

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 № 09/2 от «27» сентября 2018 г.

Согласовано

Академический директор Аспирантской  
школы по компьютерным наукам

\_\_\_\_\_ С.А. Обьедков

Программа вступительного испытания по специальности  
основной образовательной программы высшего образования – программы  
подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре  
по направлению 02.06.01 Компьютерные и информационные науки

Москва, 2018



## **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**

Вступительное испытание основной образовательной программы высшего образования – программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по направлению 02.06.01 Компьютерные и информационные науки состоит из двух частей: оценка индивидуальных достижений и исследовательского потенциала и оценка знаний по направлению подготовки.

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), преимущество получает абитуриент, соответствующий перечисленным ниже критериям. 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 2017 года).

### **2.1. Оценка индивидуальных достижений и исследовательского потенциала**

Оценка индивидуальных достижений и 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



Программа вступительного испытания по специальности основной образовательной программы высшего образования – программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по направлению 02.06.01 Компьютерные и информационные науки

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 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, подтверждающего интерес лаборатории к предполагаемому диссертационному исследованию абитуриента.	до 5 баллов
Уровень представленных публикаций, их соответствие предполагаемой тематике исследований, личный вклад	до 10 баллов



абитуриента (в случае соавторства).	
Опыт участия абитуриента в исследовательских проектах.	до 5 баллов

## 2.2. Оценка знаний по направлению подготовки

Оценка знаний по направлению 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). Вопросы программы разделены на блоки, некоторые из которых отнесены к общей части, а другие — к специализированным. Абитуриент получает первый вопрос билета из общей части, а второй — из выбранного им специализированного блока. 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.

**Для участия в конкурсе по итогам вступительного испытания по специальности необходимо набрать суммарно не менее 30 баллов. Оценка за вступительное испытание по специальности от 1 до 29 баллов считается неудовлетворительной.**

## 3. Содержание программы оценки знаний по направлению подготовки

### Общая часть

#### 1. 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.

#### 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.

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

Динамическое программирование. Примеры задач, решаемых методом динамического программирования.

### **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 случайной 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.

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.

## **Специализированные блоки вопросов**

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

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.

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.

## **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.

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.

## **11. Теория и практика программирования**

Парадигмы программирования: императивное, декларативное, структурное, функциональное, логическое, объектно-ориентированное программирование.

Типы и структуры данных. Статическая, динамическая, явная и неявная типизация. Приведение типов. Параметрический полиморфизм. Управление памятью. Сборка мусора.

Управление потоком вычислений. Рекурсия.

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

Интерпретируемые и компилируемые программы. Платформозависимые и кроссплатформенные программы, способы обеспечения кроссплатформенности.

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. Система контроля версий. Система отслеживания ошибок.

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.

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.

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.

Экспериментальные методы измерения загруженности процессора и использования памяти.

## **13. 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.

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.

#### **14. Базы данных**

Системы управления базами данных. Иерархическая, сетевая, реляционная модели баз данных.

Основы реляционной алгебры. Функциональные зависимости. Нормальные формы. Язык SQL.

Организация физического уровня баз данных. Методы индексирования и сжатия данных. Средства управления и изменения схемы базы данных, определения ограничений целостности. Контроль доступа.

#### **15. 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.

#### **16. 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.

**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. 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. В. Ашихмин и др. Введение в математическое моделирование. Университетская книга, Логос. Серия: Новая университетская библиотека — 2007.
6. Басакер Р., Саати Т. Конечные графы и сети. — М.: Наука, 1974.
7. Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. Прикладные задачи теории вероятностей. — М: Радио и связь, 1983.
8. Воронцов К.В. Математические методы обучения по прецедентам (теория обучения машин). — <http://www.machinelearning.ru/wiki/images/6/6d/Voron-ML-1.pdf>
9. Гарсиа-Молина Г., Ульман Дж., Уидом Дж. Системы баз данных. Полный курс. — Вильямс, 2003.
10. Гельфанд И.М. Лекции по линейной алгебре. — М: Наука 1971.
11. Гладкий А.В. Формальные грамматики и языки. — М.: Наука, 1973.
12. Гэри М., Джонсон Д. Вычислительные машины и труднорешаемые задачи. — М.: Мир, 1982.
13. Дасгупта С., Пападимитриу Х., Вазирани У. Алгоритмы. — М.: МНЦМО, 2014.
14. Дейт К. Дж. Введение в системы баз данных. — 8-е изд. — М.: Вильямс, 2005.
15. Кормен Т.Х., Лейзерсон Ч.И., Ривест Р.Л., Штайн К. Алгоритмы: построение и анализ. — 2-е издание: Пер. с англ. — М.: Вильямс, 2007.
16. Крупский В.Н. Введение в сложность вычислений. — М.: Факториал Пресс, 2006.
17. Кузнецов О.П. Дискретная математика для инженера. — М.: Лань, 2004.
18. Ларичев О.И. Теория и методы принятия решений. — М.: Логос, 2002.
19. Литвак Б.Г. Экспертные оценки и принятие решений. — М.: Патент, 1996.
20. Мендельсон Э. Введение в математическую логику. — М.: Наука, 1971.
21. Миркин Б.Г. Проблема группового выбора. — М.: Наука, 1974.
22. Рассел С., Норвиг П. Искусственный интеллект: современный подход. — 2-е изд.: Пер. с англ.
23. Рудин У. Основы математического анализа. — М.: Мир, 1976.



24. Оре О. Графы и их применение. — М.: Мир, 1965; — Новокузнецк: Изд. отдел Новокузнецкого физико-математического ин-та, 2000.
25. Самарский А. А., Гулин А.В. Численные методы. — М.: Наука, 1989.
26. Роберт У. Себеста. Основные концепции языков программирования. — 5-е изд. — М.: Вильямс, 2001.
27. Степанов А.Н. Архитектура вычислительных систем и компьютерных сетей. — СПб.: Питер, 2007.
28. Таненбаум Э.С. Современные операционные системы. — 2-е изд. — СПб.: Питер, 2005.
29. Таненбаум Э.С., Вудхалл А.С. Операционные системы. Разработка и реализация. — 3-е изд. — СПб.: Питер, 2007.
30. Успенский В.А., Верещагин Н.К., Плиско В.Е. Вводный курс математической логики. — 2-е изд. — М.: Физматлит, 2004.
31. Хопкрофт Дж., Мотвани Р., Ульман Дж. Введение в теорию автоматов, языков и вычислений. — 2-е изд.: Пер. с англ. — М.: Вильямс, 2008.
32. Шведов А.С. Теория вероятностей и математическая статистика. Учебное пособие для студентов экономических специальностей. — М.: Изд-во ВШЭ, 1995.
33. Arora S., Barak B. Computational Complexity: A Modern Approach. — Cambridge University Press, 2009.
34. Bishop C. Pattern Recognition and Machine Learning. — Springer, 2006.
35. Jurafsky D., Martin, J.H. Speech and Language Processing. — Prentice Hall, 2008.
36. Flach P. Machine Learning: The Art and Science of Algorithms that Make Sense of Data. — Cambridge University Press, 2012.
37. Kleinberg J., Tardos E. Algorithm Design. — Addison-Wesley, 2005.
38. Moore C., Mertens S. The Nature of Computation. — Oxford University Press, 2011.
39. Shaw K. Mathematical Modeling in Business and Economics: A Data-Driven Approach. Business Expert Press, 2014.
40. Sipser M. Introduction to the Theory of Computation. — Boston, Mass.: Thomson Course Technology, 2006.