

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Институт прикладной математики и компьютерных наук



Рабочая программа дисциплины (модуля)

**«Математическое и программное обеспечение
вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей»**

для подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре
по научной специальности:

**«2.3.5. Математическое и программное обеспечение
вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей»**

Форма обучения
Очная



Рабочая программа дисциплины (модуля) «Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей» (далее – Рабочая программа) разработана и составлена в соответствии с:

– Положением о подготовке научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре Национального исследовательского Томского государственного университета (утв. Приказом ректора НИ ТГУ от 31.03.2022 № 250/ОД);

– самостоятельно устанавливаемыми требованиями к программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре Национального исследовательского Томского государственного университета (далее – ОП аспирантуры) (утв. Приказом ректора НИ ТГУ от 31.03.2022 № 250/ОД);

для включения в учебный план ОП аспирантуры НИ ТГУ по научной специальности «2.3.5. Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей» в качестве обязательной дисциплины, направленной на подготовку к сдаче кандидатского экзамена.

Рабочая программа рассмотрена и рекомендована к утверждению учебно-методической комиссией наименование института прикладной математики и компьютерных наук, протокол № 2 от «08» июня 2023 года.

Курс: 2

Трудоёмкость в ЗЕТ – 3

Трудоёмкость в академических часах – 108

Авторы-разработчики:

Костюк Ю.Л., д-р техн. наук, профессор,
профессор кафедры теоретических
основ информатики ТГУ

Согласовано:

Сущенко С.П., д-р техн. наук, профессор,
заведующий кафедрой прикладной информатики ТГУ,
руководитель ОП «2.3.5. Математическое и программное
обеспечение вычислительных систем, комплексов
и компьютерных сетей»



1. Цели и задачи освоения дисциплины (модуля)

Целью освоения дисциплины (модуля) «Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей» является формирование знаний, умений и навыков в сфере теоретических основ информатики, языков и систем программирования, архитектуры операционных систем, параллельного программирования, систем управления базами данных, достаточных для подготовки к сдаче и сдачи кандидатского экзамена по научной специальности «2.3.5. Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей» в соответствии с Номенклатурой научных специальностей (приказ Минобрнауки России от 24.02.2021 № 118).

Основные задачи дисциплины (модуля):

- формирование основных понятий в сфере теоретических основ информатики, языков и систем программирования, архитектуры операционных систем, параллельного программирования, систем управления базами данных;
- формирование знаний и умений в области конструирования эффективных алгоритмов и их исследования, теории сложности алгоритмов, теории автоматов и формальных языков, теории информации;
- углубление знаний и умений программирования на языках высокого уровня (C, C++, C#, Python, Java и других);
- углубление фундаментальных знаний в области современных информационных технологий, в частности, технологии баз данных и изучение современных прикладных информационных систем, автоматизированных средств разработки, сопровождения и проектирования систем баз данных;
- изучение принципов организации операционных систем и системных оболочек;
- освоение знаний в области информационных технологий и телекоммуникаций;
- изучение основных принципов теории параллельных алгоритмов и овладение навыками разработки эффективных программ для вычислителей с общей и распределенной памятью (кластеры);
- формирование знаний в области разработки программного обеспечения, основных понятий и принципов унифицированного процесса разработки, языка UML;
- формирование основных понятий в сфере искусственного интеллекта, машинного обучения, нейронных сетей, интеллектуального анализа данных.

2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы аспирантуры

Дисциплина (модуль) «Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей» относится к дисциплинам (модулям), направленным на сдачу кандидатских экзаменов, образовательного



компонента программы аспирантуры по научной специальности, по которой осуществляется подготовка (подготовлена) диссертации.

В соответствии с учебным планом дисциплина (модуль) реализуется на втором году обучения.

В рамках данной дисциплины (модуля) обобщаются, систематизируются и углубляются знания о теоретико-методологических основах исследования в рамках соответствующей научной специальности, формируется необходимый уровень подготовленности к самостоятельной научно-исследовательской работе.

3. Планируемые результаты освоения дисциплины (модуля)

По окончании освоения дисциплины (модуля) аспирант должен:

Знать:

- основные понятия и методы в области конструирования эффективных алгоритмов и их исследования, теории сложности алгоритмов, теории автоматов и формальных языков, теории информации;
- языки и системы программирования высокого уровня (C, C++, C#, Python, Java и другие);
- информационные технологии баз данных, прикладных информационных систем, автоматизированных средств разработки, сопровождения и проектирования систем баз данных;
- принципы организации операционных систем и системных оболочек;
- информационные технологии в области телекоммуникаций;
- теорию параллельных алгоритмов;
- парадигму объектно-ориентированного анализа и проектирования, унифицированный процесс разработки программного обеспечения, язык UML;
- основные понятия в сфере искусственного интеллекта, машинного обучения, нейронных сетей, интеллектуального анализа данных.

Уметь:

- применять в ходе проведения исследований современные информационные технологии в соответствующей области;
- разрабатывать программное обеспечение согласно унифицированного процесса разработки с применением языка UML;
- проектировать, реализовывать, сопровождать, поддерживать в актуальном состоянии базы данных и информационные системы;
- конструировать алгоритмы и исследовать их, анализировать сложность алгоритмов;
- программировать на языках высокого уровня (C, C++, C#, Python, Java и других);
- выполнять высокопроизводительную обработку данных, распараллеливать вычисления;



- выполнять обработку полученных ходе экспериментов данных с использованием интеллектуальных алгоритмов анализа, нейронных сетей;
- работать с операционными системами и системными оболочками;
- использовать информационно-телекоммуникационные технологии.

Владеть:

- навыками разработки программного обеспечения согласно унифицированного процесса разработки с применением языка UML;
- навыками проектирования, реализации, сопровождения баз данных и информационных систем;
- навыками конструирования алгоритмов и анализа их сложности;
- навыками программирования на языках высокого уровня;
- навыками работы с параллельными алгоритмами;
- навыками интеллектуального анализа данных, использования нейронных сетей в исследованиях;
- навыками работы в операционных системах, средах, оболочках;
- навыками работы с информационно-телекоммуникационными технологиями.

4. Язык реализации

Русский и(или) английский (в соответствии с языком освоения ОП аспирантуры и индивидуальным планом работы аспиранта).

5. Объём и структура дисциплины (модуля)

Общая трудоёмкость дисциплины (модуля) составляет 3 зачётные единицы, 108 академических часов:

№ п/п	Раздел дисциплины (модуля)	Период освоения	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу аспирантов и трудоёмкость (в часах)					Формы текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации
			Лекции	Лаб. работы	Прак- тика	Самост. работа	Всего	
1	Раздел 1. Основные вопросы	2	8			28	36	Аналитический обзор, реферат
2	Раздел 2. Дополнительные вопросы		8			28	36	Аналитический обзор, реферат
							36	Кандидатский экзамен
	ВСЕГО		16			54	108	



Самостоятельная работа аспирантов по темам дисциплины реализуется в форме подготовки аналитических обзоров и рефератов.

