

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева»

**Программа вступительных испытаний в магистратуру
по направлению
09.04.02 Информационные системы и технологии
Магистерская программа
«Машинное обучение и интеллектуальный анализ данных»**

Москва 2025

Разработчики программы:

- заведующий кафедрой информационных компьютерных технологий, *д.т.н., проф. Кольцова Э.М.*
- доцент кафедры информационных компьютерных технологий, *к.т.н., доц. Семенов Г.Н.*
- доцент кафедры информационных компьютерных технологий, *к.т.н., доц. Дударов С.П.*

1. ВВЕДЕНИЕ

Программа вступительных испытаний предназначена для лиц, желающих поступить в магистратуру ФГБОУ ВПО «РХТУ им. Д.И. Менделеева» по направлению подготовки 09.04.02 – «Информационные системы и технологии» (магистерская программа «Искусственный интеллект»).

Программа разработана в соответствии с Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры, утвержденным приказом Министерства образования и науки РФ от 6 апреля 2021 года № 245. Программа рекомендуется для подготовки к вступительным испытаниям выпускников бакалавриата и специалитета классических университетов, технических и технологических вузов.

Содержание программы базируется на следующих учебных дисциплинах, преподаваемых в РХТУ им. Д.И. Менделеева в рамках направлений подготовки 09.03.02 «Информационные системы и технологии»:

1. Информатика
2. Информационные технологии
3. Базы данных
4. Алгоритмы вычислительной математики
5. Язык программирования C++
6. Методы искусственного интеллекта

Настоящая программа включает перечень тем, которые необходимо знать для поступления в магистратуру по данному направлению подготовки, а также перечень вопросов к вступительным испытаниям и перечень рекомендуемой основной и дополнительной литературы по направлению.

2. СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ

2.1. Информатика

1. Основные характеристики, области применения ЭВМ различных классов.

Функциональная и структурная организация процессора; организация памяти ЭВМ. Основные стадии выполнения команды; организация прерываний в ЭВМ. Организация ввода-вывода; периферийные устройства; архитектурные особенности организации ЭВМ различных классов; параллельные системы. Понятие о многомашинных и многопроцессорных вычислительных системах; матричные и ассоциативные вычислительные сети; конвейерные и потоковые вычислительные сети; сети ЭВМ; информационно-вычислительные системы и сети

2. Структура процессора.

Регистры общего назначения, регистры сегментов, регистры состояния и управления. Регистр флагов. Уровень микроархитектуры: стек и кэш; модели памяти; адресация памяти. Обзор уровня архитектуры набора команд процессора. Предсказание правильного адреса перехода. Способы представления и форматы данных ЭВМ: двоичная арифметика, использование шестнадцатеричной арифметики.

3. Кодирование информации. Информация: ее виды и способы представления. Кодирование информации. Системы счисления. Алгоритмы перехода из одной системы счисления в другую. Машинная арифметика (мантисса и порядок). Количественная оценка информации. Уравнение Шеннона.

4. Хранение и защиты информации. Файловые системы, файлы, дескрипторы. Хранение, архиваторы и средства защиты информации. Приемы антивирусной защиты.

2.2. Информационные технологии

1. Среды программирования. Принципы отладки кода программы. Синтаксис языка программирования. Справочная система. Базовые типы данных. Основы работы с числовыми и строковыми типами данных. Форматирование строк.

2. Структура кода программы. Встроенные операторы и функции. Пользовательские функции и основы функционального программирования. Файлы. Перехват ошибок.

2.3. Базы данных

1. Основные определения. Банки, базы данных: классификация, архитектура, состав. Информация, данные и знания. Системы обработки данных. Традиционные файловые системы. База данных и система управления базами данных – СУБД. Функции СУБД. Банки данных. Состав банка данных. Совокупность средств банков данных. Классификация банков данных. Роль банков данных в информационных системах. Трехуровневая архитектура: внешний, концептуальный, внутренний уровни банка данных. Требования к банкам данных и показатели эффективности.

2. Планирование, проектирование и администрирование базы данных.

Этапы жизненного цикла и проектирования базы данных. Проектирование приложения. Выбор СУБД. Администрирование данных. Администрирование базы данных.

3. Модели данных и проектирование баз данных.

