные языки и грамматики**

Основные понятия и определения формальных языков и грамматик. Классификация грамматик и языков по Хомскому. Порождающие и аналитические (распознающие) грамматики. Регулярные грамматики, конечные автоматы и регулярные выражения. Минимизация детерминированных конечных автоматов. Контекстно-свободные грамматики и деревья вывода. Нормальные формы контекстно-свободных грамматик. Автоматы с магазинной памятью. Алгоритмически разрешимые и неразрешимые задачи. Формальное описание языка программирования. Лексический анализ языка. Инфиксная, польская префиксная и постфиксная формы записи. Описание синтак-



Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики» Программа вступительного испытания по направлению 02.06.01 Компьютерные и информационные науки, профиль 05.13.01 «Системный анализ, управление и обработка информации», профиль 05.13.11 «Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей», профиль 05.13.17 «Теоретические основы информатики», профиль 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»

сиса языка с помощью нормальной и расширенной форм Бэкуса-Наура. Синтаксический и семантический анализ языка.

#### **4. Теория и практика программирования**

Парадигма программирования. Императивное программирование. Декларативное программирование. Структурное программирование. Функциональное программирование. Логическое программирование. Автоматное программирование. Процедурное программирование. Объектно-ориентированное программирование. Прототипное программирование. Аспектно-ориентированное программирование. Компонентно-ориентированное программирование. Субъектно-ориентированное программирование. Аппликативное программирование. Обобщенное программирование. Доказательное программирование. Порождающее программирование. Агентно-ориентированное программирование. Событийно-ориентированное программирование. Грамотное программирование. Рефлексивное программирование. Распределенное программирование. Контрактное программирование. Параллельное программирование. Мультипарадигмальное программирование.

Типы и структуры данных. Статическая, динамическая, явная и неявная типизация. Приведение типов. Параметрический полиморфизм.

Управление памятью. Сборка мусора. Управление потоком вычислений. Рекурсия.

#### **5. Программное обеспечение: модели, методы, алгоритмы, языки и инструментальные средства**

Интерпретируемые и компилируемые программы. Платформозависимые и кроссплатформенные программы, способы обеспечения кроссплатформенности. Проприетарное, открытое и свободное программное обеспечение. Системное, прикладное и инструментальное программное обеспечение. Встроенное программное обеспечение и утилиты.

Средства и среды разработки программного обеспечения. Системы программирования: языки, трансляторы, редакторы связей, отладчики, текстовые редакторы. Типы модулей (исходный, загрузочный, объектный). Связывание модулей по управлению и данным. Понятие иерархии абстрактных машин. Система контроля версий. Система отслеживания ошибок.

Классификация SDK. Интерфейс программирования приложений API.

Структура и функции операционных систем (ОС). Основные средства аппаратной поддержки функций ОС: система прерываний, защита памяти, механизм преобразования адресов в системах виртуальной памяти, управление каналами и периферийными устройствами. Firmware — встроенные программы. Middleware — связующее (промежуточное) программное обеспечение. Классификация утилит операционных систем.



Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики» Программа вступительного испытания по направлению 02.06.01 Компьютерные и информационные науки, профиль 05.13.01 «Системный анализ, управление и обработка информации», профиль 05.13.11 «Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей», профиль 05.13.17 «Теоретические основы информатики», профиль 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»

Управление доступом к данным. Файловые системы (основные типы, характеристика).

Распределение и использование ресурсов вычислительной системы. Основные подходы и алгоритмы планирования. Управление памятью. Методы организации виртуальной памяти в современных ОС.

Интерфейсы взаимодействия человека с вычислительной системой. Оболочки. Интерпретаторы команд.

Организация сетевого взаимодействия в современных ОС.

Виды процессов и управление ими в современных ОС. Средства взаимодействия процессов. Модель клиент-сервер и ее реализация в современных ОС.

Структура современных распределенных ОС. Объектно-ориентированный подход в организации ОС.

Программные средства машинной графики, визуализации, обработки изображений, систем виртуальной реальности, мультимедийного общения.

Программные системы символьных вычислений.

Системы управления базами данных и знаний. Модели данных. Иерархическая, сетевая, реляционная, алгебра отношений. Примеры СУБД. Базы данных. Основные понятия языков управления и манипулирования данными. Организация физического уровня баз данных. Методы индексирования и сжатия данных. Язык баз данных SQL. Средства управления и изменения схемы базы данных, определения ограничений целостности. Контроль доступа.

Информационно-поисковые системы. Классификация. Методы реализации и методы ускорения поиска.

Понятие о базах знаний, их использование в экспертных системах и системах логического вывода. Способы представления знаний.

Жизненный цикл программного обеспечения. Средства моделирования архитектуры программного обеспечения. Оценка качества программного обеспечения. Измерение и метрики. Классификации видов и уровней тестирования.

