Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Артеменков Михаил Николаевич
Должность: Ректор
Дата подписания: 09.11.2026 18:40:57
Уникальный программный ключ:
a63b74166e8f4fc17bd1e0462725f79e393bfdf9

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Смоленский государственный университет»

Кафедра прикладной математики и информатики

«Утверждаю»
Проректор по учебно-методической
деятельности
_____ Ю.А. Устименко
«25» декабря 2025 г.

Рабочая программа дисциплины

Б1.О.14 Математические модели параллельной и распределенной обработки данных

Направление подготовки **01.04.02 Прикладная математика и информатика**
Направленность (профиль) **Математическое и программное обеспечение цифровых радиотехнических систем и комплексов**

Форма обучения – очная
Курс – 2
Семестр – 3
Всего зачетных единиц – 3, часов – 108
Форма отчетности: зачет – 3 семестр

Программу разработал: доктор технических наук, доцент В.И. Мунерман

Одобрена на заседании кафедры
«20» ноября 2025 г., протокол № 5

Заведующий кафедрой _____ С.В. Козлов

Смоленск
2025

1. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина «Математические модели параллельной и распределенной обработки данных» относится к обязательной части блока Б1. «Дисциплины (модули)» основной образовательной программы по направлению подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика.

Дисциплина «Математические модели параллельной и распределенной обработки данных» находится в содержательной и методологической взаимосвязи с такими дисциплинами, как «Современные проблемы прикладной математики и информатики», «Дискретные модели вычислительных процессов».

Изучение данной дисциплины базируется на знаниях, умениях и навыках, полученных студентами при изучении таких дисциплин, как «Современные проблемы прикладной математики и информатики», «Дискретные модели вычислительных процессов».

Компетенции студентов, сформированные при изучении дисциплины, понадобятся при выполнении научно-исследовательской работы, прохождении преддипломной практики, написании магистерской диссертации, а также в практической деятельности, связанной с построением математических моделей, повышающих эффективность обработки данных в таких областях, как Data Mining и Business Intellegence.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индикаторы достижения
ОПК-1. Способен решать актуальные задачи фундаментальной и прикладной математики	**Знает**: современный аппарат математики и базовые методики и алгоритмы его применения для решения актуальных задач фундаментальной и прикладной математики. **Умеет**: выбирать необходимые методы решения и решать задачи фундаментальной и прикладной математики. **Владеет**: навыками решения базовых задач фундаментальной и прикладной математики.
ОПК-2. Способен совершенствовать и реализовывать новые математические методы решения прикладных задач	**Знает**: современный аппарат фундаментальной и прикладной математики, методы решения базовых прикладных задач и основные алгоритмы их совершенствования и модификации для решения прикладных задач. **Умеет**: совершенствовать и реализовывать новые математические методы, необходимые для решения конкретных прикладных задач. **Владеет**: навыками использования полученных теоретических сведений для создания и реализации новых математических методов решения прикладных задач.
ОПК-3. Способен разрабатывать математические модели и проводить их анализ при решении задач в области профессиональной деятельности	**Знать**: базовые методы разработки, анализа, модификации и применения математических моделей, современные методы математического моделирования в решении прикладных задач; **Уметь**: применять аппарат математического моделирования для решения прикладных задач; **Владеть:** навыками работы с инструментальными средствами математического моделирования предметной области, прикладных и информационных процессов.

3. Содержание дисциплины

1. **Введение в теорию многомерных матриц.** Понятие многомерной матрицы. Свойства типов элементов многомерных матриц. Многомерные матрицы и модели

данных. Основные операции над многомерными матрицами. Транспонирование, свертка, сечение, сложение многомерных матриц. Произведение многомерных матриц. Разбиение множеств индексов. Кэлиевы и скоттовы индексы. (λ,μ)–свернутое произведение многомерных матриц. Свертка, как частный случай произведения многомерных матриц.

2. **Введение в теоретико-множественную модель данных (файлов).** Понятия записи, ключа, множества однотипных записей. Определение файла, как фактор-множества множества однотипных записей. Строгая и нестрогая упорядоченность файла. Основные операции над файлами. Операции упорядочивания (сортировки), выборки, сжатия, слияния строго упорядоченных файлов. Слияние файлов. Слияние нестрого упорядоченных файлов. Алгоритм перепрогонов, алгоритм черпака.