Понятие модели данных. Объектные модели данных: модель типа «сущность – связь», семантическая модель, функциональная модель, объектно-ориентированная модель. Модели на основе записей: сетевая и иерархическая модели данных, реляционная модель данных. Концептуальное моделирование. Физические модели данных. Реляционная модель данных. Основы реляционной алгебры. Реляционное исчисление. Исчисление отношений. Основные операции над отношениями: объединение, разность, декартово произведение, проекция и селекция.

4. Методология проектирования реляционных баз данных.

Проектирование структуры баз данных. Подходы «от предметной области» и «от запроса». Инфологическое моделирование. Дatalogическая модель базы данных. Определение состава информационной базы и выбор СУБД. Нормализация отношений. Функциональная зависимость данных. Аномалии модификации данных. Декомпозиция отношений. Нормальные формы.

5. Физическая организация данных.

Файловые структуры для хранения информации в базах данных. Индексные файлы. Инвертированные списки. Бесфайловая организация хранения данных. Экстенты и страницы. Битовые страницы. Структура хранения данных в СУБД Oracle и MS SQL Server.

6. Управление данными в базах данных

Введение в языки управления данными. Введение в язык QBE. Введение в язык SQL. Назначение, история и стандарты языка SQL. Запись SQL-операторов.

Язык определения данных. Идентификаторы языка. Типы данных. Основные операторы языка DDL. Язык манипулирования данными. Основные операторы языка DML. Простые запросы. Сортировка результатов. Вычисляемые функции. Группирование результатов. Подзапросы. Многотабличные запросы. Комбинирование результирующих таблиц. Изменение содержимого базы данных. Представления.

7. Обеспечение целостности данных.

Обязательные данные. Ограничения для доменов. Целостность сущностей. Ссылочная целостность. Использование транзакций. Триггеры и хранимые процедуры.

8. Администрирование баз данных.

Динамический SQL, управление доступом. Внедрение SQL-операторов в прикладные программы. Основные концепции динамического SQL. Динамические курсоры. Предоставление привилегий пользователям.

9. Перспективные направления развития систем обработки данных.

Обзор современных СУБД. Хранилища данных и OLAP-технология. Архитектура, технологии и инструменты хранилищ данных. Аналитическая обработка данных. Многомерная OLAP-технология. Витрины данных. Распределенные, объектные, объектно-реляционные СУБД. Функции и архитектура распределенных СУБД. Основные концепции объектно-ориентированного подхода. Обзор объектно-реляционных СУБД.

2.4. Методы вычислительной математики и пакеты прикладных программ

1. Основные понятия и определения вычислительной математики. Численные методы решения уравнений и систем уравнений.

Цели и задачи дисциплины. Классы задач, решаемых численными методами. Основные понятия, определения, терминология. Понятия ошибки и точности. Виды ошибок. Итерационные вычисления. Сходимость итерационных вычислений. Численное решение нелинейных алгебраических уравнений. Методы решения. Отделение корней графическими методами. Уточнение корней. Интервальные методы. Методы коррекции приближения. Метод половинного деления. Метод пропорциональных частей. Условия окончания вычислений интервальными методами. Преимущества и недостатки интервальных методов. Метод простых итераций. Достаточное условие сходимости решения методом простых итераций. Получение гарантированно сходящейся итерационной формы нелинейного уравнения. Метод касательных. Достаточное условие сходимости метода касательных. Вычислительные проблемы метода касательных и их решение. Системы линейных алгебраических уравнений. Прямые и итерационные методы решения. Матричный подход. Методы Крамера, обратной матрицы, Жордана–Гаусса и их алгоритмизация. Метод простых итераций для решения систем линейных уравнений. Достаточное условие сходимости и приведение к сходящейся итерационной форме. Условия окончания итерационной процедуры. Модификация Зейделя. Особенности

решения систем нелинейных алгебраических уравнений. Метод простых итераций и его модификации применительно к системам нелинейных уравнений. Метод Ньютона–Рафсона и его модификация.

2. Обработка экспериментальных зависимостей.

Интерполирование экспериментальных зависимостей. Постановка задачи. Понятия интерполяции и экстраполяции. Узлы интерполирования. Кусочно-линейное интерполирование. Интерполяционные полиномы. Графическое определение степени полинома. Понятие конечных разностей. Определение степени полинома с помощью конечных разностей. Ограничение на использование конечных разностей. Интерполяционный полином Лагранжа. Понятие разделённых разностей. Интерполяционный полином Ньютона. Аппроксимация экспериментальных зависимостей. Метод наименьших квадратов и его критерий. Система линейных уравнений для расчёта коэффициентов аппроксимирующего полинома. Матричная форма решения задачи аппроксимации методом наименьших квадратов. Формирование характеристической матрицы. Вывод основного расчётного соотношения.

