МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ:
Первый проректор

_____ А.А. Каракозов
(подпись)

«31» марта 2023 года

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В12 Параллельное программирование
(код и наименование дисциплины согласно учебному плану)

Направление подготовки: 01.03.04 Прикладная математика
(код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность (профиль): Бизнес-аналитика финансовых систем
(наименование профиля / магистерской программы /специализации)

Программа: бакалавриат
(бакалавриат, магистратура, специалитет)

Форма обучения: очная
(очная, заочная, очно-заочная)

Форма обучения:	Очная
Семестр(ы)	7
Общая трудоёмкость в з.е./часах	2.5/90
Контактная работа (час.), в том числе:	36
лекции (час.)	17
лабораторные работы (час.)	17
практические (семинарские) занятия (час.)	
Самостоятельная работа (час.), в том числе:	54
Курсовой проект(работа) (семестр/час.)	-
Контроль (экзамен, час./зачёт)	зачёт

Донецк, 2023 г.

Рабочая программа дисциплины «Параллельное программирование» составлена в соответствии с учебными планами по направлению подготовки 01.03.04 Прикладная математика (профиль – «Бизнес-аналитика финансовых систем») для 2023 года приёма по очной форме обучения.

доцент кафедры «Прикладная математика и искусственный интеллект»,
к.т.н., доцент, _____ __Л.А.Лазебная___
(подпись) (Ф.И.О.)

Рабочая программа **рассмотрена и принята** на заседании кафедры «Прикладная математика и искусственный интеллект».
Протокол от «15» марта 2023 года № 8
Заведующий кафедрой _____ ___В.Н. Павлыш___
(подпись) (Ф.И.О.)

Рабочая программа **одобрена учебно-методической комиссией** ГОУВПО «ДОННТУ» по направлению подготовки 01.03.04 Прикладная математика»
Протокол от «15» марта 2023 года № 3
Председатель _____ Павлыш В.Н.
(подпись) (Ф.И.О.)

Рабочая программа **продлена** для 20___ года приёма на заседании кафедры «Прикладная математика».
Протокол от «____» _____20___ года № ____
Заведующий кафедрой _____ _____
(подпись) (Ф.И.О.)

Рабочая программа **продлена** для 20___ года приёма на заседании кафедры «Прикладная математика и искусственный интеллект».
Протокол от «____» _____20___ года № ____
Заведующий кафедрой _____ _____
(подпись) (Ф.И.О.)

Рабочая программа **продлена** для 20___ года приёма на заседании кафедры «Прикладная математика и искусственный интеллект».
Протокол от «____» _____20___ года № ____

Заведующий кафедрой _____ _____
(подпись) (Ф.И.О.)

Рабочая программа **продлена** для 20___ года приёма на заседании кафедры «Прикладная математика и искусственный интеллект».
Протокол от «____» _____20___ года № ____
Заведующий кафедрой _____ _____
(подпись) (Ф.И.О.)

1 ОБЪЕКТ, ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина рассматривает вопросы составления параллельных алгоритмов и программ, технологии разработки параллельного программного обеспечения, с использованием различных библиотек, языков и сред.

Целью дисциплины является теоретическая и практическая подготовка студентов в области разработки программного обеспечения для высокопроизводительных параллельных вычислительных систем, конфигурации и администрирования таких систем.

В результате освоения дисциплины студент должен

знать:

основные положения, понятия и принципы работы прикладного и системного программирования, баз данных, архитектуры компьютеров и сетей (в том числе и глобальных), современных языков программирования, основные принципы составления алгоритмов и разработки программ, методологию, технологию и основные фазы проектирования и разработки программного продукта.

уметь:

использовать основные положения и концепции программирования, современные языки программирования, технологии создания и эксплуатации программных комплексов в профессиональной деятельности, разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы в области прикладной математики, пригодные для практического применения; использовать научные и методические ресурсы сети Интернет для разработки программного обеспечения и программной документации, анализировать возможность реализации требований к программному обеспечению, проводить оценку трудоемкости реализации программного продукта.

владеть:

практическими навыками разработки программного обеспечения при решении задач профессиональной деятельности, навыками разработки алгоритмов и компьютерных программ, пригодных для практического применения; базовыми знаниями по защите информации на рабочем месте, в корпоративных сетях, современными CASE-средствами и средствами быстрой разработки и проектирования, которые применяются в профессиональной деятельности.

Перечисленные результаты обучения являются основой для формирования следующих компетенций:

способность применять в профессиональной деятельности современные языки программирования и языки баз данных, операционные системы, электронные библиотеки и пакеты программ, сетевые технологии (ПК-4);

способность использовать современные методы разработки и реализации конкретных алгоритмов и математических моделей на базе языков программирования и пакетов прикладных программ моделирования (ПК-5);

способность проводить моделирование, анализ и совершенствование бизнес-процессов и финансовых систем с использованием современных методов и программного инструментария (ПК-6).

2 МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В ОСНОВНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЕ

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1 дисциплин (модулей) учебного плана. Базируется на знаниях и умениях, которые студент приобрел при освоении предшествующих дисциплин «Программирование», «Объектно-ориентированное программирование».

Знания, умения и навыки, приобретенные при освоении данной дисциплины, реализуются студентом при изучении дисциплины «Методы проектирования программного обеспечения».

