

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Крымский федеральный университет имени В.И.Вернадского»

«Утверждаю»

Проректор по учебной и методической
деятельности



Н. В. Кармазина

ПРОГРАММА

**вступительного испытания по специальной дисциплине для
поступления по образовательным программам высшего образования -
программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре**

Группа научных специальностей

1.2 Компьютерные науки и информатика

Научная специальность

1.2.3 Теоретическая информатика, кибернетика

Разработчики программы:

Козлова М. Г., кандидат физико-математических наук, доцент кафедры информатики Физико-технического института (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского».

Руденко Л. И., кандидат физико-математических наук, доцент кафедры информатики Физико-технического института (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского».

Анафиев А. С., кандидат физико-математических наук, доцент кафедры информатики Физико-технического института (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского».

Блыщик В. Ф., кандидат физико-математических наук, доцент кафедры информатики Физико-технического института (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского».

Козлов А. И., кандидат технических наук, доцент кафедры информатики Физико-технического института (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского».

1. Пояснительная записка

Программа вступительного испытания по специальной дисциплине для поступления в аспирантуру разработана для абитуриентов, имеющих высшее образование не ниже специалитета или магистратуры и достижения в научной работе. Обучение осуществляется в очной форме. Срок получения образования составляет 3 года.

Целью вступительных испытаний в аспирантуру является определение уровня подготовленности поступающего к выполнению научно-исследовательской деятельности.

Программа вступительного экзамена направлена на проверку знаний абитуриентов по основным вопросам теоретической информатики, машинного обучения, программирования.

Форма проведения вступительного испытания – устный экзамен.

Критерии оценивания

Экзаменационный билет включает три теоретических вопроса. Результат испытания оценивается от 0 до 100 баллов.

90 – 100 баллов – полные, исчерпывающие ответы на вопросы, отличное владение терминологией, последовательное и логичное изложение;

75 – 89 баллов – в основном освещены все аспекты по вопросам, но допущены недочеты и неточности, в том числе в терминологии, логика изложения соблюдена;

50 – 74 баллов – основные положения по вопросам приведены, но ответ фрагментарен, имеются ошибки в определениях и терминологии, отсутствует или плохо организована логика ответа;

0 – 49 баллов – базовые понятия по данному вопросу отсутствуют, нет логики в изложении, специальная терминология не используется.

2. Содержание программы

Тема 1. Математический анализ, дифференциальные уравнения, алгебра

Предел и непрерывность. Свойства пределов. Бесконечно малые и бесконечно большие функции. Замечательные пределы. Дифференциал и производная. Основные теоремы дифференциального исчисления и их приложения. Теоремы Ролля, Лагранжа, Коши. Правило Лопиталя. Формула Тейлора. Признаки постоянства, возрастание и убывание функции в точке и на

промежутке. Максимум и минимум. Супремум и инфимум. Необходимое условие экстремума. Производные высших порядков. Достаточное условие максимума и минимума. Нахождение наибольших и наименьших значений. Первообразная функции, неопределенный интеграл. Основные свойства неопределенного интеграла. Определенный интеграл. Необходимое и достаточное условия интегрируемости. Интегрируемость монотонной и непрерывной функции. Основные свойства определенного интеграла. Теорема о среднем значении. Определенный интеграл с переменным верхним пределом. Несобственные интегралы. Несобственный интеграл от положительной функции. Абсолютная сходимость.

Различные формы дифференциального уравнения первого порядка. Уравнения с разделяющимися переменными. Однородные уравнения. Линейные уравнения. Уравнение Бернулли. Уравнения в полных дифференциалах. Понятие об интегрирующем множителе. Интегрирующий множитель линейного уравнения. Параметрический способ решения. Теорема о существовании и единственности решения нормальной системы линейных уравнений. Пространство решений однородного линейного уравнения n -го порядка. Фундаментальные системы решений, общее решение. Вронскиан. Неоднородное линейное уравнение и вид его общего решения. Метод вариаций постоянных. Линейное уравнение второго порядка с постоянными коэффициентами. Свободные и вынужденные колебания. Резонанс. Системы дифференциальных уравнений.