3. Численные методы дифференцирования и интегрирования.

Численное дифференцирование. Численный расчёт производных одномерных функций первого порядка. Численный расчёт частных производных многомерных функций. Численный расчёт производных высших порядков. Факторы, определяющие ошибку численного дифференцирования. Численное интегрирование. Численный расчёт определённых интегралов. Шаг интегрирования. Методы прямоугольников, трапеций, парабол. Коэффициенты Котеса. Факторы, определяющие ошибку численного интегрирования. Численный расчёт определённых интегралов методом Монте-Карло. Численное решение обыкновенных дифференциальных уравнений и их систем. Метод Эйлера. Модифицированный метод Эйлера. Метод Эйлера–Коши. Метод Рунге–Кутты 4 порядка. Факторы, влияющие на накопление ошибки при численном решении дифференциальных уравнений и их систем. Особенности решения систем дифференциальных уравнений. Постановки задачи Коши и краевой задачи. Решение задачи Коши. Сведение краевой задачи к задаче Коши.

4. Численные методы одномерной и многомерной оптимизации.

Постановка задач одномерной и многомерной оптимизации. Критерий оптимизации. Глобальные и локальные оптимумы. Классификация методов оптимизации. Одномерная оптимизация. Метод локализации оптимума. Метод золотого сечения. Сравнение методов одномерной оптимизации. Многомерная оптимизация. Иллюстрация численных методов с помощью линий уровня. Методы детерминированного поиска. Метод поочерёдного изменения переменных. Метод сканирования. Сравнение методов детерминированного поиска. Методы градиентного поиска. Метод релаксаций. Выбор переменной и знака направления поиска на основе анализа значений частных производных. Метод градиента. Расчёт координат направления движения к оптимуму. Метод наискорейшего спуска. Сравнение градиентных методов. Методы случайного поиска. Метод случайных направлений. Метод обратного шага. Метод спуска с наказанием случайностью. Сравнение классов численных методов многомерной оптимизации.

2.5. Язык программирования C++

1. Введение Язык программирования C++. Элементы языка C++. Алфавит, константы, переменные. Структура программы (для MS-DOS): - подключение библиотек, функция main, лексемы, принципы создания функций, вызываемых из главной программы. Обмен данными в функциях. Модели памяти. Библиотеки стандартных функций языка. Принципы их классификации и вызова. Возвращаемые значения функций.

2. Структурное программирование. Базовые средства языка C++.

Типы данных. Операции языка: - математические и логические. Выражения. Принципы использования операций и стандартных функций в выражениях. Операторы языка (составной, операторы цикла, условные операторы, операторы перехода, переключения и возврата). Преобразование типов. Модульное программирование. Функции. Обмен данных в функциях. Оператор return. Передача информации по значению, по указателю, по ссылке. Указатели и массивы. Принципы использования символьных строк. Директивы препроцессора. Условная компиляция. Области действия идентификаторов. Внешние объявления. Поименованные области.

3. Объектно-ориентированное программирование. Инкапсуляция и классы. Функции-члены класса. Дружественные функции. Конструкторы и деструкторы. Перегрузка конструкторов. Статические члены класса. Принципы создания объектов. Механизм наследования и иерархия классов. Ключи доступа private:, protected:, public:.. Перегружаемые функции – члены классов. Множественное наследование. Полиморфизм и виртуальные функции. Чистые виртуальные функции. Полиморфизм и множественное наследование. Чтение и запись информации из файлов. Потoki (стандартный и открываемый). Открытие и закрытие файла. Перемещение указателя внутри файла.

4. Шаблоны. Стандартная библиотека. Шаблоны. Строковые и потоковые классы. Стандартные алгоритмы.

2.6. Методы искусственного интеллекта

1. Понятие искусственного интеллекта. Классификация направлений и методов искусственного интеллекта. Задачи, решаемые методами искусственного интеллекта. Интеллектуальные системы и технологии: их архитектурные и функциональные отличительные особенности.