6. Содержание дисциплины (модуля)

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Содержание раздела дисциплины (модуля)
1	Раздел 1. Основные вопросы	Тема 1. Теоретические основы информатики 1.1. Модели алгоритмов и их сложность Алгоритмы, их временная и ёмкостная сложности. Сложность в среднем и наихудшем. Теоремы о рекуррентных соотношениях для трудоёмкости. Представление алгоритмов на равнодоступной адресной машине (РАМ) и языке высокого уровня. Связь машины Тьюринга и РАМ. Детерминированная (ДМТ) и недетерминированная (НМТ) машины Тьюринга. Детерминированное моделирование НМТ. 1.2. NP-полные задачи Классы P и NP языков. Языки и задачи. Задача выполнимости булевых формул, ее NP-полнота. Связь NP-полных задач. Задачи с полиномиально ограниченной памятью. Связь ДМТ и НМТ по ёмкостной сложности. Связь классов языков P-SPACE, P и NP. 1.3. Эффективные алгоритмы внутренней сортировки Минимально возможная трудоёмкость в на и худшем. Алгоритм Шелла. Быстрая сортировка Хоара, оценка его сложности в среднем. Вычисление медианы. Пирамидальная сортировка. Сортировка слиянием. Цифровая сортировка. Цифровая сортировка строк. 1.4. Внешняя сортировка Особенности задачи сортировки информации на файлах. Сбалансированное слияние. Многофазная сортировка, её анализ. Особенности практической реализации. 1.5. Хеширование Задача хеширования. Хеш-функция. Формирование хеш-таблицы с областью переполнения, поиск, удаление элементов. Хеш-таблица с открытой адресацией, эффективность поиска в среднем. Применение хеш-таблиц в файлах. 1.6. Информационные деревья Построение случайного дерева. Поиск, его средняя трудоёмкость. Идеально сбалансированные деревья. Удаление элементов из дерева. AVL-деревья. Фибоначчиевы деревья, их максимальная высота. Добавление и удаление в AVL-дереве. B-деревья, их применение для файлов. 1.7. Бэктрекинг, метод ветвей и границ, приближенные решения Бэктрекинг, общий алгоритм. Ограничения поиска, метод ветвей и границ. Раскраска графа. Задача коммивояжера: точное и приближенное решение. Оценки трудоёмкости. 1.8. Эффективные алгоритмы на графах Остовное дерево наименьшей стоимости, алгоритм Крускала. Алгоритм быстрого объединения множеств. Поиск в глубину в неориентированном графе. Выделение компонент связности. Нахождение кратчайших путей во взвешенном графе. Транзитивное замыкание, алгоритм Воршалла. 1.9. Коды, информация, энтропия Сообщение. Информация дискретного сообщения. Энтропия. Свойства информации и энтропии. Кодирование. Избыточность. Кодирование Хаффмана-Шеннона-Фано. Влияние корреляции частей сообщения на избыточность.



	1.10. Случайные числа Линейные конгруэнтные последовательности, их свойства в случае составного и простого модулей. Мощность датчика. Дважды случайный датчик. 1.11. Помехоустойчивое кодирование Кодовое расстояние, обнаруживающая и исправляющая способность кода. Линейные коды, их свойства. Код Хемминга. Полиномиальная арифметика. Циклические коды, их свойства. 1.12. Автоматные языки и лексический анализ Автоматные грамматики. Конечный автомат (КА), его функционирование. Недетерминированный КА. Преобразование недетерминированного КА в детерминированный КА. Семантическая обработка в КА. Таблицы констант, идентификаторов. Преобразование анализируемого текста в лексическом анализаторе. 1.13. Контекстно-свободные языки и анализ сверху-вниз Дерево порождения. Общий недетерминированный алгоритм анализа сверху-вниз. Детерминированный анализ сверху-вниз. Рекурсивный спуск. Преобразование грамматики. LL-анализатор. Использование отношения "first" при построении LL(1)-анализатора. 1.14. Синтаксический анализ снизу-вверх Общий недетерминированный алгоритм анализа снизу-вверх. Грамматики простого предшествования (ПП). Построение отношений ПП. Грамматики операторного предшествования (ОП). Построение отношений ОП. Предшествование более высокого порядка. LR-анализатор. 1.15. Обратная польская строка, как внутренний язык Обратная польская строка (ОПС) для арифметических выражений. Интерпретатор ОПС. ОПС для условных и циклических конструкций. ОПС для процедур и функций. ОПС для индексации массивов. Генерация ОПС при синтаксическом анализе сверху-вниз и снизу-вверх. Тема 2. Языки и системы программирования 2.1. Парадигмы программирования и классификация языков Императивные (процедурные) языки (C, Pascal, Python, Ada). Объектно-ориентированные языки (C, C++, C#, Java, Delphi, семейство языков .NET, Smalltalk). Аппликативные (функциональные) языки (LISP, Haskell). Языки логического программирования (Prolog и др.). Скриптовые языки (JavaScript, PHP, Perl и др.). 2.2. Стандартизация и интернационализация языков программирования Виды стандартов. Аспекты стандартизации. Кодировки символов. Форматы чисел, времени, дат. 2.3. Типизация данных в языках программирования Статическая типизация. Динамическая типизация. Языки с полиморфным типом данных. Языки с неявным определением типов. Языки с типом, определяемым пользователем. 2.4. Типы и структуры данных в современных языках программирования Скалярные типы данных. Составные типы данных. Указатели и ссылки. Процедурные типы. Объекты, классы и интерфейсы. Шаблонные типы. 2.5. Управление памятью Статическое выделение в сегменте данных и стеке. Куча. Явное выделение и освобождение памяти. Явное выделение и управление памятью на основе счетчика использования. Явное выделение и сборка мусора. 2.6. Управление последовательностью вычислений Вычисление выражений, приоритет операций. Ветвление (if, case). Циклы. Операторы goto, break, continue, exit. Подпрограммы, передача
--	---



	параметров, раннее и позднее связывание. Обработка исключений (try-except, try-finally, raise/throw). Параллельное программирование, многопоточность, синхронизация. 2.7. Способы реализации языков, трансляция Компиляция. Интерпретация. Ассемблер. Виртуальная машина и байт-код. Компиляция Just-In-Time. 2.8. Системы разработки приложений для Windows Windows API. Visual Studio, .NET Framework. Delphi. Eclipse IDE. NetBeans IDE, Lazarus, Visual Studio. Тема 3. Системы управления базами данных 3.1. Хранилища данных Проблемы разработки и сопровождения хранилищ данных. Архитектура хранилища данных. Информационные потоки в хранилище данных. Инструменты и технологии хранилищ данных. Организация хранилищ данных с использованием средств Oracle. 3.2. Проектирование хранилищ данных Проектирование базы данных для хранилища данных. Моделирование размерностей. Методика проектирования базы данных для хранилища данных. Критерии оценки размерностей хранилища данных. Проектирование хранилища данных с использованием СУБД Oracle. 3.3. OLAP-технология Оперативная аналитическая обработка данных (OLAP). Приложения OLAP. Преимущества OLAP. Представление многомерных данных. Инструменты OLAP. Категории инструментов OLAP. Расширения языка SQL для поддержки OLAP. 3.4. Объектно-ориентированная и объектно-реляционная модели Объектно-ориентированная и объектно-реляционная модели данных. Сравнение этих моделей с реляционной моделью данных и с объектно-ориентированной парадигмой программирования. Реализация объектно-реляционной модели данных в СУБД Oracle. 3.5. Определяемые пользователем типы, объектные представления и методы Работа с абстрактными типами данных. Защита абстрактных типов данных. Индексирование атрибутов абстрактных типов данных. Реализация объектных представлений. Манипулирование данными посредством объектных представлений. Использование триггеров INSTEAD OF. Синтаксис создания методов. Управление методами. 3.6. Коллекторы Массивы переменной длины: создание, вставка записей, выборка данных. Вложенные таблицы: создание, вставка записей, выборка данных. Дополнительные функции для вложенных таблиц и массивов переменной длины. Вопросы управления для вложенных таблиц и массивов переменной длины. 3.7. Расширенные объектно-ориентированные концепции Объектные таблицы и OID: создание, вставка строк, выборка значений, изменение и удаление строк. Функции REF и Deref. Функция VALUE. Объектные представления с REF. Как генерировать OID. Как генерировать ссылки. Объектный PL/SQL. Тема 4. Операционные системы 4.1. Функции и архитектурные требования к ОС Эволюция операционных систем (ОС). Классификация ОС. Клиентские и серверные ОС. ОС пакетной обработки. ОС реального времени. Жесткие и мягкие (гибкие) системы реального времени. ОС с разделением времени. Интерактивные ОС. Специализированные и встроенные ОС. Сетевые корпоративные ОС. Многопроцессорные ОС. Аппаратные,
--	--