3. **Параллельная обработка данных.** Параллельная реализация операций алгебры многомерных матриц. Обобщение алгоритмов умножения матриц: ленточного, Фокса, Кэннона. Параллельная реализация операций над файлами. Параллельная реализация операции слияния нестрого упорядоченных файлов на основе индексно-последовательного метода доступа.

4. **Соответствие теоретико-множественной и многомерно матричной моделей данных.** Гомоморфизм и изоморфизм моделей. Соответствие объектно-реляционной и многомерно матричной моделей данных. Гомоморфизм и изоморфизм моделей.

5. **Абстрактные алгебраические машины**. Объект как многоосновная универсальная алгебраическая система. Двухосновные системы со структурой и типом. Параллельная реализация абстрактных алгебраических машин. Параллельная реализация операций над структурами.

4. Тематический план

№ п/п	Разделы и темы	Всего часов	Формы занятий		
			лекции	лабораторные занятия	самостоятельная работа
1	Введение в теорию многомерных матриц	20	2	2	16
2	Введение в теоретико-множественную модель данных (файлов)	20	2	2	16
3	Параллельная обработка данных	20	2	2	16
4	Соответствие теоретико-множественной и многомерно матричной моделей данных	24	4	4	16
5	Абстрактные алгебраические машины	24	4	4	16
ИТОГО		108	14	14	80

5. Виды учебной деятельности

Занятия лекционного типа

Лекция 1. **Введение в теорию многомерных матриц.** Понятие многомерной матрицы. Свойства типов элементов многомерных матриц. Многомерные матрицы и модели данных. Основные операции над многомерными матрицами. Транспонирование, свертка, сечение, сложение многомерных матриц. Произведение многомерных матриц. Разбиение множеств индексов. Кэлиевы и скоттовы индексы. (λ,μ)–свернутое

произведение многомерных матриц. Свертка, как частный случай произведения многомерных матриц.

Лекция 2. Введение в теоретико-множественную модель данных (файлов). Понятия записи, ключа, множества однотипных записей. Определение файла, как фактор-множества множества однотипных записей. Строгая и нестрогая упорядоченность файла. Основные операции над файлами. Операции упорядочивания (сортировки), выборки, сжатия, слияния строго упорядоченных файлов. Слияние файлов. Слияние нестрого упорядоченных файлов. Алгоритм перепрогонов, алгоритм черпака.

Лекция 3. Параллельная реализация операций алгебры многомерных матриц. Обобщение алгоритмов умножения матриц: ленточного, Фокса, Кэннона. Параллельная реализация операций над файлами. Параллельная реализация операции слияния нестрого упорядоченных файлов на основе индексно-последовательного метода доступа.

Лекции 4-5. Соответствие теоретико-множественной и многомерно матричной моделей данных. Гомоморфизм и изоморфизм моделей. Соответствие объектно-реляционной и многомерно матричной моделей данных. Гомоморфизм и изоморфизм моделей.

Лекции 6-7. Абстрактные алгебраические машины. Объект как многоосновная универсальная алгебраическая система. Двухосновные системы со структурой и типом. Параллельная реализация абстрактных алгебраических машин. Параллельная реализация операций над структурами.

Занятия семинарского типа (лабораторные занятия)

Лабораторная работа №1. *Введение в теорию многомерных матриц*

Вопросы

1. Понятие многомерной матрицы.
2. Свойства типов элементов многомерных матриц.
3. Многомерные матрицы и модели данных.
4. Транспонирование многомерных матриц.
5. Свертка многомерных матриц.
6. Сечение многомерных матриц.
7. Сложение многомерных матриц.
8. Разбиение множеств индексов.
9. Кэлиевы и скоттовы индексы. $(\lambda, \mu)-$свернутое произведение многомерных матриц.
10. Свертка, как частный случай произведения многомерных матриц.

Задание

Реализовать базовые операции с многомерными матрицами в выбранной среде (MATLAB, Python + NumPy, Mathematica).