2. Основные понятия и классификация архитектур и принципов работы искусственных нейронных сетей. Базовые элементы искусственной нейронной сети: искусственный нейрон, слой нейронов, скрытый слой, синаптическая связь, весовые коэффициенты, коэффициенты смещения, состояние нейрона. Функция активации. Виды функций активации. Структура сети. Распространение сигнала в нейронной сети. Сети прямого распространения и рекуррентные сети.

3. Выборки данных для нейросетевого моделирования. Требования к исходной выборке. Понятия и обеспечение выполнения репрезентативности, непротиворечивости и уникальности примеров. Обучающая и тестовая выборки. Линейная нормализация и денормализация. Нелинейная нормализация и денормализация. Линеаризация и другие способы масштабирования обучающих данных. Критерии оценивания качества нейросетевой модели.

4. Принципы и алгоритмы обучения. Жизненный цикл нейронной сети. Классы задач, решаемые с помощью нейронных сетей. Постановки задач аппроксимации функций и интерполирования данных. Прогнозирование временных рядов. Классификация и идентификация. Распознавание образов. Кластеризация объектов.

5. Обучение с учителем. Однослойный перцептрон: структура, параметры настройки нейронной сети. Алгоритм обучения Уидроу–Хоффа. Вычислительные ограничения моделей на основе однослойных перцептронов.

6. Многослойный перцептрон: структура, параметры настройки. Обучение многослойных перцептронов на основе метода обратного распространения ошибки. Альтернативные методы и алгоритмы обучения многослойных перцептронов.

7. Нейронные сети радиально-базисных функций (РБФ): понятие радиально-базисной функции, какие радиально-базисные функции можно использовать в нейронных сетях, структура, настройка. Жизненный цикл: стадии обучения и практического использования. Особенности настройки радиальных элементов для решения одномерных и многомерных задач. Связь между обучающей выборкой и структурой РБФ-сети.

8. Обучение без учителя. Понятия самообучения и самоорганизации нейронных сетей. Постановка задачи кластеризации объектов. Алгоритмы самообучения и самоорганизации нейронной сети Кохонена.

9. Кластеризация объектов с разным набором признаков. Теория адаптивного резонанса и нейронные сети, основанные на ней. Бинарная нейронная сеть ART-1. Аналоговая нейронная сеть ART-2.

10. Ассоциативная память. Автоассоциативная память. Реализация автоассоциативной памяти и распознавание образов с помощью нейронной сети Хопфилда. Структура сети Хопфилда, параметры её настройки, стадии жизненного цикла, обучение, ограничение на количество распознаваемых образов.

11. Гетероассоциативная память. Нейронная сеть Коско: структура, параметры настройки, стадии жизненного цикла, обучение, ограничение на количество распознаваемых образов. Постановки задач распознавания и классификация образов с помощью нейронной сети Коско.

12. Нейронная сеть Хэмминга: структура, параметры настройки, стадии жизненного цикла, обучение. Классификация образов и идентификация ситуаций с помощью нейронной сети Хэмминга. Интерпретация результатов работы сети Хэмминга.

3. ВОПРОСЫ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ВСТУПИТЕЛЬНЫМ ИСПЫТАНИЯМ

1. Информатика

1. Понятие информации. Данные. Виды данных. Переменные. Представление переменных в памяти компьютера.

2. Системы счисления. Что такое система счисления. Базис системы счисления. Основные системы счисления. Перевод из десятичной системы счисления в двоичную, восьмеричную и шестнадцатеричную и обратно. Упрощенный перевод между двоичной, восьмеричной и шестнадцатеричной системой. Сложение, вычитание и умножение чисел в различных системах счисления.

3. Логические операции. Обозначения логических операций. Приоритет выполнения логических операций. Составление таблиц истинности.

4. Машинная арифметика (мантисса и порядок). Количественная оценка информации. Уравнение Шеннона.

2. Информационные технологии

5. Типы данных и их предназначение. Перечисления (Enum) и константы. Структуры. Массивы.

6. Основные принципы работы со строками и их форматирование.

7. Операторы повтора (циклы). Операторы перехода и выбора. Виды ошибок, возникающие в ходе работы над программой. Принципы обработки исключений.

8. Пользовательская форма. Основные свойства и события пользовательской формы. Типовые элементы управления, их предназначение и принципы использования.