	программные и информационные ресурсы вычислительной системы. Функции ОС. Эксплуатационные требования к ОС. Службы и сервисы ОС. Монолитные и многоуровневые (многослойные) системы. Ядро (супервизор) ОС. Функции супервизора. Вспомогательные модули ОС. Средства аппаратной поддержки ОС. Машинно-зависимые компоненты ОС. Концепция микроядерной архитектуры ОС. 4.2. Процессы и потоки, синхронизация процессов Понятие процесса и потока. Свойства процесса. Реализация процесса. Дескриптор процесса. Модель потока. Взаимодействие процессов. Критический ресурс. Критический участок процесса. Синхронизация процессов с помощью элементарных приемов нижнего уровня. Аппаратные неделимые операции "Блокировка памяти" и "Проверить и установить". Алгоритм Деккера. Семафоры общие и двоичные. Синхронизация процессов на двоичных семафорах. Задача "Поставщик-потребитель". Мьютексы. Синхронизация процессов с помощью приемов верхнего уровня. Монитор Хоара. Почтовые ящики. Барьеры. События и сигналы. Монитор, основанный на управляющей структуре «Таблица синхронизации». Управление процессами на основе таблицы синхронизации. Процедуры TP, TV, WAIT, POST. Процесс CLOCK. Определение тупика. Условия возникновения тупиков. Предотвращение тупиков, основанное на нарушении одного из условий возникновения тупика. Динамический обход тупиков. Алгоритм банкира для одного и нескольких видов ресурсов. Обнаружение тупиков. Восстановление после тупиков. 4.3. Распределение времени процессора между конкурирующими процессами Состояния процесса. Методы планирования в мультипрограммных системах. Вытесняющее и невытесняющее планирование. Разделение времени. Квантование времени. Планирование в системах пакетной обработки. Планирование в интерактивных системах. Планирование по наивысшему приоритету. Круговорот. Очереди с обратной связью. Многоуровневые очереди с обратной связью. Планирование в системах реального времени. 4.4. Управление оперативной памятью Именуемая функция. Функция памяти. Функция содержимого. Способы объединения модулей. Динамическое связывание модулей. Распределение памяти. Статическое и динамическое распределение. Стратегии распределения памяти. Перекрывание программ. Попеременная загрузка заданий. Сегментация программ. Страничная организация памяти. Сегментация в сочетании со страничной организацией памяти. Статическое и динамическое установление связей. Фрагментация памяти. Внешняя и внутренняя фрагментация. Кэширование адресуемых объектов и отображений виртуальных адресов на реальные. 4.5. Виртуальная память Многоуровневая организация виртуальной памяти. Стратегии распределения памяти для сегментов переменной длины. Список свободной памяти, способы его организации. Списки пустот, упорядоченные по адресам, по размеру. Списки пустот, организованные в виде системы расщепления. Уплотнение. Стратегии распределения для страниц фиксированной длины. Стратегии подкачек страниц. Подкачка по запросу. Опережающая подкачка. Стратегии вытеснения страниц. 4.6. Управление внешней памятью Планирование работы с магнитными дисками. Цели и принципы планирования. Оптимизация времени поиска цилиндра. Оптимизация времени ожидания записи. Конфигурирование подсистемы внешней памяти ВС. Функции файловой системы. Многоуровневая организация системы управления файлами. Порты ввода-вывода. Ввод-вывод, отображаемый на адресное пространство оперативной памяти. Многослойная модель подсистемы ввода-вывода. Логическая и
--	--



	физическая организация файловой системы. Блокировка записей. Буферизация (кэширование операций ввода/вывода). Способы организации файлов. Файловые операции. Методы доступа к записям файла (синхронный/асинхронный, последовательный/прямой). Дескриптор файла. Целостность файловых систем. Избыточные дисковые RAID-системы. 4.7. Принципы оценки производительности вычислительной системы Цели исследований и показатели производительности. Пиковая и реальная производительность. Методы оценки производительности. Тесты производительности: производителей, стандартные, пользователей. Стандартные тесты: iCOMP, SPECxx, Linpack, TPC, WebStone. 4.8. Защита объектов ОС Статус защиты. Защита паролями. Требования к ОС по безопасности. Внешняя безопасность. Операционная безопасность. Полномочия и объектно-ориентированные системы. Активные и пассивные элементы сферы защиты. Объекты защиты. Субъекты доступа к защищаемым объектам. Домены и возможности. Описание статуса защиты. Атрибуты доступа. Управление статусом защиты. Матричное представление статуса защиты. Списки возможностей. Списки управления доступом. Механизм «замок-ключ». Криптография. Криптографические секретные системы. Шифр. Системы с открытыми ключами. Цифровые подписи. Схемы шифрования. 4.9. Организация мультипроцессорных ОС Вычислительные системы с однородной (сосредоточенной) и неоднородной (распределенной) памятью. SMP – симметричная многопроцессорная обработка. CMP – перестраиваемая симметричная многопроцессорная обработка. MPP – многопроцессорная архитектура с распределенной памятью (массовый параллелизм). Кластеры – разновидность MPP-систем. Архитектура ccNUMA. Средства виртуализации вычислительных систем. Доменная архитектура многопроцессорных систем. Системные разделы. Разделение приложений. Средства разработки параллельных программ. Модель программирования для ВС с общей (разделяемой) памятью UMA (стандарт OpenMP). Модель программирования для ВС с распределенной памятью NUMA (стандарт MPI). Неявная (аппаратная) когерентность для сосредоточенной и распределенной памяти. Модели состоятельности многоуровневой памяти. Алгоритм MESI для сосредоточенной памяти. Алгоритм DASH для распределенной памяти. Явная (программная) когерентность для ВС с массовым параллелизмом. Масштабируемый когерентный интерфейс SCI. Типы мультипроцессорных ОС. Модель мультипроцессорной ОС с индивидуальной ОС для каждого процессора. Модель асимметричной мультипроцессорной ОС «хозяин-подчиненный». Модель симметричной мультипроцессорной ОС. Планирование времени мультипроцессора для несвязанных и связанных процессов. Родственное планирование. Бригадное планирование. Коммуникационное программное обеспечение (ПО) уровня пользователя. ПО, основанное на передаче сообщений. ПО, основанное на удаленном вызове процедур. ПО, основанное на распределенной памяти совместного доступа. 4.10. Коммуникационные средства многомашинных систем Обмен сообщениями. Вызов удаленных процедур. Распределенная память совместного пользования. Средства взаимодействия распределенных ВС. ПО, основанное на документе. ПО, основанное на распределенной файловой системе. ПО, основанное совместно используемых объектах. ПО, основанное на координации. Природа параллелизма компьютерных вычислений. Средства разработки параллельных программ. Методы реализации когерентности
--	---