Задание для самостоятельной работы

Реализовать $(\lambda, \mu)-$свернутое произведение многомерных матриц в выбранной среде (MATLAB, Python + NumPy, Mathematica).

Лабораторная работа №2. *Введение в теоретико-множественную модель данных*

Вопросы

1. Понятия записи, ключа, множества однотипных записей.
1. Определение файла, как фактор-множества множества однотипных записей.
2. Строгая и нестрогая упорядоченность файла.
3. Операция упорядочивания (сортировки) файла.
4. Операция выборки из файла.
5. Операция сжатия файла.
6. Операция слияния строго упорядоченных файлов.

7. Слияние нестрого упорядоченных файлов.
8. Алгоритм перепрогонов.
9. Алгоритм черпака.

Задание

1. **Построение доменов и отношений**

- Определите 3-4 домена (например: Город = {Москва, СПб, Казань}, Год = {2023, 2024}, Оценка = {2, 3, 4, 5}).
- Постройте отношение R как подмножество декартова произведения выбранных доменов (не менее 5 кортежей).
- Запишите отношение в табличной форме и в виде множества кортежей.
- Укажите степень и мощность полученного отношения.

2. **Выполнение теоретико-множественных операций**

- Задайте два отношения R_1 и R_2 одинаковой степени (не менее 4 кортежей каждое).
- Выполните и продемонстрируйте на примерах:
  - объединение $R_1 \cup R_2$;
  - пересечение $R_1 \cap R_2$;
  - разность $R_1 \setminus R_2$;
  - декартово произведение $R_1 \times R_2$ (укажите степень и мощность результата).
- Для каждой операции приведите результирующее множество кортежей и краткие пояснения.

3. **Проекция и селекция**

- На основе отношения R из п. 1 выполните:
  - проекцию на два атрибута (запишите результат как новое отношение);
  - селекцию по условию (например, «Год = 2024» или «Оценка > 3»).
- Для каждого результата укажите степень и мощность, сравните с исходным отношением.

Задание для самостоятельной работы

4. Анализ целостности данных

- Сформулируйте для отношения R два ограничения целостности:
  - требование целостности сущностей (уникальность первичного ключа);
  - требование целостности по ссылкам (внешние ключи, если есть связанные отношения).
- Приведите примеры корректных и некорректных кортежей с точки зрения этих ограничений.

5. Нормализация (упрощённый пример)

- Возьмите не нормализуемое отношение (например, с повторяющимися группами).
- Разложите его на два или более отношения так, чтобы достичь **первой нормальной формы (1НФ)**.
- Обоснуйте, почему результирующие отношения удовлетворяют 1НФ.

Лабораторная работа №3. *Параллельная реализация операций над многомерными матрицами и файлами*

Вопросы

1. Обобщение алгоритма Кэннона.
2. Задания к практическому занятию
3. Параллельная реализация операции слияния нестрого упорядоченных файлов на основе индексно-последовательного метода доступа.

Задание

1. **Подготовка данных**

- Сгенерируйте многомерную матрицу (например, 3D-массив размерностью $200 \times 200 \times 100$) со случайными значениями.

- Сохраните матрицу в файл в бинарном или текстовом формате (выберите обоснованно).
- Реализуйте функцию загрузки матрицы из файла.

2. **Последовательная реализация операций**

- Реализуйте **две операции** на выбор (например):
  - сложение двух матриц одинаковой размерности;
  - умножение матрицы на скаляр;
  - вычисление суммы всех элементов матрицы;
  - транспонирование по двум измерениям.
- Измерьте время выполнения каждой операции.

3. **Параллельная реализация**

- Перепишите реализации операций с использованием параллельных вычислений:
  - используйте OpenMP (для C/C++) или concurrent.futures/multiprocessing (для Python);
  - разделите данные на блоки, обрабатываемые разными потоками/процессами;
  - обеспечьте синхронизацию при необходимости.
- Для каждой операции:
  - укажите число потоков/процессов (от 2 до 8);
  - измерьте время выполнения при разных числах потоков.