Вычислительная точность, погрешность и ошибки.

Экспериментальные методы измерения загрузки процессора и использования памяти.

## **6. Архитектура вычислительных систем и сетей**

Понятие архитектуры вычислительных систем (ВС). Основные подходы к классификациям ВС. Основные принципы организации CISC, RISC, URISC, MISC и VLIW архитектур. Способы организации обработки информации в них.

Принципы организации и функционирования потоковых вычислителей и нейросетей. Понятие потоковой схемы программы.



Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики» Программа вступительного испытания по направлению 02.06.01 Компьютерные и информационные науки, профиль 05.13.01 «Системный анализ, управление и обработка информации», профиль 05.13.11 «Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей», профиль 05.13.17 «Теоретические основы информатики», профиль 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»

Основные методы организации многопроцессорных систем с распределенным управлением. Методы организации обработки информации в таких системах.

Системы с общей и распределенной памятью.

Основные принципы функционирования сетей ЭВМ. Классификация сетей по масштабу и топологии. Понятие сетевого протокола. Семиуровневая модель OSI/ISO. Сетевая архитектура TCP/IP: основные принципы организации и функционирования. Способы маршрутизации сообщений в компьютерных сетях. Основные принципы и средства управления сетью.

### Список рекомендуемой литературы:

1. Акимов О.Е. Дискретная математика: логика, группы, графы. — М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2001.
2. Андерсон Дж. Дискретная математика и комбинаторика. — М.: Вильямс, 2006.
3. Ахо А., Ульман Дж. Теория синтаксического анализа, перевода и компиляции. Т.1. Синтаксический анализ. — М.: Мир, 1978.
4. Ахо А., Ульман Дж. Теория синтаксического анализа, перевода и компиляции. Т.2. Компиляция. — М.: Мир, 1978.
5. Басакер Р., Саати Т. Конечные графы и сети. — М.: Наука, 1974.
6. Блейхут Р. Теория и практика кодов, контролирующих ошибки. — М.: Мир, 1986.
7. Вендров А.М. Case-технологии. Современные методы и средства проектирования информационных систем. — М.: Финансы и статистика, 1998.
8. Волкова И.А., Руденко Т.В. Формальные грамматики и языки. Элементы теории трансляции. — М.: МГУ, 1999.
9. Гарсия-Молина Г., Ульман Дж., Уидом Дж. Системы баз данных. Полный курс. — Вильямс, 2003.
10. Дейт К. Дж. Введение в системы баз данных. — 8-е изд. — М.: Вильямс, 2005.
11. Журавлёв Ю.И., Флёров Ю.А. Дискретный анализ. Ч.1: Учебное пособие. — М.: Изд-во МФТИ, 1999.
12. Касьянов В.Н., Евстигнеев В.А. Графы в программировании: обработка, визуализация и применение. — СПб.: БХВ-Петербург, 2003.
13. Коннолли Т., Бегг К. Базы данных. Проектирование, реализация и сопровождение. Теория и практика. — 3-е изд. — М.: Вильямс, 2003.
14. Кормен Т.Х., Лейзерсон Ч.И., Ривест Р.Л., Штайн К. Алгоритмы: построение и анализ, 2-е издание. — М.: Вильямс, 2007.
15. Кристофидес Н. Теория графов. Алгоритмический подход. — М.: Мир, 1978.
16. Крупский В.Н. Введение в сложность вычислений. — М.: Факториал Пресс, 2006.



Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики» Программа вступительного испытания по направлению 02.06.01 Компьютерные и информационные науки, профиль 05.13.01 «Системный анализ, управление и обработка информации», профиль 05.13.11 «Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей», профиль 05.13.17 «Теоретические основы информатики», профиль 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»

17. Кузнецов О.П. Дискретная математика для инженера. —СПб.: Издательство «Лань», 2005
18. Липский В. Комбинаторика для программиста. —М.: Мир, 1988
19. Морелос-Сарагоса Р. Искусство помехоустойчивого кодирования. Методы, алгоритмы, применение. —М.: Техносфера, 2006.
20. Новиков Ф.А. Дискретная математика для программистов. —СПб.: Питер, 2009.
21. Пентус А.Е., Пентус Е.Р. Теория формальных языков. —М.: МГУ, 2004.
22. Роберт У. Себеста. Основные концепции языков программирования. —5-е изд.—М.: Вильямс, 2001.
23. Роганов Е.А. Основы информатики и программирования.—М.: МГИУ, 2001.
24. Романовский И.В. Дискретный анализ. —СПб.: Невский Диалект, 2008.
25. Соммервилл И. Инженерия программного обеспечения. —6-е изд.—М.: Вильямс, 2002
26. Степанов А.Н. Архитектура вычислительных систем и компьютерных сетей. —СПб.: Питер, 2007.
27. Таненбаум Э.С. Современные операционные системы. —2-е изд. —СПб.: Питер, 2005.
28. Таненбаум Э.С., Вудхалл А.С. Операционные системы. Разработка и реализация. — 3-е изд. — СПб.: Питер, 2007.
29. Фатрелл Р.Т., Шафер Д.Ф., Шафер Л.И. Управление программными проектами: достижение оптимального качества при минимуме затрат. —М.: Вильямс, 2004.
30. Хаггарти Р. Дискретная математика для программистов. —Техносфера, 2012.
31. Харрингтон Дж. Проектирование объектно-ориентированных баз данных. —ДМКпресс, 2001.
32. Харрингтон Дж. Проектирование реляционных баз данных. — Лори, 2006.
33. Хопкрофт Дж., Мотвани Р., Ульман Дж. Введение в теорию автоматов, языков и вычислений. 2-е издание. — М.: Вильямс, 2008.
34. Яблонский С.В. Введение в дискретную математику. —М.: Наука, 1979