Тема 2. Дискретная математика

Класс P_2 . Элементарные булевы функции, формулы, тождества. Полиномы Жегалкина. Замкнутые классы и полнота. Критерий Поста. Предполные классы. Класс P_k . Элементарные функции k -значной логики. Разложения функций по I и II форме. Полнота и замкнутость. Классы, сохраняющие множество. Классы, сохраняющие разбиение. Система Поста. Функция Вебба. Критерии полноты в P_k . Дизъюнктивные нормальные формы. Задачи минимизации ДНФ. Пример кратчайшей ДНФ, не являющейся минимальной, и минимальной ДНФ, не являющейся кратчайшей. Метод Блейка построения сокращённой ДНФ. Ядровые и регулярные интервалы. Критерий Журавлева невхождения конъюнкции в ДНФ типа ΣT . Локальные алгоритмы Журавлева, основанные на понятии окрестности конъюнкции. Оценивание числа дискретных объектов. Асимптотическое оценивание числа функций, ДНФ, комбинаторных формул, числа шагов выполнения алгоритмов

при помощи производящих функций и решения рекуррентных уравнений. Понятие конечного автомата. Основные способы задания конечных автоматов. Ограниченно-детерминированные функции. Анализ поведения конечного автомата. Система канонических уравнений. Автоматные (о.д.ф.) операторы. Полнота в классе о.д.ф. Коды с исправлением ошибок. Линейные коды. Алфавитное кодирование. Префиксные коды. Критерий однозначности декодирования. Алгоритм распознавания однозначности декодирования. Свойства взаимно однозначных кодов. Коды с минимальной избыточностью. Циклические коды. Коды Хэмминга. Метрическое пространство Хэмминга и метрические свойства кодов, исправляющих ошибки.

Тема 3. Математическая логика и теория алгоритмов

Исчисления. Язык L исчисления высказываний. Язык Pp исчисления предикатов I-го порядка. Язык Ar формальной арифметики. Теорема Гёделя о неполноте формальной арифметики. Алгоритмы. Формальное определение алгоритма: алгоритмические модели Тьюринга, Маркова и частично рекурсивные функции. Операции суперпозиции, примитивной рекурсии, минимизации. Рекурсивность элементарных функций, целочисленного деления, степени двойки, делимости, остатка, нумерации пар. Эквивалентность моделей, формально определяющих алгоритм. Алгоритмически неразрешимые проблемы. Метод алгоритмического сведения для доказательства разрешимости или неразрешимости.

Тема 4. Теория сложности вычислений

Классы P , $PSPACE$, NP , NPC , NPH . Полиномиальная сводимость. Теорема Кука о NP -полноте задачи выполнимости КНФ. Доказательство NP -полноты проблемы о k -полном подграфе. NP -полнота проблемы существования решений системы целочисленных линейных неравенств с булевыми переменными. $PSPACE$ -полнота проблемы истинности квантифицированной булевой формулы. Сильная NP -полнота. Класс $co-NP$. Жадные алгоритмы и матроиды. Теорема Радо-Эдмондса. Графовый матроид. Матроиды и линейная независимость.

Тема 5. Теория информации

Измерение информации. Энтропия дискретного источника информации. Энтропия непрерывной случайной величины. Экстремаль, максимизирующая энтропию одномерной непрерывной случайной величины с ограниченной

дисперсией. Пропускная способность канала и основная теорема Шеннона. Теоремы Шеннона при наличии помех. Теорема Котельникова. Принципы дискретизации непрерывных сообщений.

Тема 6. Методы оптимизации, исследование операций, теория игр

Основные понятия и методы оптимизации. Условия экстремума гладкой функции. Задача на условный экстремум. Принцип Лагранжа. Линейное программирование. Нелинейное программирование. Динамическое программирование. Задачи дискретной оптимизации. Примеры применения метода ветвей и границ, метода динамического программирования в задачах дискретной оптимизации. Марковские процессы с дискретным и непрерывным временем. Системы массового обслуживания. Метод имитационного моделирования. Принятие решений в условиях многокритериальности. Множество Парето. Матричные игры. Бескоалиционные игры n лиц. Коалиционные игры.

Тема 7. Теория машинного обучения и искусственный интеллект

Задача обучения по прецедентам, объекты и признаки, типы задач. Модель алгоритмов и метод обучения. Функционал качества и функция потерь. Минимизация эмпирического риска. Вероятностная постановка задачи обучения. Принцип максимума правдоподобия и его связь с методом минимизации эмпирического риска. Проблема переобучения и понятие обобщающей способности. Эмпирические оценки обобщающей способности. Разновидности скользящего контроля.

Метрические алгоритмы классификации и регрессии. Логические алгоритмы классификации, решающие списки и деревья. Байесовские методы классификации: оптимальное байесовское решающее правило, нормальный дискриминантный анализ, смеси распределений, сеть радиальных базисных функций. Аппроксимация эмпирического риска. Вероятностная интерпретация. Линейная модель классификации. Метод стохастического градиента.