Задание для самостоятельной работы

4. **Оптимизация ввода-вывода**

- Реализуйте параллельное чтение/запись матрицы в файл:
  - разделите матрицу на фрагменты;
  - каждый поток/процесс читает/пишет свой фрагмент;
  - синхронизируйте завершение операций.
- Сравните время ввода-вывода для последовательной и параллельной версий.

5. **Сравнительный анализ**

- Постройте графики:
  - время выполнения операций vs. число потоков;
  - ускорение (speedup) vs. число потоков (ускорение = T_1 / T_p, где T_1 – время на 1 потоке, T_p – на p потоках).
- Оцените:
  - эффективность распараллеливания (efficiency = speedup / p);
  - наличие «узких мест» (например, синхронизация, накладные расходы).
- Сделайте выводы: при каких условиях параллельная реализация даёт выигрыш.

Лабораторная работа №4-5. *Соответствие файловой, объектно-реляционной и многомерно матричной моделей данных*

Вопросы

1. Гомоморфизм моделей
2. Изоморфизм моделей.

Задание

1. Подготовка тестовых данных

- Сформируйте набор данных (например, «Продажи товаров по регионам и месяцам»):
  - 10 регионов;
  - 12 месяцев;
  - 50 товаров;
  - значение – объём продаж (число).
- Общее число записей: ~6 000 кортежей (10 × 12 × 50).

2. Реализация в файловой модели

• Сохраните данные в **текстовом файле** (CSV) и в **бинарном файле** (например, pickle в Python или struct в C++).

• Реализуйте:

- чтение всего файла в структуру памяти;
- поиск записей по условию (например, «регион = Москва И месяц = январь»);
- обновление значения продаж для заданной тройки (регион, месяц, товар);
- вычисление суммы продаж по региону.

• Измерьте время выполнения операций.

3. Реализация в объектно-реляционной модели

• Создайте схему БД в СУБД с объектно-реляционными возможностями (PostgreSQL с типами ROW/ARRAY, Oracle с объектными типами).

• Оформите данные как:

- таблицу Sales с колонками: region, month, product, volume;
- либо как объектный тип Sale и коллекцию объектов.

• Выполните те же операции, что в п. 2, используя SQL + объектные методы.

• Замерьте время и сравните с файловым вариантом.

Задание для самостоятельной работы

4. Реализация в многомерно-матричной модели

• Представьте данные как 3D-массив (размерность: регионы × месяцы × товары).

• Используйте библиотеку для многомерных массивов (NumPy в Python, Eigen в C++, ND4J в Java).

• Реализуйте:

- срез по региону (получение матрицы месяцев × товаров);
- срез по месяцу (матрица регионов × товаров);
- суммирование по оси «месяцы» (получение матрицы регионов × товаров с итоговыми продажами);
- обновление отдельного элемента.

• Замерьте время операций и сравните с предыдущими моделями.

5. Сравнительный анализ

• Заполните таблицу:

Операция	Файловая модель	Объектно-реляционная	Многомерно-матричная
Чтение всех данных	…	…	…
Поиск по условию	…	…	…
Обновление элемента	…	…	…
Агрегация (сумма по региону)	…	…	…

• Постройте графики времени выполнения для каждой операции (по осям: модель vs. время).

• Оцените:

- удобство реализации и сопровождения;
- требования к памяти;
- масштабируемость при росте объёма данных.

• Сформулируйте выводы: для каких сценариев каждая модель предпочтительна.

Лабораторная работа №6-7. *Абстрактные алгебраические машины*

Вопросы

1. Объект как многоосновная универсальная алгебраическая система.
2. Двухосновные системы со структурой и типом.
3. Параллельная реализация операций над структурами.

Задание

1. Теоретическая подготовка

- Изучите:
  - определение машины Тьюринга (алфавит, состояния, функция переходов, лента);
  - принцип работы (чтение/запись, сдвиг головки, смена состояния);
  - понятие вычислимости по Тьюрингу.
- Кратко (0,5 стр.) опишите, чем машина Тьюринга отличается от:
  - конечного автомата;
  - машины Поста;
  - современной ЭВМ.