### **3.3 Содержание программы оценки знаний по профилю подготовки «05.13.17 Теоретические основы информатики»**

Вступительный экзамен в аспирантуру по специальности 05.13.17 «Теоретические основы информатики» проводится в устной форме с обязательным оформлением ответов на вопросы билета в письменном виде. Поступающие должны продемонстрировать знание следующих тем:

#### **1. Математический анализ и дифференциальные уравнения**



Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики» Программа вступительного испытания по направлению 02.06.01 Компьютерные и информационные науки, профиль 05.13.01 «Системный анализ, управление и обработка информации», профиль 05.13.11 «Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей», профиль 05.13.17 «Теоретические основы информатики», профиль 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»

Исследование точек оптимума и перегиба функций одной переменной с помощью производных. Полные системы функций (полиномы и тригонометрические функции). Разложение произвольной функции по полной системе функций; остаточный член.

Обыкновенные дифференциальные уравнения: теорема существования и единственности, линейные уравнения первого и второго порядков, однородные уравнения, классификация стационарных точек.

## **2. Методы оптимизации**

Математическое программирование. Типы экстремумов функций многих переменных, условия локального экстремума, метод множителей Лагранжа, их интерпретация. Основные понятия выпуклого программирования. Седловые точки. Функция Лагранжа. Теорема Куна – Таккера и ее геометрическая интерпретация. Современные методы градиентной оптимизации.

Формулировка задачи линейного программирования (ЛП). Понятия опорного плана и базиса, вырожденность и невырожденность задач ЛП, основные принципы симплекс-метода. Основные теоремы ЛП.

Динамическое программирование.

## **3. Алгебра**

Линейное пространство. Линейная зависимость. Базис. Системы линейных уравнений (СЛУ). Критерий совместности СЛУ. Обратная и псевдообратная матрицы.

Линейные операторы. Собственные векторы и собственные значения квадратной матрицы и симметричной квадратной матрицы. Диагонализация матрицы линейного оператора. Сингулярные числа прямоугольных матриц и их связь с собственными числами ассоциированных матриц. Матричные разложения (сингулярное разложение, QR-разложение, LU-разложение, разложение Холецкого).

Скалярное произведение. Ортогональность. Процесс ортогонализации Грама – Шмидта.

Билинейные и квадратичные формы. Знакоопределенные и полуопределенные квадратичные формы и их свойства.

Полугруппы и моноиды. Группы, кольца, поля. Идеалы. Модули. Полурешетки и решетки, дистрибутивные и булевы решетки.

## **4. Основы теории вероятностей и математической статистики**

Случайные величины. Распределение дискретных случайных величин. Характеристики распределений. Основные законы распределения непрерывных случайных величин. Функции плотности распределения, свойства и квантили одномерной, двумерной и n-мерной нормальной слу-





Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики» Программа вступительного испытания по направлению 02.06.01 Компьютерные и информационные науки, профиль 05.13.01 «Системный анализ, управление и обработка информации», профиль 05.13.11 «Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей», профиль 05.13.17 «Теоретические основы информатики», профиль 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»

чайной величины. Распределения хи-квадрат, Стьюдента, Снедекора – Фишера, логнормальное и равномерное.

Случайные процессы: основные понятия, классификация. Конечные цепи Маркова. Эргодическая теорема для конечной однородной цепи Маркова. Уравнение Чепмена – Колмогорова для дискретных и непрерывных цепей.

Закон больших чисел (в форме Чебышёва) как выражение свойства статистической устойчивости среднего значения. Центральная предельная теорема.

Генеральная совокупность, выборка и ее основные характеристики (среднее значение, дисперсия, асимметрия, квантили, функции распределения и плотности). Понятие статистической гипотезы и статистического критерия. Основные понятия теории статистических оценок и свойства оценок (несмещенность, состоятельность, асимптотическая нормальность, эффективность).