	многоуровневой памяти. Модели состоятельности памяти. 4.11. Технологии виртуализации Цели и решения. Виртуальная инфраструктура. Доменная архитектура многопроцессорных вычислительных систем (ВС). Системные и прикладные разделы ВС. Разделение ВС на классы приложений. Применения технологий виртуализации: разработка и тестирование ПО; моделирование работы реальных систем на исследовательских стендах; консолидация серверов с целью повышения эффективности использования оборудования; консолидация серверов в рамках решения задач поддержки унаследованных приложений; демонстрация и изучение нового ПО; развертывание и обновление прикладного ПО в условиях действующих информационных систем; работа на ПК с разнородными операционными средами. Эмуляция аппаратная и программная. Модульный состав эмулятора. Тема 5. Компьютерные сети 5.1. Эволюция компьютерных сетей Ресурсы сети. Концептуальные требования к архитектуре сетей. Классификация сетей. Семиуровневая (эталонная) модель взаимодействия открытых систем Международной организации по стандартизации. Функции уровней. Модель сети интернет. Понятие протокола. Преобразование форматов протокольных блоков данных (принцип инкапсуляции). Методы коммутации в сетях передачи данных (коммутация каналов, коммутация пакетов). Сравнение методов коммутации. 5.2. Протокол управления физическим и информационным каналом связи Физический уровень. Методы модуляции непрерывных сигналов. Цифровое кодирование. Канальный уровень. Протокол управления звеном передачи данных HDLC. Фазирование и прозрачность. Понятие окна. Старт-стопный протокол. Нормальные и асинхронные процедуры управления звеном передачи данных. Групповой и селективный режимы повторной передачи последовательности кадров. 5.3. Протокол сетевого уровня Методы адресации сетевых объектов. Адресация в IP-сетях. Методы экономии адресного пространства в IP-сетях. Задача маршрутизации. Требования к алгоритмам маршрутизации. Команды протокола пакетной коммутации. Алгоритм маршрутизации АРПА-1. Недостатки алгоритма. Способы борьбы с ложными маршрутами. Алгоритм маршрутизации АРПА-2. Протокол IP. Таблица маршрутизации IP-протокола и ее использование IP-протоколом. 5.4. Транспортный протокол Сети дейтаграммного и виртуального сервиса. Протоколы, ориентированные на соединение (для сетей виртуального сервиса). Протоколы без соединения (для дейтаграммных сетей). Транспортный протокол ТСР. Система моделей для исследования индексов быстродействия протоколов и сетевых структур. Задержка мультипакетного сообщения в многозвенном детерминированном тракте передачи данных. Конвейерный эффект. 5.5. Управление потоками. Структура протоколов верхних уровней Уровни управления потоками. Схемы управления потоками (межузловой, вход-выход, управление доступом в сеть). Блокировки процессов передачи пакетов. Сеансовый уровень. Сетевой метод доступа. Представительный уровень. Варианты преобразования представлений. Фазы работы представительного уровня.
--	---



	5.6. Локальные вычислительные сети (ЛВС) Протоколы доступа к разделяемой среде передачи данных локальных сетей. Кольцо с тактированным доступом. Кольцо и шина с маркерным доступом (методы доступа Token Ring и Token Bus). Шина со случайным доступом (метод доступа Ethernet). Коммутируемые ЛВС. 5.7. Архитектура вычислительных систем Параллелизм компьютерных вычислений. Одно- и многопроцессорные архитектуры. Подходы к организации многопроцессорных вычислительных систем. Доменная архитектура. Архитектурные приемы реализации микропроцессоров. Коммуникационные среды для объединения компонент вычислительной системы. Шинные интерфейсы. Архитектура иерархической памяти. Организация кэш-памяти. 5.8. Модели организации сетевых архитектур Стандарты, сервисы, уровневые протоколы, стеки протоколов, вычислительные, программные и информационные ресурсы телекоммуникационных технологий; модели и методы программирования и обработки данных в сетевых окружениях; именование телекоммуникационных объектов; сокетная парадигма программирования в компьютерных сетях. 5.9. Проблемы организации эффективного функционирования компьютерных сетей Исследование и оценка характеристик функционирования компьютерных сетей; инструменты исследования операционных характеристик и индексов производительности компьютерных сетей; технология проектирования протокольных систем, платформы для построения распределенных кооперированных систем; программное обеспечение компьютерных сетей. 5.10. Средства моделирования вычислительных систем и сетевых структур Сети и системы массового обслуживания применительно к анализу функционирования компонент вычислительных систем, компьютерных сетей и обеспечения качества сервисов. Индексы быстродействия вычислительных систем и компьютерных сетей. Области применимости систем массового обслуживания с дискретным и непрерывным временем, с конечным и неограниченным накопителем. Формализация подсистем вычислителя и сетевых структур детерминированными и стохастическими конвейерами. Система моделей комплексного исследования вычислительных систем и компьютерных сетей. 5.11. Модели многоуровневой памяти вычислительных систем Модели влияния ассоциативности кэш-памяти на вероятность попадания в кэш. Урновая модель кэша. Модель кэша с идеальным вытеснением. Модель кэша для вытесняющей стратегии с ошибками. Динамические свойства идеального кэша. Модели влияния глубины неблокируемости кэша на быстродействие подсистемы памяти. Модель влияния частоты изменений данных на операционные характеристики подсистемы памяти. Оптимизация архитектуры подсистемы памяти. Модель разделяемой памяти блокирующего типа многопроцессорной системы. 5.12. Замкнутые и открытые модели звена передачи данных Структура линейного протокола. Замкнутые модели нормальных и асинхронных управляющих конвейерных процедур для режимов групповой и селективной повторной передачи. Оптимизация протокольных параметров (длина кадра, размер окна). Открытые модели двухзвенного сетевого фрагмента. Сравнительный анализ дискретной и непрерывной моделей влияния блокировок буферной памяти пропускную способность двухзвенного сетевого фрагмента. 5.13. Модели звездообразного фрагмента сети Модели расщепления сетевого трафика. Стратегии разделения буферной памяти между выходными каналами центрального (транзитного) узла
--	---



	звездообразного сетевого фрагмента. Модель агрегирования абонентского трафика в магистральный канал. Модель случайного множественного доступа с контролем несущей и обнаружением конфликтов в проводных локальных сетях. Модель случайного множественного доступа с контролем несущей и предотвращением коллизий в беспроводных локальных сетях. Эффект захвата разделяемой среды передачи данных в беспроводных сетях. Меры предупреждения эффекта захвата. 5.14. Потокосые и конвейерные модели многозвенного тракта передачи данных Модель многозвенного тракта передачи данных в виде открытой сети СМО. Детерминированные модели виртуального соединения с однородным и неоднородным трафиком. Оптимизация задержки абонентских сообщений в многозвенных виртуальных соединениях. Стохастические конвейерные модели процесса транспортировки мультимедийных сообщений в многозвенных трактах передачи данных. Потокосые модели процесса информационного переноса в многозвенных виртуальных соединениях, управляемых асинхронными процедурами транспортного протокола. Способы учета дополнительной нагрузки от конкурентных потоков в транзитных участках переприема многозвенного виртуального канала. Метод синтеза размера окна транспортного протокола. Анализ влияния длительности сквозного тайм-аута на среднюю задержку прикладных данных. Метод синтеза длительности тайм-аута ожидания квитанций транспортного протокола. Тема 6. Параллельное программирование 6.1. Архитектура высокопроизводительных вычислительных систем Параллелизм - как перспективный способ построения вычислительных систем. Классификации вычислительных систем. Архитектурные приемы повышения производительности микропроцессоров. Подсистема памяти (в том числе кэш-память). Гибридные и специализированные вычислители. 6.2. Параллельные алгоритмы и программы Принципы разработки параллельных алгоритмов. Оценка эффективности параллельных алгоритмов. Методы синхронизации потоков (критическая секция, мьютекс, семафор). 6.3. Классические задачи параллельного программирования Задача об обедающих философах. Задача о читателях и писателях. Команда потоков. Задача о спящем парикмахере. 6.4. Инструменты многопоточного программирования Параллельное программирование для систем с общей памятью (POSIX threads, OpenMP). Параллельное программирование для систем с распределенной памятью (MPI). Проблемы разработки параллельных программ. Отладчики и профилировщики. 6.5. Реализация параллельных алгоритмов Умножение матрицы на вектор. Умножение матрицы на матрицу. Решение системы линейных уравнений. Сортировка алгоритмы на графах. Тема 7. Искусственный интеллект 7.1. Задачи и классификация методов анализа данных Этапы интеллектуального анализа данных. Общие типы закономерностей при анализе данных. Группы задач анализа данных. Классификация и сравнительные характеристики методов анализа данных. 7.2. Основные методы анализа и интерпретации данных Предварительная обработка данных. Оптимизация признакового
--	---



