

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт программных систем им. А.К. Айламазяна
Российской академии наук

УТВЕРЖДАЮ

Директор
член-корреспондент РАН



С.М. Абрамов
2018 года

Программа вступительного испытания по специальности
основной образовательной программы высшего образования - программы
подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре
по направлению 09.06.01 «Информатика и вычислительная техника»

Переславль-Залесский

1. Область применения и нормативные ссылки

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

2. Оценка знаний по направлению подготовки

Оценка знаний по специальности (направлению) 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 специализированного блока (раздел – по выбору абитуриента).

Абитуриенту предоставляется 40 минут на подготовку, после чего абитуриент отвечает на вопросы. Абитуриенту могут быть заданы дополнительные вопросы или задачи в рамках программы экзамена.

Результаты экзамена оцениваются по 4-балльной шкале.

Критерии оценки за экзамен:

- оценка «отлично» выставляется абитуриенту, если он полностью ответил на вопросы в билете, на дополнительный вопрос по материалу билета и на дополнительный вопрос по общему материалу;

- оценка «хорошо» выставляется абитуриенту, если он ответил на вопросы в билете и с недочетами ответил или на дополнительный вопрос по материалу билета или на дополнительный вопрос по общему материалу;

- оценка «удовлетворительно» выставляется абитуриенту, если он ответил с недочетами на вопросы в билете и ответил с недочетами или на дополнительный вопрос по материалу билета, или на дополнительный вопрос по общему материалу;

- оценка «неудовлетворительно» выставляется абитуриенту, если он не ответил хотя бы на один вопрос в билете.

3. Содержание программы оценки знаний по направлению подготовки

1. Общая часть

1.1. Математический анализ и дифференциальные уравнения

1.1.1 Непрерывные функции одной переменной и их свойства. Равномерная непрерывность. Равностепенная непрерывность семейства функций.

1.1.2 Функции многих переменных. Полный дифференциал, и его геометрический смысл. Достаточные условия дифференцируемости. Градиент.

1.1.3. Определенный интеграл. Интегрируемость непрерывной функции. Первообразная непрерывной функции. Приближенное вычисление определенных интегралов. Формулы трапеций и Симпсона, оценки погрешностей. Понятие о методе Гаусса.

1.1.4. Числовые ряды. Сходимость рядов. Критерий Коши. Достаточные признаки сходимости (Коши, Деламбера, интегральный, Лейбница).

1.1.5. Ряды и последовательности функций. Равномерная сходимость. Признак Вейерштрасса. Свойства равномерно сходящихся рядов (непрерывность суммы, почленное интегрирование и дифференцирование).

1.1.6. Функции комплексного переменного. Условия Коши-Римана. Геометрический смысл аргумента и модуля производной.

1.1.7. Линейная зависимость и независимость векторов. Ранг матрицы. Системы линейных алгебраических уравнений, теорема Кронекера-Капелли. Общее решение системы линейных алгебраических уравнений.

1.1.8. Теорема существования и единственности решения задачи Коши для уравнения, системы уравнений первого порядка и уравнения n-ого порядка.

1.1.9. Устойчивость по Ляпунову решений обыкновенных дифференциальных уравнений. Теорема об устойчивости по первому приближению. Второй метод Ляпунова.

1.2. Методы оптимизации

1.2.1. 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.

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

1.2.3. Потоки в сетях. Теорема Форда - Фалкерсона. Транспортная задача.

1.2.4. Динамическое программирование. Примеры задач, решаемых методом динамического программирования.

1.3. Алгебра

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

1.3.2. 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).

1.3.3. Скалярное произведение. Ортогональность. Процесс ортогонализации Грама - Шмидта.

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

1.4. Основы теории вероятностей и математической статистики

1.4.1. 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.

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

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

1.4.4. 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).

1.5. Основы теории множеств и математической логики

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

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

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

1.5.4. 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.

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

1.6. Основы теории графов

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

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

1.6.3. Раскраска графов. Хроматическое число.

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

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

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

2. Специализированный блок вопросов

2.1. Элементы теории алгоритмов, математической логики и дискретной математики (Математические основы программирования).

2.1.1. Понятие алгоритма и его уточнения. Машины Тьюринга, нормальные алгоритмы Маркова, рекурсивные функции; эквивалентность этих уточнений. Тезис Чёрча-Тьюринга. Понятие алгоритмической неразрешимости; примеры алгоритмически неразрешимых проблем. Понятия недетерминированного, вероятностного и интерактивного алгоритмов.

2.1.2. Понятие сложности алгоритмов. Временная и пространственная сложность алгоритма в худшем случае и в среднем; символы O , Ω , Θ в асимптотических оценках сложности. Сложность в худшем случае сортировки слияниями, быстрой сортировки; сложность в среднем быстрой сортировки. Понятие битовой сложности. Нижние границы сложности класса алгоритмов. Нижние границы сложности классов алгоритмов сортировки и поиска с помощью сравнений. Алгоритм, оптимальный в данном классе, оптимальность по порядку сложности.

2.1.3. Понятие сложности вычислительной задачи. Классы P и NP алгоритмов распознавания языков. Проблема $P=?NP$. Сведение по Карпу, по Куку. Полиномиальная сводимость задач; NP -полные задачи (формулировка основных фактов, примеры). Теорема Кука-Левина об NP -полноте задачи выполнимости булевой формулы. Понятие коммуникационная сложности. Понятие алгебраической сложности.

2.1.4. Примеры эффективных (полиномиальных) алгоритмов: быстрые алгоритмы поиска и сортировки; полиномиальные алгоритмы для задач на графах и сетях (поиск в глубину и ширину, о минимальном остове, о кратчайшем пути, о назначениях).