9. Пользовательские процедуры и функции. Файлы. Типы файлов. Основные приёмы работы и с файлами.

3. Базы данных

10. База данных и система управления базами данных – СУБД. Функции СУБД. Банки данных. Состав банка данных. Классификация банков данных. Роль банков данных в информационных системах. Трёхуровневая архитектура: внешний, концептуальный и внутренний уровни банка данных.

11. Модели данных. Модели на основе записей: сетевая и иерархическая модели данных, реляционная модель данных.

12. Методология проектирования реляционных баз данных. Инфологическое моделирование. Дatalogическая модель базы данных.
13. Файловые структуры для хранения информации в базах данных. Индексные файлы. Инвертированные списки. Бесфайловая организация хранения данных.
14. Управление данными в базах данных. Языки управления данными. Идентификаторы языка. Типы данных.
15. Администрирование баз данных. Динамические курсоры. Предоставление привилегий пользователям.

4. Методы вычислительной математики и пакеты прикладных программ

16. Численные методы интегрирования. Методы прямоугольников, трапеций, парабол. Коэффициенты Котеса. Методы Монте-Карло.
17. Методы решения систем линейных алгебраических уравнений. Прямые и итерационные методы. Сходимость итерационных методов.
18. Численное решение обыкновенных дифференциальных уравнений и их систем. Метод Эйлера. Модифицированный метод Эйлера. Метод Эйлера–Коши. Метод Рунге–Кутты 4 порядка.
19. Аппроксимация экспериментальных зависимостей. Метод наименьших квадратов и его критерий. Получение матричной формы решения задачи аппроксимации методом наименьших квадратов.
20. Методы оптимизации функции одной переменной. Метод локализации экстремума. Метод золотого сечения. Метод поиска точки экстремума с использованием чисел Фибоначчи.
21. Численное решение нелинейных алгебраических уравнений. Интервальные методы. Метод половинного деления. Метод пропорциональных частей. Условия окончания вычислений интервальными методами. Преимущества и недостатки интервальных методов.
22. Метод простых итераций. Достаточное условие сходимости решения методом простых итераций. Получение гарантированно сходящейся итерационной формы нелинейного уравнения. Метод касательных. Вычислительные проблемы метода касательных и их решение.
23. Особенности решения систем нелинейных алгебраических уравнений. Метод простых итераций и его модификации применительно к системам нелинейных уравнений. Метод Ньютона–Рафсона и его модификация.
24. Интерполирование экспериментальных зависимостей. Понятия интерполяции и экстраполяции. Графическое определение степени полинома. Определение степени полинома с помощью конечных разностей. Интерполяционный полином Лагранжа. Интерполяционный полином Ньютона.
25. Многомерная оптимизация. Методы детерминированного поиска. Метод поочередного изменения переменных. Метод сканирования.
26. Многомерная оптимизация. Методы градиентного поиска. Метод релаксаций. Метод градиента. Метод наискорейшего спуска. Сравнение градиентных методов.

5. Язык программирования C++

27. Элементы языка C++. Алфавит, константы, переменные. Структура программы (для MS-DOS): подключение библиотек, функция main, лексемы, принципы создания функций, вызываемых из главной программы. Обмен данными в функциях.
28. Базовые средства языка C++. Типы данных. Операции языка: математические и логические. Выражения. Принципы использования операций и стандартных функций в выражениях. Операторы языка (составной, операторы цикла, условные операторы, операторы перехода, переключения и возврата). Преобразование типов.

29. Теоретические основы объектно-ориентированного программирования. Программная реализация инкапсуляции, наследования и полиморфизма.

30. Поточковый ввод-вывод в C++. Открытие и закрытие потока для чтения из файла и записи в файл.

31. Операторы выделения и освобождения памяти для переменной и массива. Указатели. Описание указателей.

32. Классы и члены: функции-члены, понятие класса и объекта.

6. Методы искусственного интеллекта

33. Искусственные нейронные сети: классификация, основные структурные элементы. Работа с выборками данных. Оценка качества нейросетевых моделей.

34. Однослойные и многослойные перцептроны: структура, методы и алгоритмы обучения, стадии жизненного цикла, классы решаемых задач.

35. Нейронные сети радиально-базисных функций: структура, методы и алгоритмы обучения, стадии жизненного цикла, классы решаемых задач. Постановки задач аппроксимации функций и классификации с использованием нейронных сетей радиально-базисных функций.