2. Реализация базовых операций

Для каждой задачи:

- запишите условие;
- укажите начальное положение головки и содержимое ленты;
- составьте таблицу команд (функция переходов);
- продемонстрируйте работу на 2–3 тестовых примерах (пошагово).

Задачи (выберите 3 из 5):

1. Увеличить двоичное число на 1 (головка над младшим разрядом).
2. Проверить, является ли число (в унарной записи) чётным (результат: символ «Y» или «N» на ленте).
3. Скопировать строку из символов «a» (например, «aaa» → «aaa_aaa», где «_» – разделитель).
4. Вычесть 1 из десятичного числа (не допускайте ведущих нулей: 100 – 1 = 99).
5. Заменить все символы «+» на «–» в массиве (головка над первым символом).

3. Моделирование условной логики

- Постройте машину Тьюринга, которая:
  - принимает на входе два унарных числа, разделённых символом «*»;
  - сравнивает их (>, <, =);
  - записывает результат («G», «L», «E») после второго числа.
- Пример:
  - вход: 111*11 → выход: 111*11G;
  - вход: 11*111 → выход: 11*111L.

Задание для самостоятельной работы

4. Анализ выразительной мощности

- Для одной из реализованных машин:
  - оцените сложность алгоритма (число шагов в зависимости от размера входа);
  - укажите, какие проблемы невозможно решить на машине Тьюринга (приведите 1-2 примера).
- Ответьте: какие реальные задачи можно моделировать с помощью машины Тьюринга, несмотря на её простоту?

5. Сравнение с другими моделями

- Составьте таблицу сравнения:

Критерий	Машина Тьюринга	Конечный автомат	Машина Поста
Память	…	…	…
Операции	…	…	…
Вычислительная мощность	…	…	…
Примеры решаемых задач	…	…	…

- Сформулируйте вывод: в чём преимущество машины Тьюринга как модели вычислений?

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа направлена на углубление и закрепление знаний студентов и развитии практических умений. Она заключается в работе с лекционными материалами, поиске и обзоре литературы и электронных источников, информации по заданным темам курса, в изучении тем, вынесенных на самостоятельную проработку и самостоятельном выполнении заданий.

Темы для самостоятельного изучения

1. Свойства и методы используемых объектов.
2. Ленточный алгоритм
3. Алгоритм PUMMA.

Задания для самостоятельной работы приведены в планах лабораторных занятий.

6. Критерии оценивания результатов освоения дисциплины (модуля)

6.1. Оценочные средства и критерии оценивания для текущей аттестации

1. Выполнение лабораторного задания и задания для самостоятельной работы

Задания для лабораторных занятий и для самостоятельной работы приведены в планах лабораторных занятий (см. п.5).

Критерии оценивания лабораторного задания и задания для самостоятельной работы:

№ п/п	Критерий	Балл
1.	Задание выполнено в срок (на соответствующем занятии)	1
2.	Задание выполнено студентом самостоятельно (без помощи и подсказок преподавателя)	1
3.	Результат строго соответствует заданию, служит прямым ответом на соответствующий вопрос задания	1
4.	Представленный результат проходит проверку (тестирование) на разных наборах входных данных	1
5.	Студент дает правильные пояснения о том, как выполнялось задание и каковы его результаты	1
6.	Работа оформлена в соответствии с требованиями (структура, форматирование, подписи, комментарии в коде и т. п.)	1
7.	Алгоритм/решение выстроено последовательно, блоки кода или расчётов логически разделены и обоснованы	1
8.	Использованы оптимальные методы и алгоритмы; решение не содержит избыточных или неоправданно сложных шагов	1
9.	В работе (особенно в коде или расчётах) присутствуют понятные пояснения, облегчающие восприятие	1
10.	Студент уверенно отвечает на дополнительные вопросы по заданию, демонстрирует понимание смежных аспектов задачи	1
	Итоговая (суммарная) оценка	Max - 10

Оценка «зачтено» - 5 баллов и более; оценка «не зачтено» - менее 5 баллов.

2. Теоретические вопросы

Теоретические вопросы предлагаются студенту во время сдачи лабораторного задания и направлены на проверку знания студентом основных теоретических положений дисциплины.

Теоретические вопросы приведены в планах лабораторных занятий (см. п .5).