Искусственные нейронные сети. Обучение нейронных сетей. Глубокое обучение. Улучшенные алгоритмы градиентного спуска: Adam, RMSProp. Понятия learning rate annealing и batch normalization. Сверточные нейронные сети. Эволюция архитектур: LeNet, AlexNet, VGG, ResNet. Обработка естественного языка, модели Word2Vec и FastText. Рекуррентные нейронные сети: слои LSTM и GRU.

Непараметрическая регрессия. Линейная регрессия. Метод главных компонент. Нелинейные методы восстановления регрессии. Композиции алгоритмов, бустинг. Градиентный бустинг. Бэггинг. Метод случайных подпространств. Случайный лес. Задача кластеризации. Функционалы качества кластеризации. Эвристические графовые и статистические алгоритмы кластеризации. Иерархическая кластеризация. Формула Ланса-Уильямса. Задача выбора моделей, оценивание моделей, автоматическое обучение машин. Элементы теории Вапника-Червоненкиса. Отбор информативных признаков. Логические продукционные системы. Базы знаний. Фреймы для представления знаний. Извлечение знаний из эмпирических данных. Экспертные системы. Поиск ассоциативных правил. Алгоритмы APriori и FP-growth.

Тема 8. Системное и прикладное программирование

КС-грамматики. Деревья вывода. Нормальные формы Хомского. Свойства КС-языков. Определение синтаксически-ориентированного перевода. Нисходящий и восходящий разборы.

Основные принципы объектно-ориентированного программирования: инкапсуляция, наследование, полиморфизм. Классы как пользовательские типы данных. Члены классов (данные, методы). Объекты класса. Способы манипулирования объектами (создание, уничтожение, инициализация, копирование, передача сообщений). Понятие абстрактных типов данных. Линейный список, стек, очередь и способы их реализации. Бинарные деревья поиска. Сложностные оценки операций поиска, добавления и удаления узлов в двоичном дереве поиска. Способы записи арифметических выражений (инфиксная, префиксная, постфиксная). Алгоритмы вычисления арифметических выражений. Хеширование. Алгоритмы обработки данных, основанные на сортировке и хешировании.

Формальные основы проектирования реляционных баз данных: функциональные зависимости, декомпозиция схем отношений, нормальные формы схем отношений. Структуры индексов: плотные и разреженные индексы, деревья и хеш-таблицы.

Функционирование вычислительных систем, структура и функции операционных систем. Основные блоки и модули. Виды процессов и управления ими в современных ОС. Представление процессов, их контексты, иерархии порождения, состояния и взаимодействие. Многозадачный

(многопрограммный) режим работы. Команды управления процессами. Средства взаимодействия процессов.

Компьютерные сети. Операционные средства управления сетями. Эталонная модель взаимодействия открытых систем ISO/OSI. Маршрутизация и управление потоками данных в сети. Локальные и глобальные сети. Сетевые ОС, модель «клиент – сервер», средства управления сетями в ОС семейства UNIX и Windows. Семейство протоколов TCP/IP, структура и типы IP-адресов, доменная адресация в Internet. Транспортные протоколы TCP, UDP.

Языки программирования. Основные парадигмы программирования: императивное, функциональное, алгебраическое и логическое программирование. Языки программирования семейства С (С, С++, С#): особенности и область применения. Системы программирования R, Python: особенности и область применения. Языки web-программирования. Языки функционального программирования.

3. Перечень вопросов к вступительному экзамену

I. Математические и алгоритмические основы

1. Дифференциал и производная.
2. Теоремы Ролля, Лагранжа, Коши.
3. Максимум и минимум, супремум и инфимум функции
4. Первообразная функции, неопределенный интеграл
5. Определенный интеграл
6. Дифференциальные уравнения первого порядка
7. Уравнения в полных дифференциалах.
8. Пространство решений однородного линейного уравнения n -го порядка
9. Неоднородное линейное уравнение и вид его общего решения
10. Класс P_2 . Элементарные булевы функции, формулы, тождества.
11. Замкнутые классы и полнота в P_2
12. Элементарные функции k -значной логики.
13. Полнота и замкнутость. Критерии полноты в P_k .
14. Дизъюнктивные нормальные формы. Задачи минимизации ДНФ
15. Ограниченно-детерминированные функции. Полнота в классе о.д.ф.
16. Понятие конечного автомата. Основные способы задания конечных автоматов
17. Алфавитное кодирование. Префиксные коды
18. Коды Хэмминга
19. Язык P_r исчисления предикатов I-го порядка.
20. Алгоритмические модели Тьюринга, Маркова и частично рекурсивные функции
21. Алгоритмически неразрешимые проблемы
22. Классы P, PSPACE, NP, NPC, NPH

