Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Артеменков Михаил Николаевич
Должность: Ректор
Дата подписания: 09.11.2026 13:40:37
Уникальный программный ключ:
a63b74166e8f4fc17bd1e0462725f79e393b6f69

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
_____Устименко Ю.А.
«25»декабря 2025 г.

Рабочая программа дисциплины
ФТД 01. Web-сервисы для параллельной 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 – 1
Семестр – 1
Всего зачетных единиц –3,часов – 108

Форма отчетности: зачет – 1 семестр

Программу разработал:кандидат педагогических наук, доцент Козлов С.В.

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

Заведующий кафедрой _____ С.В. Козлов

Смоленск
2025

1. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина ФТД 01. Web-сервисы для параллельной обработки данных относится к блоку "ФТД. Факультативы" основной образовательной программы. Изучается на первом курсе в первом семестре. Содержание способствуют развитию компетенций, необходимых для изучения следующих дисциплин: «Взаимодействие в распределенных программных системах», «Параллельное программирование прикладных задач».

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индикаторы достижения
ПК-2. Способен проектировать программное и информационное обеспечение, вычислительные модели и модели данных для реализации элементов новых (или известных) программных продуктов в области цифровых радиотехнических систем и комплексов	**Знает:** структуру программного обеспечения, основные требования к его проектированию, методики разработки и анализа блок-схем алгоритмов, современные языки программирования, технологии программирования. **Умеет:** проектировать программное и информационное обеспечение в области цифровых радиотехнических систем и комплексов, формулировать требования к программным продуктам, создавать блок-схемы алгоритмов функционирования разрабатываемых программных продуктов, оценивать их вычислительную сложность. **Владеет:** методами и приемами формализации и алгоритмизации поставленных проектных задач по созданию программного обеспечения.
ПК-3. Способен разрабатывать программное обеспечение цифровых радиотехнических систем и комплексов	**Знает:** архитектуру аппаратной платформы, синтаксис, принципы и особенности программирования (в том числе кроссплатформенного, распределенного и параллельного программирования), стандартные библиотеки выбранного языка программирования, стандарты реализации интерфейсов устройств, технологии разработки и отладки программных продуктов, принципы информационного построения сетевого взаимодействия, методики тестирования программного обеспечения. **Умеет:** использовать методы и приемы формализации и алгоритмизации поставленных задач, применять выбранный язык программирования для написания программного кода, осуществлять отладку программного обеспечения. **Владеет:** основными методами и приемами разработки и отладки программных продуктов.

3. Содержание дисциплины

Введение. Создание потоков. Синхронизация. Атомарные снимки регистров. Введение в высокопроизводительные вычисления.Тенденции развития вычислительных систем, обуславливающие необходимость применения распределенных (параллельных) методов вычислений. Примеры вычислительно емких задач из разных областей науки. Классификация параллельных систем (SIMD, MISD, SMP, MPP). Современные высокопроизводительные системы: начиная от расширений SSE, через многоядерность к узлам кластеров.Понятия ускорения, эффективности (закон Амдала). Многопоточность или IPC. Создание/завершение потоков. Механизм запуска потока. Корректное завершение потоков: cancellation points, interrupted exception, примеры кода в glibc. Сравнение различных потоков (POSIX, boost, java). Проброс исключений между потоками.Примитивы синхронизации. Необходимость синхронизации: простые гонки данных. Реализация примитивов синхронизации: алгоритм булочника. Виды мьютексов: рекурсивные/нерекурсивные, read/write, spin, futex. Корректные захват/освобождение примитивов. CAS-операции и атомики. Условные переменные: использование wait/notify, Spurious wakeups. Алгоритмы синхронизации. Грубая. Тонкая. Оптимистичная. Ленивая. Неблокирующая (параллель с ORM). Атомарные снимки

регистров.Классификация алгоритмов: lock-free, wait-free. SWMR-регистры. Lock-free snapshot. Wait-free snapshot.

Характерные ошибки, профилирование, пулы потоков и шаблоны. Ошибки параллельного программирования. Основные ошибки многопоточного программирования: Гонки данных (Data Race), Взаимная блокировка (Deadlock). Специфические ошибки: Реакция потока на сигнал, Блокировки при fork многопоточных программ, Проблема ABA, Инверсия приоритетов. Профилирование многопоточных приложений. Средства анализа производительности: Утилита time, Intel Parallel Studio, Valgrind (модули callgrind, cachegrind). Пример поиска узких мест. Java.util.concurrent и пулы потоков Пулы потоков, корректное завершение пула. Контроль задач через Future. Потокобезопасные контейнеры. OpenMP и Intel TBB. ОбзорOpenMP: параллельные секции, области видимости переменных, ограничения. Обзор Intel TBB: алгоритмы, аллокаторы, деревья задач, особенности планирования (work stealing...), flow graphs (параллель с BPEL). Шаблоны параллельного программирования. Структурные шаблоны: Декомпозиция по задачам, Геометрическая декомпозиция, Recursive Data, Pipeline. Некоторыепрограммныеструктуры: Parallelloops, Boss/Worker. Разное: Doublecheck, LocalSerializer.