Критерии оценивания ответов на теоретические вопросы

Показатель	Количество баллов
1) Полнота раскрытия темы (ответ охватывает все ключевые аспекты вопроса, не упускает существенные детали)	1
2) Точность терминологии (корректно использованы понятия и термины дисциплины; отсутствуют смысловые искажения)	1
3) Логичность и структура (ответ выстроен последовательно: есть введение, основная часть, выводы; мысли связаны между собой)	1
4) Глубина понимания (показано осмысление материала: не просто пересказ, а объяснение причинно-следственных связей, принципов, механизмов)	1
5) Аргументированность (положения подкреплены примерами, ссылками на источники, формулы, теоремы или экспериментальные данные)	1
6) Самостоятельность изложения (ответ не сводится к дословному воспроизведению учебника/лекции; присутствует индивидуальная интерпретация)	1
7) Актуальность и современность (упомянуты современные исследования, технологии или дискуссии по теме (если применимо))	1
8) Корректность примеров (приведённые иллюстрации точно соответствуют теории, не содержат ошибок и не вводят в заблуждение)	1
9) Ясность и доступность (текст понятен без дополнительных уточнений; сложные моменты разъяснены; нет избыточной перегруженности)	1
10) Грамотность и оформление (отсутствуют орфографические, пунктуационные и стилистические ошибки; формулы, схемы, цитаты оформлены по правилам)	1
Итоговая (суммарная) оценка	Max - 10

Оценка «зачтено» - 5 баллов и более; оценка «не зачтено» - менее 5 баллов.

6.2. Оценочные средства и критерии оценивания для промежуточной аттестации

Форма промежуточной аттестации – **зачет**

Для определения уровня сформированности компетенций применяется процедура независимой оценки. Независимая оценка уровня сформированности компетенций осуществляется комиссией (с возможностью привлечения внешних экспертов со стороны работодателей). В состав комиссии входят 3 преподавателя: заведующий кафедрой – председатель комиссии и независимый эксперт, преподаватель, ведущий лабораторные занятия по дисциплине «Математические модели параллельной и распределенной обработки данных», преподаватель кафедры – независимый эксперт. Зачет проходит в форме просмотра портфолио.

<u>Требования к структуре и содержанию портфолио</u>

Портфолио студента включает в себя следующие виды деятельности и их оценки:

№ п/п	Вид деятельности	Количество заданий	Пороговая оценка	Максимальная оценка
1.	Выполнение лабораторной работы (включая задания для самостоятельной работы по каждой из лабораторных работ)	7 лабора-торных работ	35	70

2.	Ответы на теоретические вопросы	7 блоков вопросов	35	70

Критерии и показатели оценивания портфолио по уровням

Уровень	Критерии и показатели оценивания
10 баллов	По результатам оценки портфолио набрано 93-100% от максимально возможного количества баллов, при этом по всем видам деятельности достигнуты пороговые значения
9 баллов	По результатам оценки портфолио набрано 86-92% от максимально возможного количества баллов, при этом по всем видам деятельности достигнуты пороговые значения
8 баллов	По результатам оценки портфолио набрано 79-85% от максимально возможного количества баллов, при этом по всем видам деятельности достигнуты пороговые значения
7 баллов	По результатам оценки портфолио набрано 71-78% от максимально возможного количества баллов, при этом по всем видам деятельности достигнуты пороговые значения
6 баллов	По результатам оценки портфолио набрано 64-70% от максимально возможного количества баллов, при этом по всем видам деятельности достигнуты пороговые значения
5 баллов	По результатам оценки портфолио набрано 57-63% от максимально возможного количества баллов, при этом по всем видам деятельности достигнуты пороговые значения
4 балла	По результатам оценки портфолио набрано 50-56% от максимально возможного количества баллов, при этом по всем видам деятельности достигнуты пороговые значения
3 балла	По результатам оценки портфолио набрано 36-49% от максимально возможного количества баллов и/или хотя бы по одному из видов деятельности не достигнуто пороговое значение
2 балла	По результатам оценки портфолио набрано 21-45% от максимально возможного количества баллов и/или хотя бы по одному из видов деятельности не достигнуто пороговое значение
1 балл	По результатам оценки портфолио набрано менее 21% от максимально возможного количества баллов и/или хотя бы по одному из видов деятельности не достигнуто пороговое значение