23. Теорема Кука о NP-полноте задачи выполнимости КНФ
24. Измерение информации. Энтропия дискретного источника информации
25. Пропускная способность канала и основная теорема Шеннона
26. Задача на условный экстремум. Принцип Лагранжа
27. Линейное программирование
28. Задачи дискретной оптимизации
29. Принятие решений в условиях многокритериальности. Множество Парето
30. Матричные игры. Решение игры в смешанных стратегиях

II. Машинное обучение

1. Задача обучения по прецедентам, типы задач
2. Модель алгоритмов и метод обучения
3. Функционал качества и функция потерь. Минимизация эмпирического риска
4. Принцип максимума правдоподобия и его связь с методом минимизации эмпирического риска
5. Проблема переобучения и понятие обобщающей способности
6. Эмпирические оценки обобщающей способности
7. Метрические алгоритмы классификации и регрессии
8. Логические алгоритмы классификации, решающие списки и деревья
9. Байесовские методы классификации: оптимальное байесовское решающее правило
10. Линейная модель классификации
11. Искусственные нейронные сети. Обучение нейронных сетей.
12. Глубокое обучение нейронных сетей
13. Сверточные нейронные сети
14. Рекуррентные нейронные сети
15. Обработка естественного языка
16. Непараметрическая регрессия. Линейная регрессия
17. Метод главных компонент.
18. Композиции алгоритмов, бустинг. Градиентный бустинг. Бэггинг
19. Задача кластеризации. Функционалы качества кластеризации
20. Эвристические графовые и статистические алгоритмы кластеризации
21. Иерархическая кластеризация
22. Задача выбора моделей, оценивание моделей, автоматическое обучение машин
23. Логические продукционные системы. Базы знаний
24. Извлечение знаний из эмпирических данных. Экспертные системы
25. Поиск ассоциативных правил

III. Системное и прикладное программирование

1. КС-грамматики. Деревья вывода
2. Нормальные формы Хомского
3. Свойства КС-языков

4. Основные принципы объектно-ориентированного программирования
5. Классы как пользовательские типы данных
6. Бинарные деревья поиска.
7. Сложностные оценки операций поиска
8. Способы записи арифметических выражений (инфиксная, префиксная, постфиксная)
9. Хеширование. Алгоритмы обработки данных, основанные на сортировке и хешировании
10. Структура и функции операционных систем
11. Виды процессов и управления ими в современных ОС
12. Представление процессов, их контексты, иерархии порождения, состояния и взаимодействие
13. Многозадачный (многопрограммный) режим работы
14. Компьютерные сети. Операционные средства управления сетями
15. Эталонная модель взаимодействия открытых систем ISO/OSI
16. Маршрутизация и управление потоками данных в сети
17. Сетевые ОС, модель «клиент – сервер»
18. Семейство протоколов TCP/IP, структура и типы IP-адресов
19. Транспортные протоколы TCP, UDP.
20. Основные парадигмы программирования: императивное, функциональное, алгебраическое и логическое программирование
21. Языки программирования семейства C (C, C++, C#): особенности и область применения
22. Система программирования R: особенности и область применения
23. Система программирования Python: особенности и область применения
24. Языки web-программирования: особенности и область применения
25. Языки функционального программирования: особенности и область применения

Пример экзаменационного билета

1. Алгоритмические модели Тьюринга, Маркова и рекурсивные функции.
2. Нейронные сети. Метод обратного распространения ошибки для обучения нейронных сетей
3. Хеширование. Алгоритмы обработки данных, основанные на сортировке и хешировании.