Кластеры, сети Петри. Модели памяти, асинхронный ввод/вывод. Кластерные вычисления. Виды кластерных систем: Балансировки нагрузки, Высокой надёжности, Вычислительные. История и назначение стандарта MPI. Обмен сообщениями: С блокировкой, Без блокировки, Отложенные запросы на взаимодействие. Взаимодействие процессов: Группы и коммуникаторы, Операции коллективного взаимодействия процессов, Редукция, Виртуальные топологии. Консенсус. Сети Петри. Консенсус: Консенсусное число RMW-регистров, Универсальность CAS-операций. Верификация || программ (сетиПетри).Транзакционнаяпамять.Идеятransactionalmemory: Softwaretransactionalmemory, Hardwaretransactionalmemory. Преимущества и круг задач. Реализация HTM на линейках кэша. Lock teleportation. Асинхронный ввод/вывод. Блокирующий/неблокирующий. Синхронный (реактор)/асинхронный (проактор). Преимущества асинхронной работы и реализация со стороны операционной системы. Библиотеки асинхронного ввода/вывода. Модель памяти Устройство кэшей процессора. Пример на протоколе MESI. Барьерыпамяти (store/load). Моделипамяти: Sequentialconsistency.... Acquire/releasesемантика.

Линеаризуемость, lock-free структуры данных. Линеаризуемость. Понятие линеаризуемости. Lock-free стек Trieber. Пример на очередях. Lock-free очередь Michael & Scott. Точки линеаризации. Flat-Combining. Схема Flat-Combining. Возможные оптимизации за счёт интерференции операций. Сравнение производительности с lock-free очередью Michael & Scott. Древовидные Lock-free структуры данных. User-space RCU. MultiArray. Схемыуправленияпамятью: Taggedpointers, Hazardpointer. OpenCL.АрхитектуравычисленийнаGPU. ПринципыработысостандартомOpenCL.

4. Тематический план

№ п/п	Разделы и темы	Всего часов	Формы занятий	
			лабораторные занятия	самостоятельная работа
1	Введение. Создание потоков. Синхронизация. Атомарные снимки регистров	27	8	19
2	Характерные ошибки, профилирование, пулы потоков и шаблоны	27	8	19
3	Кластеры, сети Петри. Модели памяти, асинхронный ввод/вывод	27	8	19
4	Линеаризуемость, lock-free структуры данных	27	8	19
	Итого	108	32	76

5. Виды образовательной деятельности

Занятия семинарского типа – лабораторные работы

Лабораторные работы№1-4. Форма представления обучающимися - программа на выбранном языке программирования.

Реализовать классический паттерн producer-consumerc небольшими дополнительными условиями. Программа должна состоять из четырех потоков: один - главный, producer, consumeri interruptor. На стандартный ввод программе подается строка - список чисел произвольной длины.

Задача producer-потока - получить на вход список чисел, и по очереди использовать каждое значение из этого списка для обновления переменной разделяемой между потоками. После этого поток должен дождаться реакции consumer-потока, и продолжить обновление значений только после того как поток-consumerпринял это изменение.

Задача consumer-потока отреагировать на каждое изменение переменной datai набирать сумму полученных значений. После того как достигнуто последнее обновление, функция потока должна вернуть результирующую сумму. Также этот поток должен защититься от попыток потока-interruptorего остановить.

Задача потока-interruptorпроста: пока происходит процесс обновления значений, он должен постоянно пытаться остановить поток consumer. Как только поток producerпроизвел последнее обновление, этот поток завершается.

Функция run_threadsдолжна запускать все три потока, дожидаться их выполнения, и возвращать результат потока-consumer.

Для обеспечения межпоточного взаимодействия допускается использование только pthreadAPI.

Лабораторные работы №5-8. Форма представления обучающимися - программа на выбранном языке программирования.

Реализовать интерфейс множества в виде lock-freeструктуры данных. Задание должно состоять из одного файла LockFreeSetImpl.javaсодержащего класс, реализующий интерфейс LockFreeSet, приложенный к задаче. Спецификация реализация описана в документации к интерфейсу.