Таблица перевода оценок из 10-ти бальной системы в бинарную систему

Оценка по 10-ти бальной системе	Оценка по бинарной системе
10, 9, 8, 7,6,5,4	зачтено
3, 2, 1	не зачтено

7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

7.1 Основная литература

1. Гордеев С.И., Волошина В.Н. Организация баз данных: учебник для вузов – М.: Издательство Юрайт, 2025. – 691 с. – URL: https://urait.ru/bcode/559377.

2. Стружкин Н.П., Годин В.В. Базы данных: проектирование: учебник для вузов – М.: Издательство Юрайт, 2025. – 477 с. – URL: https://urait.ru/bcode/560310.

3. Илюшечкин В. М. Основы использования и проектирования баз данных: учебник для вузов – М.: Издательство Юрайт, 2025. – 213 с. – URL: https://urait.ru/bcode/559613.

4. Парфенов Ю.П. Постреляционные хранилища данных: учебное пособие для вузов /под научной редакцией Н. В. Папуловской. – М.: Издательство Юрайт, 2025. – 97 с. – URL: https://urait.ru/bcode/559502.

7.2 Дополнительная литература

1. Ахо А., Хопкрофт Дж., Ульман Дж. Построение и анализ вычислительных алгоритмов, М.: "Мир". – 1978 г. – 536 с.

2. Ахо А., Хопкрофт Дж., Ульман Дж. Структуры данных и алгоритмы. – Издательский дом "Вильямс", М., СПб, Киев. – 2000 г. – 384 с.

3. Левин Н.А., Мунерман В.И. Алгебраический подход к оптимизации обработки информации Системы и средства информатики. Спецвыпуск. Математические модели и методы информатики, стохастические технологии и системы. Москва: ИПИ РАН, 2005. стр. 279-294.

4. Емельченков Е.П., Левин Н.А., Мунерман В.И. Математические модели для проектирования информационных систем. – Ежегодник Системы и средства информатики. Специальный выпуск. Математические модели в информационных технологиях. М.: Наука, 2005. – с.210-225.

5. Мальцев А.И. Алгебраические системы. – М: Наука, 1970.

6. Гарсия-Молина Г., Ульман Д., Уидом Д. Системы баз данных. – М.: Вильямс, 2003.

7. Соколов Н.П. Введение в теорию многомерных матриц. – Киев: Наукова думка, 1978. – 143 с.

8. Емельченков Е.П., Левин Н.А., Мунерман В.И. Алгебраический подход к оптимизации разработки и эксплуатации систем управления базами данных. Системы и средства информатики/Дополнительный выпуск. – Изд. ИПИ РАН, М. 2009, 274 с. – с.114-137.

9. Мунерман В.И. Объектно-ориентированная модель массовой обработки данных. – М.: Радиотехника, Системы высокой доступности, 4, т. 7, 2011. – с. 72-74.

7.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. Система дистанционного обучения СмолГУ (moodle.smolgu.ru).
2. Система поддержки MS Visual Studio (msdn.ru)
3. Национальный открытый университет (intuit.ru).
4. Национальная платформа открытого образования (opened.ru)

8. Материально-техническое обеспечение

Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, оснащенная стандартной учебной мебелью, интерактивной доской, мультимедиапроектором, ноутбуком и колонками.

Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации - компьютерная аудитория с выходом в Интернет.

Помещение для самостоятельной работы – компьютерный класс с доступом к сети «Интернет» и ЭИОС СмолГУ.

9. Программное обеспечение

Kaspersky Endpoint Security для бизнеса Стандартный АО «Лаборатория Касперского», лицензия 1FB6-161215-133553-1-6231.

Microsoft Open License, лицензия 49463448 в составе: Microsoft Windows Professional 7 Russian; Microsoft Office 2010 Russian.

Поисковые системы сети Интернет.

Microsoft Visual Studio 2019-22 Community.

Microsoft SQL Server Express.