	пространства с трансформацией и без трансформации пространства признаков. Постановка задачи классификации. Контролируемая непараметрическая и нейросетевая классификация. Классификация по методу машины опорных векторов. Деревья решений. Кластеризация. Регрессия и этапы регрессионного анализа. Методы восстановления регрессии. Ассоциация. Алгоритмы семейства «Априори». Алгоритм GSP. Многоуровневое машинное обучение. Бутстрэппинг. Бэггинг. Стекинг. Бустинг. Обнаружение аномалий. 7.3. Нейросетевые подходы и глубокое обучение Принципиальные основы машинного обучения. Функции активации. Основные типы искусственных нейронных сетей. Сверточные нейронные сети (Convolutional Neural Networks). Популярные архитектуры CNN. Среда и фреймворки глубинного обучения. 7.4. Обработка естественного языка Основные задачи обработки текста. Основные этапы и методы предварительной обработки текста. 7.5. Критерии точности Метрики качества классификации. Гипотеза А/В. Каппа-индекс согласия. ROC-кривая. Метрика качества прогноза временного ряда. Метрики качества кластеризации. 7.6. Высокопроизводительная обработка данных Принципы высокопроизводительных вычислений. Особенности построения вычислительного кластера. Среда и инструменты высокопроизводительных вычислений. Инструменты Data Mining. Программные инструменты для высокопроизводительной обработки данных. Тема 8. Программная инженерия 8.1. Язык UML. Общая характеристика История развития методов объектно-ориентированного анализа и проектирования. Основные задачи языка UML. Прямое и обратное проектирование. 8.2. Основные элементы языка UML Элементы языка UML. Механизмы расширения UML. Диаграммы UML. 8.3. Общая характеристика порождающих типовых приемов проектирования Контекст применения порождающих типовых приемов проектирования. Краткая характеристика порождающих типовых приемов проектирования. Подробный разбор одного из порождающих приемов проектирования (на выбор). Анализ порождающих типовых приемов проектирования. 8.4. Общая характеристика структурных приемов проектирования Контекст применения структурных типовых приемов проектирования. Краткая характеристика структурных типовых приемов проектирования. Подробный разбор одного из структурных приемов проектирования (на выбор). Анализ структурных типовых приемов проектирования. 8.5. Общая характеристика поведенческих типовых приемов проектирования Контекст применения поведенческих типовых приемов проектирования. Краткая характеристика поведенческих типовых приемов проектирования. Подробный разбор одного из поведенческих приемов проектирования (на выбор). Анализ поведенческих типовых приемов проектирования. 8.6. Концепция архитектурных слоев. Основные архитектурные слои. Типовые подходы к реализации бизнес-логики Понятие архитектурного слоя. Концепция слоев: достоинства и недостатки. Эволюция подхода, основанного на применении слоев. Основная модель приложения. Краткая характеристика пакетов основной
--	--



		модели. Типовые приемы организации бизнес-логики. 8.7. Типовые архитектуры Web-приложений Стандартные способы реализации Web-приложений. Особенности реализации стратегии MVC в Web. Типовые приемы реализации контролеров. Типовые приемы реализации видов. 8.8. Эволюция процессов разработки ПО Последовательная модель процесса разработки ПО. Эволюционная модель процесса разработки ПО. Достоинства и недостатки этих подходов. Краткая характеристика современных процессов разработки ПО. 8.9. Основные идеи Унифицированного процесса разработки ПО Понятие варианта использования (ВИ). Роль вариантов использования в Унифицированном процессе (УП) разработки ПО. Понятие архитектуры. Роль архитектуры в УП. Понятие итерации и инкремента. Управление рисками. 8.10. Обобщенная итерация в рамках Унифицированного процесса разработки Понятие обобщенной итерации в рамках Унифицированного процесса разработки ПО. Краткая характеристика основных исполнителей и потоков работ в рамках обобщенной итерации. Специализация обобщенной итерации в контексте одной из фаз унифицированного процесса.
2	Раздел 2. Дополнительные вопросы	Области исследования паспорта научной специальности, в рамках которой определена тема подготавливаемой кандидатской диссертации. 1. Модели, методы и алгоритмы проектирования, анализа, трансформации, верификации и тестирования программ и программных систем. 2. Языки программирования и системы программирования, семантика программ. 3. Модели, методы, архитектуры, алгоритмы, языки и программные инструменты организации взаимодействия программ и программных систем. 4. Интеллектуальные системы машинного обучения, управления базами данных и знаний, инструментальные средства разработки цифровых продуктов. 5. Программные системы символьных вычислений. 6. Операционные системы. 7. Модели, методы, архитектуры, алгоритмы, форматы, протоколы и программные средства человеко-машинных интерфейсов, компьютерной графики, визуализации, обработки изображений и видеоданных, систем виртуальной реальности, многомодального взаимодействия в социкиберфизических системах. 8. Модели и методы создания программ и программных систем для параллельной и распределенной обработки данных, языки и инструментальные средства параллельного программирования. 9. Модели, методы, алгоритмы, облачные технологии и программная инфраструктура организации глобально распределенной обработки данных. 10. Оценка качества, стандартизация и сопровождение программных систем.

7. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации



Освоение учебного материала дисциплины (модуля) запланировано в течение одного учебного года.

Текущий контроль знаний осуществляется на протяжении учебного года в ходе освоения дисциплины (модуля).

Промежуточная аттестация проводится в конце учебного года освоения дисциплины (модуля) в форме сдачи кандидатского экзамена (КЭ) комиссии, утверждаемой приказом ректора.

Сданный кандидатский экзамен является образовательным результатом выполнения индивидуального учебного плана аспиранта (ОР1).

Перечень тем с вопросами для подготовки к сдаче кандидатского экзамена:

Раздел 1. Основные вопросы

1. Модели алгоритмов и их сложность
2. NP-полные задачи
3. Алгоритмы сортировки и поиска
4. Информационные деревья
5. Бэктрекинг, метод ветвей и границ, приближенные решения
6. Эффективные алгоритмы на графах
7. Коды, информация, энтропия
8. Помехоустойчивое кодирование
9. Автоматные языки и лексический анализ
10. Контекстно-свободные языки, анализ сверху-вниз и снизу-вверх
11. Хранилища данных и СУБД
12. OLAP-технология
13. Интеллектуальный анализ данных
14. Объектно-ориентированная и объектно-реляционная модели данных
15. Функции и архитектурные требования к операционным системам
16. Управление оперативной памятью в ОС
17. Организация мультипроцессорных ОС
18. Параллельные алгоритмы и программы
19. Унифицированный процесс разработки программного обеспечения
20. Язык UML

Раздел 2. Дополнительные вопросы

Области исследования:

1. Модели, методы и алгоритмы проектирования, анализа, трансформации, верификации и тестирования программ и программных систем.
2. Языки программирования и системы программирования, семантика программ.
3. Модели, методы, архитектуры, алгоритмы, языки и программные инструменты организации взаимодействия программ и программных систем.



4. Интеллектуальные системы машинного обучения, управления базами данных и знаний, инструментальные средства разработки цифровых продуктов.
5. Программные системы символьных вычислений.
6. Операционные системы.
7. Модели, методы, архитектуры, алгоритмы, форматы, протоколы и программные средства человеко-машинных интерфейсов, компьютерной графики, визуализации, обработки изображений и видеоданных, систем виртуальной реальности, многомодального взаимодействия в социкиберфизических системах.
8. Модели и методы создания программ и программных систем для параллельной и распределенной обработки данных, языки и инструментальные средства параллельного программирования.
9. Модели, методы, алгоритмы, облачные технологии и программная инфраструктура организации глобально распределенной обработки данных.
10. Оценка качества, стандартизация и сопровождение программных систем.

8. Критерии оценки знаний и навыков

Результаты освоения дисциплины (модуля) определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Итоговая оценка за кандидатский экзамен выставляется решением экзаменационной комиссии.