2.1.5. Автоматы. Эксперименты с автоматами. Алгебры регулярных выражений. Теорема Клини о регулярных языках. Регулярные языки и их представление конечными автоматами. Задачи распознавания слов конечными автоматами (распознающие автоматы).

2.1.6. Алгебра логики. Булевы функции, канонические формы задания булевых функций. Понятие полной системы. Теорема Поста о полноте систем функций в алгебре логики. Минимизация булевых функций в классах нормальных форм.

2.1.7. Логика 1-го порядка. Выполнимость и общезначимость. Общая схема метода резолюций. Логические программы. SLD-резолютивные вычисления логических программ. Правильные и вычислимые ответы на запросы к логическим программам. Стандартная стратегия выполнения логических программ. Понятие модели. Теорема о полноте исчисления высказываний и исчисления предикатов первого порядка. Теорема дедукции.

2.1.8. λ -исчисление, правила редукции, единственность нормальной формы и правила ее достижения, представление рекурсивных функций.

2.1.9. Отношения и функции. Отношение эквивалентности и разбиения. Фактор множества. Отношения частичного порядка. Отношение предпорядка. Фундированные частичные порядки и

предпорядки. Теоретико-множественное и алгебраическое определения решетки, их эквивалентность. Свойства решеток. Булевы решетки. Полные решетки. Вполне предпорядоченное множество. Теорема Хигмана. Теорема Крускала.

2.1.10. Понятие временной логики. Понятие модального оператора. Тождества двойственности. Понятие формальной верификации. Классы задач верификации. Проверка моделей. Символьное выполнение. Абстрактная интерпретация. Логический вывод.

2.1.15. Свободный моноид. Понятие простого слова. Свойства простых слов. Понятие показателя периодичности слова. Понятие уравнения в словах. Системы уравнений в свободном моноиде с не менее чем двумя образующими. Уравнения в словах с постоянными правыми частями. Уравнения в словах с одной неизвестной. Квадратичные уравнения в словах. Описание множества решений квадратичного уравнения в словах. Уравнение коммутативности приписывания слов. Уравнение сопряжения.

2.2. Искусственный интеллект, базы данных

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

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

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

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

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

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

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

2.2.8. Представление знаний в ИИ. Виды и уровни знаний. Знания и данные. Факты и правила. Принципы организации знаний. Требования, предъявляемые к системам представления и обработки знаний.

2.2.9. Формализмы, основанные на классической и математической логиках. Современные логики.

2.2.10. Фреймы. Семантические сети и графы. Онтологии. Модели, основанные на прецедентах.

2.2.11. Приобретение и формализация знаний. Пополнение знаний. Обобщение и классификация знаний. Логический вывод и умозаключение на знаниях.

2.2.12. Нечеткие множества. Лингвистические переменные. Нечеткие правила вывода. Системы нечеткого вывода Мамдани-Заде.

2.3. Теория и практика программирования

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

2.3.2. 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.

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

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

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

2.3.6. Управление потоком вычислений. Рекурсия.

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

2.3.8. 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.

2.3.9. 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.

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

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

2.3.12. Организация сетевого взаимодействия в современных ОС.

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

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

2.3.15. 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.

2.3.16. Основные методы организации многопроцессорных систем с распределенным управлением. Методы организации обработки информации в таких системах. Системы с общей и распределенной памятью.

2.3.17. 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.

2.4. Системный анализ, основы математического моделирования, численные методы

2.4.1. Понятие системы. Замкнутые и открытые системы, Управляемые системы, переменные состояния и управляющие воздействия. Понятия о управляемости и наблюдаемости систем. Понятие о состоянии равновесия и его устойчивости.

2.4.2. Основные этапы постановки задачи принятия решений. Классификация задач принятия решений. Этапы их решения.

2.4.3. Методы многокритериальной оценки альтернатив. Классификация методов. Многокритериальные задачи. Множества компромиссов и согласия, построение множеств. Функция полезности. Методы свертки критериев. Характеристики приоритета критериев.

2.4.4. Методы аппроксимации функции полезности. Деревья решений. Методы компенсации. Методы аналитической иерархии. Методы порогов несравнимости. Диалоговые методы принятия решений. Качественные методы принятия решений (вербальный анализ).

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

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

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

2.4.8. Основные понятия теории управления: цели и принципы управления, динамические системы. Типы структурных соединений подсистем. Принцип обратной связи.

2.4.9. Математическое описание объектов управления: пространство состояний, передаточные функции, структурные схемы.

2.4.10. Основные задачи теории управления: системы стабилизации, следящие системы, программное управление, оптимальное управление, экстремальное регулирование.

2.4.11. Динамические и статические характеристики систем управления: переходная и весовая функции и их взаимосвязь, частотные характеристики, передаточные функции.

2.4.12. Понятие об устойчивости состояния равновесия в системах управления. Устойчивость по Ляпунову, асимптотическая, экспоненциальная устойчивость.

2.4.13. Функции Ляпунова. Достаточное условие устойчивости состояния равновесия..

2.4.14. Методы оптимального управления. Постановки задач . типы критериев оптимальности и связей между искомыми переменными.

2.4.15. Локализация и расширение задач оптимального управления. Уравнение Эйлера,

2.4.16. Задача управления объектами, описываемыми обыкновенными дифференциальными уравнениями. Принцип максимума Понтрягина.

2.4.17. Усредненные задачи нелинейного программирования. Примеры. Условия оптимальности. Функция достижимости и ее выпуклая оболочка.