## **5. Основы теории множеств и математической логики**

Основные понятия теории множеств. Операции над множествами. Счетные множества. Кардинальные числа. Определение и свойства отношений. Замыкание отношений относительно различных свойств. Отношение эквивалентности. Классы эквивалентности.

Отношения частичного и полного порядка. Полурешетки и решетки как частично упорядоченные множества.

Синтаксис и семантика логики высказываний. Понятия выполнимости, общезначимости и логического следствия. Дизъюнктивные и конъюнктивные нормальные формы. Метод резолюции в логике высказываний.

Синтаксис и семантика логики предикатов первого порядка. Нормальные формы, эрбрановские интерпретации, теорема Эрбрана. Неразрешимость задач определения выполнимости и общезначимости формулы логики предикатов. Метод резолюции в логике предикатов.

Понятия полноты и непротиворечивости логической системы. Теоремы о полноте исчисления высказываний и логики предикатов первого порядка. Теоремы Геделя о неполноте.

## **6. Основы теории графов**

Бинарные отношения и графы. Способы представления графов. Подграфы. Маршруты, цепи, циклы. Связность. Компоненты связности в ориентированных и неориентированных графах.

Эйлеровы пути и циклы. Алгоритм построения эйлеровых циклов. Оценка сложности алгоритма. Гамильтоновы пути и циклы. Сложность задачи проверки существования гамильтонова цикла.

Раскраска графов. Хроматическое число.



Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики» Программа вступительного испытания по направлению 02.06.01 Компьютерные и информационные науки, профиль 05.13.01 «Системный анализ, управление и обработка информации», профиль 05.13.11 «Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей», профиль 05.13.17 «Теоретические основы информатики», профиль 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»

Двудольные графы. Паросочетания и алгоритм построения наибольшего паросочетания в двудольном графе.

Деревья. Связанность любых двух вершин дерева единственным простым путем. Способы представления деревьев. Сбалансированные двоичные деревья.

Алгоритмы на графах: обход графа, поиск кратчайших путей, построение минимального остовного дерева, нахождение максимального потока и минимального разреза.

### **7. Основы теории принятия решений**

Классификация задач принятия решений. Этапы принятия решений.

Модели индивидуального выбора. Отношения порядка и квазипорядка. Функция выбора. Понятия наследуемости и независимости. Теория полезности.

Экспертные методы в принятии решений. Принятие решений при многих критериях. Множество Парето. Процедуры выбора части множества Парето. Методы решения многокритериальных задач: методы свертки, пороговые методы.

Анализ эффективности затрат АЭЗ (методы затраты – эффект).

Системы поддержки принятия решений. Современные инструментальные средства и системы поддержки принятия решений.

### **8. Формальные языки и грамматики**

Основные понятия и определения формальных языков и грамматик. Классификация грамматик и языков по Хомскому. Порождающие и аналитические (распознающие) грамматики.

Регулярные грамматики, конечные автоматы и регулярные выражения. Минимизация детерминированных конечных автоматов. Построение детерминированного автомата, эквивалентного данному недетерминированному автомату. Лемма о разрастании для конечных автоматов и ее применение.

Контекстно-свободные грамматики и деревья вывода. Нормальные формы контекстно-свободных грамматик. Автоматы с магазинной памятью.

### **9. Алгоритмы и вычислительная сложность**

Машины Тьюринга, частично рекурсивные функции, машины с произвольным доступом к памяти (РАМ-машины). Тезис Черча. Неразрешимость проблемы останова машины Тьюринга.

Анализ сложности алгоритмов. Классы задач P и NP, примеры. Сводимость задач по Карпу и Тьюрингу. NP-полнота. Теорема Кука – Левина.

Классы задач по памяти: L, NL, coNL, PSPACE. Их соотношение с классами задач по времени.



Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики» Программа вступительного испытания по направлению 02.06.01 Компьютерные и информационные науки, профиль 05.13.01 «Системный анализ, управление и обработка информации», профиль 05.13.11 «Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей», профиль 05.13.17 «Теоретические основы информатики», профиль 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»

Вероятностные алгоритмы. Классы задач BPP, ZPP, RP.

Подходы к проектированию алгоритмов: «разделяй и властвуй», динамическое программирование, жадная стратегия. Алгоритмы сортировки, двоичного поиска, быстрое возведение в степень, вычисление расстояния Левенштейна. Двоичные деревья поиска, кучи, хеш-таблицы.

### **10. Анализ данных и основы машинного обучения**

Виды задач машинного обучения. Задача классификации. Простейшие методы классификации: решающие деревья, k ближайших соседей, линейная регрессия.

Оценка качества обучения: точность, полнота, F-мера. Явление переобучения. Обучающая и валидационная ошибка. Регуляризация алгоритмов классификации и восстановления регрессии.

Понятие сложности задачи обучения по Вапнику – Червоненкису.