Лабораторные работы№9-12:

Реализовать с использованием графовой модели вычислений следующую задачу, разбив её на части и обеспечив максимальную потенциальную утилизацию ресурсов (изображение == матрица MxK):

1.На вход подаются генерированные случайным образом изображения

2.Различные алгоритмы ищут || на изображении:

- Набор максимальных элементов (максимальная яркость)
- Набор минимальных элементов (минимальная яркость)
- Набор элементов, равных заданному в командной строке значению (0-255)

3. По результатам предыдущего шага на изображении выделяются все найденные элементы (например, квадрат с максимальной яркостью вокруг точки)

4. Результат предыдущего шага передаётся на:

- Расчёт обратного изображения (инверсия яркости)
- Расчёт средней яркости изображения

5. Результат расчёта средней яркости выводится в файл в произвольном формате, если указан соответствующий флаг запуска приложения

6. Результат расчёта обратного изображения никуда не идёт.

Лабораторные работы №№13-16:

Необходимо рассчитать двухмерную свёртку 2 заданных матриц по заданной формуле.

Самостоятельная работа

Самостоятельная работа - планируемая учебная работа студентов, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Самостоятельная работа, не предусмотренная программой учебной дисциплины, раскрывающей и конкретизирующей ее содержание, осуществляется студентом инициативно, с целью реализации собственных учебных и научных интересов.

Для более эффективного выполнения самостоятельной работы по дисциплине преподаватель рекомендует источники для работы, характеризует наиболее рациональную методику самостоятельной работы, демонстрирует ранее выполненные студентами работы и т.п.

Виды заданий для внеаудиторной самостоятельной работы, их содержание и характер могут иметь вариативный и дифференцированный характер, учитывать индивидуальные особенности студента.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов onlineи на занятиях в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности.

Контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы осуществляется в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине на практических занятиях.

6. Критерии оценивания результатов освоения дисциплины (модуля)

6.1. Оценочные средства и критерии оценивания для текущей аттестации

Критерии оценивания лабораторных работ.

Задания приведены в планах лабораторных занятий (см. п.5).

Критерии оценивания лабораторного задания:

№ 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

1. Примитивы синхронизации.
2. Алгоритмы синхронизации.
3. Атомарные снимки регистров.
4. Ошибки параллельного программирования.
5. Пулы потоков.
6. Шаблоны программирования.
7. Консенсус.
8. Транзакционная память.
9. Асинхронный ввод/вывод.
10. Модель памяти.
11. Линеаризуемость.
12. Flat-Combining.

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

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 «Web-сервисы для параллельной обработки данных», преподаватель кафедры – независимый эксперт. Зачет проходит в форме просмотра портфолио.

Требования к структуре и содержанию портфолио

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

№ п/п	Вид деятельности	Количество заданий	Пороговая оценка	Максимальная оценка
1.	Выполнение и защита заданий лабораторных работ	16 лабораторных работ	80	160
2.	Ответы на теоретические вопросы	4 блока вопросов	20	40

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. Малявко А. А. Параллельное программирование на основе технологий openmp, cuda, opencl, mpi: учебник для вузов / А. А. Малявко. — 3-е изд., испр. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2025. — 135 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-14116-0. — Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/562821.

2. Бабичев С. Л. Распределенные системы: учебник для вузов / С. Л. Бабичев, К. А. Коньков. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 507 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-11380-8. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/566315.

7.2. Дополнительная литература

1. Богачёв К.Ю. Основы параллельного программирования. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2003. - 342 с.

2. Воеводин В.В., Воеводин Вл.В. Параллельные вычисления. - СПб.: БХВ-Петербург, 2002. - 608 с.

3. Воеводин Вл.В., Жуматий С.А. Вычислительное дело и кластерные системы. - М.: Изд-во МГУ, 2007. - 150 с.

4. Камерон Х., Трейси Х. Параллельное и распределенное программирование с использованием C++. : Пер. с англ. - М.: Изд-во "Вильямс", 2004. - 672 с.

5. Корнеев В.Д. Параллельное программирование в MPI. - Москва-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2003. - 304 с.

6. Лацис А. Как построить и использовать суперкомпьютер. - М.: Бестселлер, 2003. – 240 с.

7. Лупин С.А., Посыпкин М.А. Технологии параллельного программирования. Серия: Высшее образование. - М.: Форум, Инфра-М, 2008. - 208 с.

8. Малышкин В.Э. Введение в параллельное программирование мультикомпьютеров. - М.: Новосибирск, 2003. - 268 с.

9. Миллер Р., Боксер Л. Последовательные и параллельные алгоритмы: Общий подход. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. - 406 с.

10. Немнюгин С.А., Стесик О.Л. Параллельное программирование для многопроцессорных вычислительных систем - СПб.: БХВ-Петербург, 2002. - 400 с.

11. Эндрюс Г.Р. Основы многопоточного, параллельного и распределенного программирования: Пер. с англ. - М.: Изд-во "Вильямс", 2003. - 512 с.

7.3.Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. Электронная энциклопедия Википедия (wikipedia.org).
2. citforum.ru/database - сайт Центра информационных технологий

8. Материально-техническое обеспечение

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

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

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

Microsoft Visual Studio 2019-22 Community.

Microsoft SQL Server Express.