Кандидатский экзамен проводится в форме письменного экзамена по билетам продолжительностью один академический час и состоит из следующих частей:

1. Основные вопросы (три вопроса из 1-го раздела содержания Программы).
2. Дополнительные вопросы (три вопроса из 2-го раздела содержания Программы).
3. Реферат.

Оценка уровня знаний по каждому вопросу осуществляется по пятибалльной шкале со следующим принципом перерасчета:

«отлично» – 5 баллов;

«хорошо» – 4 балла;

«удовлетворительно» – 3 балла;

«неудовлетворительно» – 1–2 балла.

При оценивании ответов на каждый из вопросов экзаменационного билета учитываются следующие критерии:

Ответ на вопрос исчерпывающий, продемонстрировано понимание и знание сути вопроса в полном объеме. Замечаний нет.	5 баллов
Ответ на вопрос неполный, но раскрывающий основную суть вопроса, продемонстрировано понимание и знание вопроса в достаточном объеме. Замечания незначительные.	4 балла
Ответ неполный с существенными замечаниями, знания по вопросу фрагментарные и частичные, в том числе и по тематике диссертационного исследования.	3 балла
Ответ на вопрос отсутствует или дан неправильный	1–2 балла



Пример экзаменационного билета:

Билет 1

Основные вопросы:

1. Алгоритмы сортировки и поиска
2. OLAP-технология
3. Организация мультипроцессорных ОС

Дополнительные вопросы:

1. Языки программирования и семантика программ
2. Компьютерная графика и визуализация
3. Сопровождение программных систем

Для сдачи кандидатского экзамена аспирант должен предварительно представить реферат по теме диссертационного исследования с обзором современных исследований по теме диссертации не менее 40 источников литературы.

Оценка «отлично» за реферат ставится, если:

- содержание реферата точно соответствует теме, отсутствуют ошибки в изложении и оформлении реферата;
- материал освещен в проблемном аспекте при достаточном фактологическом изложении;
- ссылки на работы известных ученых и новейшую литературу отличаются полнотой;
- изложено свое видение проблемы и аргументация своей позиции с помощью фактов;
- содержание связано с темой диссертационного исследования.

Оценка «хорошо» за реферат ставится, если:

- содержание реферата соответствует теме, допущены негрубые ошибки в изложении и оформлении реферата;
- обозначены основные проблемы изучения заявленного в теме вопроса при достаточном фактологическом изложении;
- даны ссылки на работы известных ученых и новейшую литературу;
- изложено свое видение проблемы и приведен ряд аргументов своей позиции с помощью фактов;
- содержание связано с темой диссертационного исследования.

Оценка «удовлетворительно» за реферат ставится, если:

- содержание реферата соответствует теме, допущены ошибки в изложении и оформлении реферата;
- поверхностное фактологическое изложение;
- даны ссылки на ряд работ известных ученых и новейшую литературу;



- содержание связано с темой диссертационного исследования.
- Оценка «неудовлетворительно» за реферат ставится, если:
- содержание реферата не соответствует теме, допущены грубые ошибки в изложении и оформлении реферата;
- не изложено свое видение проблемы и не приведены аргументы своей позиции;
- содержание не связано с темой диссертационного исследования.

Итоговая оценка за кандидатский экзамен выставляется решением экзаменационной комиссии:

«отлично» – при наличии не менее 80% 5-балльных ответов и отсутствии 3-2-1-балльных ответов;

«хорошо» – при наличии не менее 80% 4-балльных ответов и отсутствии 2-1-балльных ответов;

«удовлетворительно» – при наличии более 20% 3-балльных ответов и отсутствии 2-1-балльных ответов;

«неудовлетворительно» – при наличии 1-2 балльного ответа (или отказа отвечать на вопрос).

9. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Основная литература по разделу I:

1. Белов В.М., Новиков С.Н., Солонская О.И. Теория информации. Курс лекций: учебное пособие для вузов. – М.: РиС, 2016. – 143 с.
2. Блюмин А.М., Калянов Г.Н. Проектирование информационных систем. – М.: Горячая линия – Телеком, 2022. – 312 с.
3. Бурков А. Машинное обучение без лишних слов. – СПб.: Питер, 2020. – 192 с.
4. Буч Г., Рамбо Д., Джекобсон А. UML. Руководство пользователя. – М.: ДМК Пресс, 2000. – 432 с.
5. Вирт Н. Построение компиляторов. – М.: ДМК Пресс, 2010. – 192 с.
6. Галиаскаров Э.Г., Воробьев А.С. Анализ и проектирование систем с использованием UML: учебное пособие для вузов. – М.: Юрайт, 2022. – 125 с.
7. Гамма Э., Хелм Р., Джонсон Р., Влиссидес Дж., Приемы объектно-ориентированного проектирования. Паттерны проектирования. – СПб.: Изд-во «Питер», 2007. – 368 с.
8. Гарсиа-Молина Г., Ульман Д., Уидом Д. Системы баз данных. Полный курс: Пер. с англ. – М.: Вильямс, 2003. – 1088 с.
9. Гафаров Ф.М., Галимянов А.Ф. Параллельные вычисления: учеб. пособие. – Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2018. – 149 с.
10. Гецци К., Джазайери М., Мандриоли Д. Основы инженерии программного обеспечения. – СПб.: BHV, 2013. – 832 с.
11. Гордеев А. В., Молчанов А.Ю. Системное программное обеспечение. – СПб.: Питер, 2003. – 736 с.



12. Грабер М. SQL: Пер. с англ. – М.: Лори, 2000. – 371 с.
13. Громаков Е.И., Сидорова А.А. Современные технологии. Киберфизические системы: учебное пособие. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2021. – 166 с.
14. Дейт К. Введение в системы баз данных. 7-е издание: Пер. с англ. – М.: Вильямс, 2001. – 1072 с.
15. Дейтел Х. М., Чофнес Д.Р. Операционные системы. Основы и принципы. Т.1. – М.: Бином, 2016. – 1024 с.
16. Дейтел Х.М. Операционные системы. Распределенные системы, сети, безопасность. – М.: Бином, 2013. – 704 с.
17. Елесина С.В., Муратов Е.Р., Никифоров М.Б. ЭВМ и периферийные устройства. Устройства ввода вывода информации. – М.: Курс, 2018. – 206 с.
18. Камаев В. А. Технологии программирования. – М.: ВШ, 2006. – 454 с.
19. Камкин А.С. Введение в формальные методы верификации программ: учебное пособие. – М.: МАКС Пресс, 2018. – 272 с.
20. Кендалл Скотт Унифицированный процесс. Основные концепции. – М.: Вильямс, 2002. – 160 с.
21. Кнут Д. Искусство программирования для ЭВМ. Т. 3. Сортировка и поиск. – М.: Мир, 1978.
22. Коннолли Т., Бегг., Страчан А. Базы данных: проектирование, реализация и сопровождение. Теория и практика: Пер. с англ. – М.: Вильямс, 2000. – 1120 с.
23. Кормен Т., Ч. Лейзерсон, Р. Ривест. Алгоритмы: построение и анализ. – М.: МЦНМО, 2001. – 958 с.
24. Ларман К. Применение UML и шаблонов проектирования. – М.: Вильямс, 2002. – 624 с.
25. Липаев В.В. Проектирование и производство сложных заказных программных продуктов. – М.: СИНТЕГ, 2011. – 400 с.
26. Макаренко С. И. Интероперабельность человеко-машинных интерфейсов. – СПб.: Научные технологии, 2023. – 185 с.
27. Малышкин В.Э., Корнеев В.Д. Параллельное программирование мультимедийных систем. – Новосибирск: НГТУ, 2006. – 439 с.
28. Маран М. М. Программная инженерия. – СПб.: Лань, 2022. – 196 с.
29. Молдованова О.В. Языки программирования и методы трансляции: учебное пособие. – Новосибирск: СибГУТИ, 2012. – 134 с.
30. Монахов Д.Н., Монахов Н.В., Прончев Г.Б., Кузьменков Д.А. Облачные технологии. Теория и практика. – М.: МАКС Пресс, 2013. – 128 с.
31. Назаров С.В. Архитектуры и проектирование программных систем: монография. – М.: ИНФРА-М, 2013. – 413 с.
32. Новиков Б.А., Горшкова Е.А., Графеева Н.Г. Основы технологий баз данных: учеб. пособие. 2-е изд. – М.: ДМК Пресс, 2020.
33. Олифер В. Г., Олифер Н. А. Сетевые операционные системы. – СПб.: Питер, 2002. – 544 с.