4. Список рекомендуемой литературы

1. Ахо, А. Компиляторы: принципы, технологии, инструменты / А. Ахо, Р. Сети, Д. Ульман. – Москва – Санкт-Петербург – Киев : Издательский дом «Вильямс», 2017. – 1184 с.
2. Ахо, А. Структуры данных и алгоритмы / А. Ахо, Дж. Хопкрофт, Д. Ульман – Москва – Санкт-Петербург – Киев : Издательский дом «Вильямс», 2000. – 382 с.
3. Глушков, В.М. Синтез цифровых автоматов / В. М. Глушков. – Москва : Физматгиз, 1962. – 476 с.
4. Вайнштейн, Ю. В. Математическая логика и теория алгоритмов : учебное пособие / Ю. В. Вайнштейн, Т. Г. Пенькова, В. И. Вайнштейн. – Красноярск : СФУ, 2019. – 110 с. – ISBN 978-5-7638-4076-6. – Текст; электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/157585>
5. Вапник, В. Н. Теория распознавания образов. Статистические проблемы обучения / В. Н. Вапник, А. Я. Червоненкис. – Москва : Наука, 1984. – 416 с.
6. Воронцов К. В. Машинное обучение. Курс лекций / К. В. Воронцов. – [Текст : электронный]. – MachineLearning.ru [сайт]. – URL: <http://www.machinelearning.ru/wiki/images/6/6d/Voron-ML-1.pdf>
7. Волк, В. К. Базы данных. Проектирование, программирование, управление и администрирование : учебник / В. К. Волк. – Санкт-Петербург : Лань; 2020. – 244 с. – ISBN 978-5-8114-4189-1. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/126933>
8. Донской, В. И. Алгоритмические модели обучения классификации: обоснование, сравнение, выбор / В. И. Донской. – Симферополь: ДИАЙПИ, 2014.
9. Донской В. И. Теоретические основы информатики. Симферополь: Куб; 2016. – 232 с. – Текст : электронный // moodle.cfuv.ru
10. Журавлев, Ю. И. Дискретный анализ. Формальные системы и алгоритмы: учебное пособие для вузов / Ю. И. Журавлев, Ю. А. Флеров; М. Н. Вялый. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва : Издательство Юрайт; 2020. – 318 с. – (Высшее образование). – ISBN 978-5-534-06279-3. – Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. – URL: <https://urait.ru/bcode/452194>
11. Диков, А. В. Клиентские технологии веб-программирования: JavaScript и DOM : учебное пособие / А. В. Диков. – Санкт-Петербург : Лань, 2020. – 124 с. – ISBN 978-5-8114-4074-0. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система [сайт]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/126934>
12. Математические методы и модели исследования операций : учебник / ред. В.А. Колемаев. – Москва : Юнити, 2015. – 592 с. : ил., табл., граф. – Режим доступа: по подписке. – URL:

<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=114719>

13. Новожилов, О. П. Архитектура компьютерных систем в 2 ч. Часть 1 : учебное пособие / О. П. Новожилов. – Москва : Издательство Юрайт, 2020. – 276 с. – ISBN 978-5-534-10299-4. – Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. – URL: <https://urait.ru/bcode/456521>
14. Олифер, В. Г. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: Учебник для вузов. 4-е изд. / В. Г. Олифер, Н. А. Олифер. – Санкт-Петербург : Питер, 2010.
15. Остроух, А. В. Системы искусственного интеллекта : монография / А. В. Остроух, Н. Е. Суркова. – Санкт-Петербург : Лань, 2019. – 228 с. – ISBN 978-5-8114-3427-5. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/113401>
16. Рассел, С. Искусственный интеллект: современный подход / С. Рассел, П. Норвиг. – Москва – Санкт-Петербург – Киев : Издательский дом «Вильямс», 2016. – 1408 с.
17. Староверова, Н. А. Операционные системы : учебник / Н. А. Староверова. – Санкт-Петербург : Лань, 2019. – 308 с. – ISBN 978-5-8114-4000-9. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/125737>
18. Таненбаум, Э.С. Современные операционные системы / Э. С. Таненбаум. – Санкт-Петербург : Питер, 2002
19. Черпаков, И. В. Теоретические основы информатики / И. В. Черпаков. – Москва : Издательство Юрайт, 2019. – 353 с. – ISBN 978-5-9916-8562-7. – Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. – URL: <https://urait.ru/bcode/433467>
20. Яблонский, С. В. Введение в дискретную математику / С. В. Яблонский. – Москва : Наука, 1986. – 384 с.

Дополнительные материалы

<http://machinelearning.ru> – Профессиональный информационно-аналитический ресурс по машинному обучению, распознаванию образов и интеллектуальному анализу данных.

<https://proglib.io/> – Библиотека программиста;

<https://habr.com/ru/> – Профессиональное сообщество программистов;

<https://www.mysql.com/> – Служба базы данных MySQL;

<https://colab.research.google.com/> – Веб-сервис для разработчиков Python;

<https://proporprogs.ru/data> – Обработка данных;

<https://loginom.ru/> – Аналитическая платформа;

<https://www.tvim.info/> – Научный журнал «Таврический вестник информатики и математики».