Кластеризация: метод k средних, иерархическая кластеризация. Поиск зависимостей в данных. Ассоциативные правила.

Задачи и методы анализа текстовых данных. Тематическая категоризация, кластеризация документов, анализ мнений, информационный поиск, машинный перевод.

### **Список рекомендуемой литературы:**

1. Алескеров Ф.Т., Хабина Э.Л., Шварц Д.А. Бинарные отношения, графы и коллективные решения. — М.: Физматлит, 2013.
2. Арнольд В.И., Обыкновенные дифференциальные уравнения. — М.: Наука, 1984.
3. Басакер Р., Саати Т. Конечные графы и сети. — М.: Наука, 1974.
4. Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. Прикладные задачи теории вероятностей. — М: Радио и связь, 1983.
5. Воронцов К.В. Математические методы обучения по прецедентам (теория обучения машин). — <http://www.machinelearning.ru/wiki/images/6/6d/Voron-ML-1.pdf>
6. Гельфанд И.М. Лекции по линейной алгебре. — М: Наука 1971.
7. Гладкий А.В. Формальные грамматики и языки. — М.: Наука, 1973.
8. Гэри М., Джонсон Д. Вычислительные машины и труднорешаемые задачи. — М.: Мир, 1982.
9. Дасгупта С., Пападимитриу Х., Вазирани У. Алгоритмы. — М.: МНЦМО, 2014.
10. Кормен Т.Х., Лейзерсон Ч.И., Ривест Р.Л., Штайн К. Алгоритмы: построение и анализ. — 2-е издание: Пер. с англ. — М.: Вильямс, 2007.
11. Крупский В.Н. Введение в сложность вычислений. — М.: Факториал Пресс, 2006.
12. Кузнецов О.П. Дискретная математика для инженера. — М.: Лань, 2004.
13. Ларичев О.И. Теория и методы принятия решений. — М.: Логос, 2002.
14. Литвак Б.Г. Экспертные оценки и принятие решений. — М.: Патент, 1996.



Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики» Программа вступительного испытания по направлению 02.06.01 Компьютерные и информационные науки, профиль 05.13.01 «Системный анализ, управление и обработка информации», профиль 05.13.11 «Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей», профиль 05.13.17 «Теоретические основы информатики», профиль 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»

15. Мендельсон Э. Введение в математическую логику. — М.: Наука, 1971.
16. Миркин Б.Г. Проблема группового выбора. — М.: Наука, 1974.
17. Рассел С., Норвиг П. Искусственный интеллект: современный подход. — 2-е изд.: Пер. с англ.
18. Рудин У. Основы математического анализа. — М.: Мир, 1976.
19. Оре О. Графы и их применение. — М.: Мир, 1965; — Новокузнецк: Изд. отдел Новокузнецкого физико-математического ин-та, 2000.
20. Успенский В.А., Верещагин Н.К., Плиско В.Е. Вводный курс математической логики. — 2-е изд. — М.: Физматлит, 2004.
21. Хопкрофт Дж., Мотвани Р., Ульман Дж. Введение в теорию автоматов, языков и вычислений. — 2-е изд.: Пер. с англ. — М.: Вильямс, 2002.
22. Шведов А.С. Теория вероятностей и математическая статистика. Учебное пособие для студентов экономических специальностей. — М.: Изд-во ВШЭ, 1995.
23. Arora S., Barak B. Computational Complexity: A Modern Approach. — Cambridge University Press, 2009.
24. Bishop C. Pattern Recognition and Machine Learning. — Springer, 2006.
25. Jurafsky D., Martin, J.H. Speech and Language Processing. — Prentice Hall, 2008.
26. Flach P. Machine Learning: The Art and Science of Algorithms that Make Sense of Data. — Cambridge University Press, 2012.
27. Kleinberg J., Tardos E. Algorithm Design. — Addison-Wesley, 2005.
28. Moore C., Mertens S. The Nature of Computation. — Oxford University Press, 2011.
29. Sipser M. Introduction to the Theory of Computation. — Boston, Mass.: Thomson Course Technology, 2006.

### **3.4 Содержание программы оценки знаний по профилю подготовки «05.13.18 Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»**

Вступительный экзамен в аспирантуру по специальности 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» проводится в устной форме с обязательным оформлением ответов на вопросы билета в письменном виде. Поступающие должны продемонстрировать знание следующих тем:



Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики» Программа вступительного испытания по направлению 02.06.01 Компьютерные и информационные науки, профиль 05.13.01 «Системный анализ, управление и обработка информации», профиль 05.13.11 «Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей», профиль 05.13.17 «Теоретические основы информатики», профиль 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»

## **Раздел 1. Математическое моделирование**

### **1.1. Основы математического моделирования**

Основные принципы математического моделирования. Виды математических моделей. Области применения. Принципы построения математических моделей. Методы исследования математических моделей.