34. Олифер В., Олифер Н. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: учебное пособие. 5-е изд. – СПб.: Питер, 2016.
35. Орлов С.А. Теория и практика языков программирования. – СПб.: Питер, 2017. – 688 с.
36. Павловская Т. А. C/C++. Программирование на языке высокого уровня. – СПб.: Питер, – 2003. – 461 с.
37. Прихожий А.А. Распределенная и параллельная обработка данных: учебно-методическое пособие. – Минск: БНТУ, 2016. – 91 с.
38. Рашка С., Мирджалили В. Python и машинное обучение. Машинное и глубокое обучение с использованием Python, scikit-learn и TensorFlow 2, 3-е изд.: Пер. с англ. – СПб.: Диалектика, 2020. – 848 с.
39. Синицын С. В., Батаев А. В., Налютин Н. Ю. Операционные системы. – М.: Изд. Академия, 2013. – 298 с.
40. Советов Б.Я., Цехановский В.В., Чертовской В.Д. Базы данных: учебник для вузов. – М.: Юрайт, 2022. – 420 с.
41. Таненбаум Э. Современные операционные системы. – СПб.: Питер, 2019. – 1120 с.
42. Тарасов С. В. СУБД для программиста. Базы данных изнутри. – М.: СОЛОН-Пресс, 2015. – 320 с.
43. Ульман Д., Уидом Д. Введение в системы баз данных: Пер. с англ. – М.: Лори, 2000. – 319 с.
44. Черткова Е. А. Программная инженерия. Визуальное моделирование программных систем. – М.: Юрайт, 2022. – 147 с.
45. Эндрюс Г.Р. Основы многопоточного параллельного и распределенного программирования. – М.: Вильямс, 2003. – 512 с.
46. Якобсон А., Буч Г., Рамбо Дж. Унифицированный процесс разработки программного обеспечения. – СПб.: Питер, 2002. – 496.

Дополнительная литература по разделу I:

1. Ахо А., Ульман Дж. Теория синтаксического анализа, перевода и компиляции. Т.1. Синтаксический анализ. – М.: Мир, 1978.
2. Ахо А., Хопкрофт Дж., Ульман Дж. Построение и анализ вычислительных алгоритмов. – М.: Мир, 1979.
3. Бабанов А.М. Технология разработки программного обеспечения: структурный подход. – Томск: ТГУ, 2006. – 157 с.
4. Бертсекас Д., Галлагер Р. Сети передачи данных: Пер. с англ. М.: Мир, 1989. – 544 с.
5. Бэлсон Д. и др. Внутренний мир Oracle8. Проектирование и настройка. – К.: ДиаСофт, 2000. – 800 с.
6. Вендров А.М. Проектирование программного обеспечения экономических информационных систем. – М.: Финансы и статистика, 2006. – 544 с.



7. Гамма Э., Хелм Р., Джонсон Р., Влиссидес Дж., Приемы объектно-ориентированного проектирования. Паттерны проектирования. – СПб.: Питер, 2007. – 368 с.
8. Дейт К. Введение в системы баз данных. 7-е издание: Пер. с англ. – М.: Вильямс, 2001. – 1072 с.
9. Замятин А.В. Интеллектуальный анализ данных: учебное пособие. – Томск: ТГУ, 2020. – 196 с.
10. Кендалл С. Унифицированный процесс. *Основные концепции. – М.: Вильямс, 2002. – 160 с.
11. Коннолли Т., Бегг., Страчан А. Базы данных: проектирование, реализация и сопровождение. Теория и практика: Пер. с англ. – М.: Вильямс, 2000. – 1120 с.
12. Костюк Ю.Л. Лекции по основам программирования: учебное пособие. – Томск: ТГУ, 2019. – 260 с.
13. Кренке Д. Теория и практика построения баз данных: Пер. с англ. – СПб.: Питер, 2003. – 800 с.
14. Кристофидес Н. Теория графов. Алгоритмический подход. – М.: Мир, 1978.
15. Кролл Пер, Филипп Крачтен. Rational Unified Process – это легко. Руководство по RUP для практиков. – М.: Кудиц-Образ, 2004. – 432 с.
16. Крэг Л. Применение UML и шаблонов проектирования. (2-е изд-е). – М.: Вильямс, 2002. – 624 с.
17. Мойсеев А.Н., Литовченко М.И. Основы языка UML: учеб. пособие. – Томск: ТГУ, 2023. – 96 с.
18. Сергеев С. Ф. Введение в проектирование интеллектуальных интерфейсов. – СПб.: СПбГУ ИТМО, 2011. – 108 с.
19. Сущенко С.П. Математические модели компьютерных сетей. – Томск: ТГУ, 2017. – 272 с.
20. Сущенко С.П., Замятин А.В. Операционные системы: учебное пособие. – Томск: ТГУ, 2020. – 220 с.
21. Танненбаум Э. Компьютерные сети. – СПб.: Питер, 2002. – 848 с.
22. Фаулер М. Архитектура корпоративных программных приложений. – М.: Вильямс, 2004. – 544 с.

Основная литература по разделу 2:

1. Аниче М. Эффективное тестирование программного обеспечения. – М.: ДМК Пресс, 2023. – 370 с. – URL: <https://e.lanbook.com/book/314930>
2. Бабичев С.Л., Коньков К.А. Распределенные системы: учебное пособие для вузов. – М.: Юрайт, 2024. – 507 с. – URL: <https://urait.ru/bcode/542583>.
3. Баженова, И.Ю. Языки программирования: учебник для студентов учреждений высш. проф. образования. – М.: ИЦ Академия, 2018. – 368 с.
4. Волков В.Ю. Адаптивные и инвариантные алгоритмы обнаружения объектов на изображениях и их моделирование в Matlab, 2-е изд., доп. – СПб.: Лань, 2022. – 192 с. – URL: <https://e.lanbook.com/book/212222>