36. Самообучение и самоорганизация нейронных сетей. Кластеризация. Кластерный анализ. Нейронные сети Кохонена и адаптивного резонанса: структура, обучение, настройка, стадии жизненного цикла.

37. Решение задач распознавания образов с помощью нейронных сетей. Нейронные сети автоассоциативной и гетероассоциативной памяти: структура, обучение, настройка, стадии жизненного цикла. Ограничения на количество распознаваемых образов сетью заданной структуры.

38. Кластеризация объектов с разным набором признаков. Теория адаптивного резонанса и нейронные сети, основанные на ней. Бинарная нейронная сеть АРТ-1. Аналоговая нейронная сеть АРТ-2.

39. Нейронная сеть Хэмминга: структура, параметры настройки, стадии жизненного цикла, обучение. Классификация образов и идентификация ситуаций с помощью нейронной сети Хэмминга. Интерпретация результатов работы сети Хэмминга.

40. Библиотеки языков программирования для работы с искусственными нейронными сетями и машинного обучения: перечень, функциональные возможности, особенности, примеры использования.

4. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Основная:

1. Основы языка программирования Си: учеб. пособие / Н.А. Федосова, А.В. Женса, В.А. Василенко, Е.С. Куркина. – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2014. 136 с.

2. Симонович С.В. Информатика. Базовый курс: Учебник для вузов. 3-е изд. / С.В. Симонович. СПб.: Питер. 2011. 640 с.

3. Семенов Г.Н. Управление данными: учеб. пособие / – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2012. – 120 с

4. Сверчков А.М., Михайлова П.Г. Разработка приложений баз данных: учеб. пособие. – М.:РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2017 – 146 с.

5. Дударов С. П. Использование численных методов в табличном процессоре Microsoft Excel. Лабораторный практикум: учеб. пособие/ С. П. Дударов, П. Л. Папаев. – М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2013. – 116 с.

6. Дударов С. П. Программирование и численные методы в задачах химической технологии. Лабораторный практикум: учеб. пособие/ С. П. Дударов. – М. : РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2009. – 108 с.

7. Гартман Т. Н. Основы компьютерного моделирования химико-технологических процессов: Учеб. пособие для вузов/ Т. Н. Гартман, Д. В. Клушин. – М.: «Академкнига», 2008. – 415 с.

8. Павловская Т.А. С/С++. Программирование на языке высокого уровня СПб.: Питер, 2009. 461с.

9. Павловская Т.А., Щупак Ю.А. С/С++. Структурное программирование: Практикум. СПб: ПИТЕР, 2002.

10. Павловская Т.А., Щупак Ю.А. С++. Объектно-ориентированное программирование: Практикум. СПб: ПИТЕР, 2004.

11. Гостев И.М. Операционные системы: учебник и практикум для академического бакалавриата / И. М. Гостев. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : Издательство Юрайт, 2018. – 164 с. – (Серия : Бакалавр. Академический курс).

12. Дударов С.П., Папаев П.Л. Теоретические основы и практическое применение искусственных нейронных сетей: учеб. пособие. – М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2014. – 104 с.

Дополнительная:

1. Шилдт Г. Полный справочник по С / Г. Шилдт. М.: Вильямс, 2002. 704 с.

2. Дейт К. Введение в системы баз данных. 8-е изд. М.: СПб.: Вильямс, 2017 – 1328 с.

3. Аблязов Р. Программирование на Ассемблере на платформе x86-64. — М.: Издательство ДМК Пресс, 2016. – 306 с

4. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети: Принципы, технологии, протоколы: Учебник для вузов. - СПб.: Питер, 2017.– 992 с.

5. Олейник П.П. Корпоративные информационные системы. Учебник для вузов. - СПб.: Питер, 2012. ISBN 978-5-459-01094-7

6. Дударов С. П. Вычислительные методы обработки экспериментальных данных: Учебно-методическое пособие/ С. П. Дударов, А. Н. Шайкин, А. Ф. Егоров. – М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2005. – 52 с.

7. Прата, Стивен. Язык программирования С++. Лекции и упражнения, 6-е изд. : Пер. с англ. — М. : ООО "И.Д. Вильямс", 2012. – 1248 с.

8. Таненбаум Э., Бос Х. Современные операционные системы – М.: Издательство Питер, 2017. – 1120 с.