Компьютерное и имитационное моделирование. Методология имитационного моделирования. Область применения. Математический аппарат имитационного моделирования. Принципы и методы построения имитационных моделей.

Компьютерные среды и языки имитационного моделирования.

### **1.2. Математический анализ и дифференциальные уравнения**

Исследование точек оптимума и перегиба функций одной переменной с помощью производных. Полные системы функций (полиномы и тригонометрические функции). Разложение произвольной функции по полной системе функций; остаточный член.

Обыкновенные дифференциальные уравнения: теорема существования и единственности, линейные уравнения первого и второго порядков, однородные уравнения, классификация стационарных точек.

### **1.3. Методы оптимизации**

Математическое программирование. Типы экстремумов функций многих переменных, условия локального экстремума, метод множителей Лагранжа, их интерпретация. Основные понятия выпуклого программирования. Седловые точки. Функция Лагранжа. Теорема Куна - Таккера и ее геометрическая интерпретация.

Формулировка задачи линейного программирования (ЛП). Понятия опорного плана и базиса, вырожденность и невырожденность задач ЛП, основные принципы симплекс-метода. Основные теоремы ЛП.

Динамическое программирование.

### **1.4. Алгебра**

Линейное пространство. Линейная зависимость. Базис. Системы линейных уравнений (СЛУ). Критерий совместности СЛУ. Обратная и псевдообратная матрицы.

Линейные операторы. Собственные векторы и собственные значения квадратной матрицы и симметричной квадратной матрицы. Диагонализация матрицы линейного оператора. Сингулярные



Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики» Программа вступительного испытания по направлению 02.06.01 Компьютерные и информационные науки, профиль 05.13.01 «Системный анализ, управление и обработка информации», профиль 05.13.11 «Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей», профиль 05.13.17 «Теоретические основы информатики», профиль 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»

числа прямоугольных матриц и их связь с собственными числами ассоциированных матриц. Матричные разложения.

Скалярное произведение. Ортогональность. Процесс ортогонализации Грама – Шмидта.

Билинейные и квадратичные формы. Знакоопределенные и полуопределенные квадратичные формы и их свойства.

### **1.5. Основы теории вероятностей и математической статистики**

Случайные величины. Распределение дискретных случайных величин. Характеристики распределений. Основные законы распределения непрерывных случайных величин. Функции плотности распределения, свойства и квантили одномерной, двумерной и n-мерной нормальной случайной величины. Распределения хи-квадрат, Стьюдента, Снедекора – Фишера, логнормальное и равно мерное.

Закон больших чисел (в форме Чебышёва) как выражение свойства статистической устойчивости среднего значения. Центральная предельная теорема.

Генеральная совокупность, выборка и ее основные характеристики (среднее значение, дисперсия, асимметрия, квантили, функции распределения и плотности). Понятие статистической гипотезы и статистического критерия. Основные понятия теории статистических оценок и свойства оценок (несмещенность, состоятельность, асимптотическая нормальность, эффективность).

### **1.6. Случайные процессы и теория массового обслуживания**

Случайные процессы, основные понятия, их классификация. Конечные цепи Маркова. Э르고дическая теорема. Уравнение Чепмена – Колмогорова для дискретных и непрерывных цепей.

Понятие системы массового обслуживания (СМО). Классификация СМО. Системы массового обслуживания с отказами. Системы массового обслуживания без отказов. Поток заявок. Простейший поток. Поток с переменным параметром. Стационарные потоки. Потоки типа Пальма. Предельная теорема. Марковский поток. Уравнения Эрланга. Процесс типа «гибель и размножение».

### **1.7. Дискретный анализ**

Комбинаторные методы дискретного анализа. Классические задачи комбинаторного анализа. Разбиения и размещения. Основные комбинаторные тождества. Задачи о кодировании информации. Перечислительные задачи о назначениях.

Элементарная теория множеств. Булева алгебра. Логика высказываний. Построение ДНФ и КНФ логической функции. Логика предикатов первого порядка. Теорема о дедукции. Теорема о



Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики» Программа вступительного испытания по направлению 02.06.01 Компьютерные и информационные науки, профиль 05.13.01 «Системный анализ, управление и обработка информации», профиль 05.13.11 «Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей», профиль 05.13.17 «Теоретические основы информатики», профиль 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»

полноте. Методы логического вывода.

Бинарные отношения и графы. Способы представления графов.

Пути в графе. Связность. Теорема о связности двух вершин, имеющих нечетную локальную степень. Максимальное число ребер в графе с  $n$  вершинами и  $k$  связными компонентами. Достаточное условие связности графа с  $n$  вершинами. Деревья. Связанность любых двух вершин дерева единственным простым путем. Проблема визуализации деревьев.