5. Гостев И.М. Операционные системы: учебник и практикум для вузов, 2-е изд., испр. и доп. – М.: Юрайт, 2024. – 164 с. – URL: <https://urait.ru/bcode/537133>.
6. Далингер В.А., Симонженков С.Д. Информатика и математика. Решение уравнений и оптимизация в Mathcad и Maple: учебник и практикум для вузов, 2-е изд., испр. и доп. – М.: Юрайт, 2024. – 155 с. – URL: <https://urait.ru/bcode/537794>.
7. Зелковиц М. Шоу А., Гэннон Дж. Принципы разработки программного обеспечения. – М.: Мир, 2017. – 368 с.
8. Игнатьев А.В. Проектирование человеко-машинного взаимодействия: учебник для вузов, 3-е изд., стер. – СПб.: Лань, 2023. – 56 с. – URL: <https://e.lanbook.com/book/339029>
9. Кепнер Д. Параллельное программирование в среде MATLAB для многоядерных и многоузловых вычислительных машин; науч. ред. Д. В. Дубров. – М.: Изд-во Московского ун-та, 2013. – 292 с.
10. Колошкина И.Е., Селезнев В.А., Дмитроченко С.А. Компьютерная графика: учебник и практикум для вузов, 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Юрайт, 2024. – 237 с. – URL: <https://urait.ru/bcode/533674>
11. Красавин А.В., Жумагулов Я.В. Компьютерный практикум в среде Matlab: учебное пособие для вузов, 2-е изд. – М.: Юрайт, 2024. – 277 с. – URL: <https://urait.ru/bcode/541314>.
12. Лаврищева Е.М. Программная инженерия и технологии программирования сложных систем: учебник, 2-е изд. – М.: Юрайт, 2023. – 432 с. – URL: <https://urait.ru/bcode/513067>
13. Левашов О. В. Искусственное зрение. Искусственный интеллект. Нейронные модели живых сенсорных систем. – М.: Ленанд, 2022. – 246 с.
14. Малявко А. А. Формальные языки и компиляторы: учеб. пособие для вузов. – М.: Юрайт, 2018. – 429 с.
15. Малявко А. А. Параллельное программирование на основе технологий openmp, cuda, opencl, mpi: учебное пособие для вузов, 3-е изд., испр. и доп. – М.: Юрайт, 2024. – 135 с. – URL: <https://urait.ru/bcode/538878>.
16. Мартин Дж. Вычислительные сети и распределенная обработка данных: программное обеспечение, методы и архитектура. – М.: Финансы и статистика, 2012. – 525 с.
17. Платонов А.В. Машинное обучение: учебное пособие для вузов. – М.: Юрайт, 2024. – 85 с. – URL: <https://urait.ru/bcode/544780>.
18. Роби Р., Замора Д Параллельные и высокопроизводительные вычисления. – М.: ДМК Пресс, 2022. – 800 с. – URL: <https://e.lanbook.com/book/241124>
19. Станкевич Л.А. Интеллектуальные системы и технологии: учебник и практикум для вузов, 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Юрайт, 2024. – 495 с. – URL: <https://urait.ru/bcode/536688>.
20. Старолетов С.М. Основы тестирования и верификации программного обеспечения: учебное пособие для вузов, 3-е изд., стер. – СПб.: Лань, 2023. – 344 с. – URL: <https://e.lanbook.com/book/319445>



21. Танвар Ш. Параллельное программирование на C# и .NET Core. – М.: ДМК Пресс, 2022. – 272 с. – URL: <https://e.lanbook.com/book/241118>
22. Хейфец А.Л., Логиновский А.Н., Буторина И.В., Васильева В.Н. Инженерная 3D-компьютерная графика в 2 т. Том 1: учебник и практикум для вузов, 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Юрайт, 2024. – 328 с. – URL: <https://urait.ru/bcode/537839>
23. Хейфец А.Л., Логиновский А.Н., Буторина И.В., Васильева В.Н. Инженерная 3D-компьютерная графика в 2 т. Том 2: учебник и практикум для вузов, 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Юрайт, 2024. – 279 с. – URL: <https://urait.ru/bcode/537840>

Дополнительная литература по разделу 2:

1. Андреевский И.Л. Технологии облачных вычислений. – СПб.: Санкт-Петербургский государственный экономический университет, 2018. – 79 с.
2. Бернс Б. Распределенные системы. Паттерны проектирования. – Питер, 2020. – 224 с.
3. Боресков А.В., Шикин Е.В. Основы компьютерной графики: учебник и практикум для вузов. – М.: Юрайт, 2024. – 219 с. – URL: <https://urait.ru/bcode/536466>
4. Гудфеллоу Я., Бенджио И., Курвилль А. Глубокое обучение. – М.: ДМК-Пресс, 2018. – 652 с.
5. Игнатъев А.В. Тестирование программного обеспечения: учебное пособие для вузов, 3-е изд., стер. – СПб.: Лань, 2023. – 56 с. – URL: <https://e.lanbook.com/book/269873>
6. Калянов Г.Н. Моделирование, анализ, реорганизация и автоматизация бизнес-процессов. – М.: Финансы и статистика, 2006. – 240 с.
7. Крапивенко А.В. Методы и средства обработки аудио- и видеоданных: учебное пособие, 2-е изд. – М.: Вузовская книга, 2016. – 139 с.
8. Макаренко А.В., Чхартишвили А.Г., Шумов В.В. Системный анализ и прогнозирование безопасности. – М.: ЛЕНАНД, 2022. – 216 с.
9. Малахов С.В. Операционные системы и оболочки: учебное пособие для вузов. – СПб.: Лань, 2023. – 120 с. – URL: <https://e.lanbook.com/book/302681>
10. Миллер Р., Боксер Л. Последовательные и параллельные алгоритмы: общий подход; пер. с англ. А.В. Козвониной; под ред. С.М. Окулова. – М.: БИНОМ, Лаборатория знаний, 2015. – 406 с.
11. Миронов А.М. Машинное обучение, часть 1. – М: МАКС Пресс, 2018. – 90 с.
12. Савельев А.О. Введение в облачные решения Microsoft. Курс лекций. 2-е издание, исправленное. – М.: НОИ Интуит, 2016. – 231 с.
13. Селянкин В.В. Компьютерное зрение. Анализ и обработка изображений: учебное пособие для вузов, 3-е изд., стер. – СПб.: Лань, 2023. – 152 с. – URL: <https://e.lanbook.com/book/276455>
14. Таненбаум Э., Стеен М. Распределенные системы. Принципы и парадигмы. – СПб.: Питер, 2003. – 877 с.



15. Хансен Г., Хансен Д. Базы данных: разработка и управление: Пер. с англ. – М.: БИНОМ, 1999. – 699 с.

16. Черняк А.А., Черняк Ж.А. Математические расчеты в среде Mathcad: учебное пособие для вузов, 3-е изд., испр. и доп. – М.: Юрайт, 2024. – 163 с. – URL: <https://urait.ru/bcode/539482>.

17. Чоу Э. Python для сетевых инженеров: автоматизация сети, программирование и DevOps; пер. с англ. С. Черников; науч. ред. А. Киселев, 3-е изд. – СПб.: Питер, 2023. – 528 с.

Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:

1. Научная библиотека Томского государственного университета.

URL: <http://www.lib.tsu.ru>

Одна из крупнейших и старейших библиотек за Уралом, фонд которой составляет более 5 млн печатных изданий и электронных документов, в том числе 126,6 тыс. документов находится в отделе рукописей и книжных памятников (данные по состоянию на 01.01.2024). С 1998 года Научная библиотека в составе ТГУ имеет статус особо ценного объекта культурного наследия народов РФ.

2. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU

URL: <http://elibrary.ru>

Библиографическое описание, рефераты, полные тексты статей из российских и зарубежных журналов, а также доклады на конференциях монографии, учебные пособия, патенты, диссертации.

Российский индекс научного цитирования (РИНЦ) – национальная информационно-аналитическая система, аккумулирующая информацию о публикациях и цитированиях российских авторов, осуществляющая оценку результативности и эффективности деятельности научно-исследовательских организаций, уровень научных журналов.

3. Электронная библиотека диссертаций (РГБ)

URL: <http://diss.rsl.ru/>

Диссертации и авторефераты из фонда Российской государственной библиотеки (РГБ) по всем отраслям знания. Глубина полнотекстового доступа с 1998 года. Доступ к полным текстам только с компьютеров сети Научной библиотеки ТГУ по индивидуальному паролю. Пароль для работы можно получить в библиографическом информационном центре НБ ТГУ.

10. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Материально-техническое оборудование, используемое при реализации дисциплины:

- аудитории для проведения занятий лекционного типа;
- аудитории для проведения занятий семинарского типа, индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации;
- помещения для самостоятельной работы, оснащённые компьютерной техникой с выходом в интернет, в электронную информационно-образовательную среду



и к информационно-справочным системам;

- лаборатории, оборудованные компьютерной техникой со специализированным программным обеспечением;
- аудитории для проведения занятий лекционного и семинарского типа индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации в смешенном формате («Актру»).