Эйлеровы пути и циклы. Алгоритм построения эйлеровых циклов. Оценка сложности алгоритма. Гамильтоновы пути и циклы. Сложность задачи проверки существования гамильтонова цикла. Нахождение кратчайших путей в ориентированном графе.

### **1.8. Основы теории принятия решений**

Классификация задач принятия решений. Этапы принятия решений.

Модели индивидуального выбора. Отношения порядка и квазипорядка. Функция выбора.

Понятия наследуемости и независимости. Теория полезности.

Экспертные методы в принятии решений. Принятие решений при многих критериях. Множество Парето. Процедуры выбора части множества Парето. Методы решения многокритериальных задач: методы свертки, пороговые методы.

Анализ эффективности затрат АЭЗ (методы затраты-эффект).

Системы поддержки принятия решений. Современные инструментальные средства и системы поддержки принятия решений.

## **Раздел 2. Численные методы**

Численные методы линейной алгебры. Вычисление наибольшего по модулю собственного значения матрицы. Прямые и итерационные методы. Способы ускорения сходимости. Градиентные методы. Методы ортогонализации.

Метод конечных разностей и конечных объемов, метод конечных элементов. Аппроксимация, устойчивость и сходимость. Теорема о сходимости. Корректность постановок краевых задач при их численной аппроксимации.

Основные численные алгоритмы решения обыкновенных дифференциальных уравнений: методы Рунге-Кутты и Адамса.

## **Раздел 3. Информатика и основы разработки программного обеспечения**

### **3.1. Алгоритмы и структуры данных**

Подходы к проектированию алгоритмов: «разделяй и властвуй», динамическое программи-



Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики» Программа вступительного испытания по направлению 02.06.01 Компьютерные и информационные науки, профиль 05.13.01 «Системный анализ, управление и обработка информации», профиль 05.13.11 «Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей», профиль 05.13.17 «Теоретические основы информатики», профиль 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»

рование, жадная стратегия. Алгоритмы сортировки, двоичного поиска. Алгоритмы на графах: обход графа, поиск кратчайших путей, построение минимального остовного дерева. Двоичные деревья поиска, кучи, хеш-таблицы.

Машина Тьюринга. Тезис Черча. Неразрешимость проблемы останова машины Тьюринга. Анализ сложности алгоритмов. Классы задач P и NP, примеры. Сводимость задач по Карпу и Тьюрингу. NP-полнота. Теорема Кука.

### **3.2. Программное обеспечение**

Основные виды программного обеспечения. Программные продукты и сервисы.

Архитектура программных систем. Технологии проектирования программных систем. Методологии разработки программных систем: Agile, RUP, Scrum.

Принципы разработки человеко-машинного интерфейса.

Сетевые технологии.

Базы данных. Основы реляционной алгебры. Функциональные зависимости. Нормальные формы.

Тестирование программного обеспечения.

Современные вычислительные среды.

### **Список рекомендуемой литературы**

#### **Основная литература**

1. Алескерев Ф.Т., Хабина Э.Л., Шварц Д.А. Бинарные отношения, графы и коллективные решения. — М.: Физматлит, 2013.
2. В. Ашихмин и др. Введение в математическое моделирование. Университетская книга, Логос. Серия: Новая университетская библиотека — 2007.
3. Басакер Р., Саати Т. Конечные графы и сети. — М.: Наука, 1974.
4. Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. Прикладные задачи теории вероятностей. — М: Радио и связь, 1983.
5. Зарубин В.С. Математическое моделирование в технике. — М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2003
6. Кузнецов О.П., Дискретная математика для инженера. — М.: Лань, 2004.
7. Лаврищева Е.М., Петрухин В.А. Методы и средства инженерии программного обеспечения: Учебник. — М.: МФТИ (ГУ), 2006.
8. Ларичев О.И. Теория и методы принятия решений. — М.: Логос, 2002.
9. Литвак Б.Г. Экспертные оценки и принятие решений. — М.: Патент, 1996.





Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики» Программа вступительного испытания по направлению 02.06.01 Компьютерные и информационные науки, профиль 05.13.01 «Системный анализ, управление и обработка информации», профиль 05.13.11 «Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей», профиль 05.13.17 «Теоретические основы информатики», профиль 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»

10. Миркин Б.Г. Проблема группового выбора. — М.: Наука, 1974.
  11. Оре О. Графы и их применение. — М.: Мир, 1965.
  12. Самарский А. А., Гулин А.В. Численные методы. — М.: Наука, 1989.
  13. Советов Б.Л., Яковлев С.А. Моделирование систем. — М.: ВШ, 1985.
  14. Шведов А.С. Теория вероятностей и математическая статистика. Учебное пособие для студентов экономических специальностей. М., изд-во ВШЭ, 1995.
- Дополнительная литература
15. Айвазян С.А., Мхитарян В.С. Прикладная статистика и основы эконометрики. — М.: ЮНИТИ, 1998 (разделы 1 и 2).
  16. Айзерман М.А., Алескеров Ф.Т. Выбор вариантов (основы теории). — М.: Наука, 1990.
  17. Акимов О.Е. Дискретная математика: логика, группы, графы. — М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2001.
  18. Алескеров Ф.Т. Пороговая полезность, выбор и бинарные отношения // Автоматика и телемеханика. 2003. №3. С. 8 - 27.
  19. Алескеров Ф.Т., Ортешук П. «Выборы. Голосование. Партии» — М.: Академия, 1995.
  20. Брамс С., Тейлор А. Делим по справедливости. — М.: Синтег, 2002.
  21. Васин А.Л., Морозов В.В. Теория игр и модели математической экономики. — М.: Макс Пресс, 2005.
  22. Вендров А.М. Case-технологии. Современные методы и средства проектирования информационных систем. — М.: Финансы и статистика, 1998.
  23. Вольский В.И., Лезина З.М. Голосование в малых группах. Процедуры и методы сравнительного анализа. — М.: Наука, 1991.
  24. Гарсиа-Молина Г., Ульман Д., Уидом Д. Системы баз данных. Полный курс. — М.: Вильямс, 2003.
  25. Гнеденко Б.В., Коваленко И.Н. Введение в теорию массового обслуживания. — М.: Наука, 1978.
  26. Гуд Г.Х., Макол Р.Э. Системотехника. Введение в проектирование больших систем. — М.: Сов.радио, 1962.
  27. Дворецкий И., Муромцев Ю.Л., Погонин В.А., Схиртладзе А.Г. Моделирование систем. — М.: Академия, 2009.
  28. Дейт К. Дж.. Введение в системы баз данных. — М.: Вильямс, 2005.
  29. Денисов А.А., Колесников Д.Н. Теория больших систем управления. — Ленинград: Энергоиздат, 1982.
  30. Емеличев В.А. Лекции по теории графов. — М.: Наука, 1990.
  31. Ерусалимский Я.М. Дискретная математика: теория, задачи, приложения. — М.:



Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики» Программа вступительного испытания по направлению 02.06.01 Компьютерные и информационные науки, профиль 05.13.01 «Системный анализ, управление и обработка информации», профиль 05.13.11 «Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей», профиль 05.13.17 «Теоретические основы информатики», профиль 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»

Вузовская книга, 1999.

32. Жожикашвили В.А., Вишневский В.М. Сети массового обслуживания. Теория и применение к сетям ЭВМ. — М.: Радио и связь, 1988.
33. Журавлёв Ю.И., Флёров Ю.А. Дискретный анализ. Ч.1: Учебное пособие. — М.: Изд-во МФТИ, 1999.
34. Ивченко Г.Н., Медведев Ю.И. Математическая статистика. — М.: Высшая школа, 1984.
35. Калашников В.В. Сложные системы и методы их анализа. — М.: Знание, 1980.
36. Коннолли Т., Бегг К., Страчан А. Базы данных. Проектирование, реализация и сопровождение. Теория и практика. — М.: Вильямс, 2000.
37. Кормен Т.Х., Лейзерсон Ч.И., Ривест Р.Л., Штайн К. Алгоритмы: построение и анализ, 2-е издание. — М.: Вильямс, 2007
38. Перегудов Ф.И., Тарасенко Ф.П. Введение в системный анализ. — М.: ВШ, 1989.
39. Лотов А.В., Бушенков В.А., Каменев Г.К., Черных О.Л. Компьютер и поиск компромисса. — М.: Наука, 1997.
40. Нефедов В.Н., Осипова В.А. Курс дискретной математики. — М.: Изд-во МАИ, 1992.
41. Подиновский В.В. Анализ задач многокритериального выбора методами теории важности критериев при помощи компьютерных систем поддержки принятия решений // Известия РАН. Теория и системы управления. 2007. № 6. С. 92 – 96.
42. Подиновский В.В., Ногин В.Д. «Парето-оптимальные решения многокритериальных задач» — М.: Физматлит, 2007.
43. Подиновский В.В., Потапов М.А. Методы анализа и системы поддержки принятия решений. /Учебное пособие. МФТИ. — М.: Компания Спутник+. 2003. Гл.3.
44. Севастьянов Б.А. Курс теории вероятностей и математическая статистика. — М.: Наука, 1982.
45. Саати Т., Кернс К. Аналитическое планирование. — М.: Радио и связь, 1991.
46. Тутубалин В.Н. Теория вероятностей. — М.: изд-во МГУ, 1977.
47. Джен Харрингтон. Проектирование объектно-ориентированных баз данных. — ДМК пресс, 2001.
48. Джен Л. Харрингтон. Проектирование реляционных баз данных. — Лори, 2006.
49. Shaw K. Mathematical Modeling in Business and Economics: A Data-Driven Approach. Business Expert Press, 2014.