3 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1 Распределение учебных часов по темам дисциплины и видам занятий

Наименование тем (содержательных модулей)	Количество часов (очная форма)				
	Всего	В том числе			
		Лекции	Практ. (семин.)	Лабор.	СР
Тема 1. Параллельная обработка информации и проблемы повышения производительности вычислительной техники.	**7**	1			6
Тема 2. Примеры параллельных систем	**10**	2		2	6
Тема 3. Многопоточное параллельное программирование.	**10**	2		2	6
Тема 4. Основные конструкции ОрепМР.	**10**	2		2	6
Тема 5. Загрузка и синхронизация в ОрепМР.	**10**	2		2	6
Тема 6. Отладка программ в ОрепМР.	**10**	2		2	6
Тема 7. Основные понятия MPI.	**10**	2		2	6
Тема 8. Методы разработки параллельных программ с использованием MPI.	**10**	2		2	6
Тема 9. Коллективные операции MPI.	**11**	2		3	6
Контактная работа (дополнительная)	**2**				
Итого по видам занятий	**90**	**17**		**17**	**54**
Итого	**90**				

Формирование компетенций в результате освоения тем дисциплины

Компетенции	Темы дисциплины, нацеленные на выработку компетенции
ПК-4	Темы 1, 2
ПК-5, ПК-6	Темы 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9

3.2 Лекции

Тема 1. ПАРАЛЛЕЛЬНАЯ ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ И ПРОБЛЕМЫ ПОВЫШЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ.

Содержание темы 1:

Современное состояние параллельных вычислений. Классификация Флинна и Хокни для вычислительных систем.

Литература к теме 1: [1,2]

Тема 2. ПРИМЕРЫ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ СИСТЕМ.

Содержание темы 2:

Системы Cray-X/MP, ILLIAC IV, Alliant FX/80, Intel iPSC, PASM, HP Superdome, CRAY T3E, T3D, MBC-1000M, метакомпьютеры (GRID), современные микропроцессорные технологии.

Литература к теме 2: [1,2]

Тема 3. МНОГОПОТОЧНОЕ ПАРАЛЛЕЛЬНОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ.

Содержание темы 3:

Средства и реализация многопоточного программирования. Понятие процесса и нити. Многопоточное параллельное программирование WinAPI.

Литература к теме 3: [1,2]

Тема 4. ОСНОВНЫЕ КОНСТРУКЦИИ OPENMP.

Содержание темы 4:

Основные принципы OpenMP. Синтаксис директив в OpenMP. Особенности реализации директив ОрепМР.

Литература к теме 4: [1,2]

Тема 5. ЗАГРУЗКА И СИНХРОНИЗАЦИЯ В OPENMP.

Содержание темы 5:

Синхронизация типа atomic. Синхронизация типа critical. Синхронизация типа barrier. Синхронизация типа master. Синхронизация типа ordered. Синхронизация типа flush. Загрузка процессов в ОрепМР. Директива schedule. Загрузка типа static. Загрузка типа dynamic. Загрузка типа guided. Загрузка типа runtime.

Литература к теме 5: [1,2]

Тема 6. ОТЛАДКА ПРОГРАММ В ОРЕПМР.

Содержание темы 6:

Условия состязательности. Мертвая блокировка. Средства автоматизированной отладки в ОрепМР.

Литература к теме 6: [1,2]

Тема 7. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ MPI.

Содержание темы 7:

Функции передачи сообщений. Понятие коммуникаторов.

Литература к теме 7: [1,2]

Тема 8. МЕТОДЫ РАЗРАБОТКИ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ПРОГРАММ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ MPI.

Содержание темы 8:

Передача сообщений между двумя процессами. Основные типы операций передачи данных. Неблокирующий обмен. Синхронный блокирующий обмен. Буферизованный обмен. Обмен по готовности.

Литература к теме 8: [1,2]

Тема 9. КОЛЛЕКТИВНЫЕ ОПЕРАЦИИ MPI.

Содержание темы 9:

Коммуникаторы. Управление группами. Управление коммуникаторами.

Передача данных от одного процесса всем. Широковещательная рассылка.

Передача данных от всех процессов одному. Операции редукции. Распределение и сбор данных.

Литература к теме 9: [1,2].

3.3 Практические (семинарские) занятия

Практические занятия учебным планом не предусмотрены.

3.4. Лабораторные работы

№ п/п	Тема занятия	Объем, час.	Литература
1	Лабораторная работа № 1. Многопоточная обработка векторов с помощью функций WinAPI	2	[3-6]
2	Лабораторная работа № 2. Многопоточная обработка векторов с помощью библиотеки pthread.h	2	[3-6]
3	Лабораторная работа № 3. Многопоточная обработка матриц с помощью функций WinAPI	2	[3-6]
4	Лабораторная работа № 4. Многопоточная обработка	2	[3-6]

	матриц с помощью библиотеки pthread.h		
5	Лабораторная работа № 5. Вычисления с помощью технологии OpenMP	2	[3-6]
6	Лабораторная работа № 6. Сортировка с помощью технологии OpenMP	2	[3-6]
7	Лабораторная работа № 6. Обработка матриц с помощью технологии OpenMP	2	[3-6]
8	Лабораторная работа № 6. Обработка матриц с помощью технологии OpenMP с директивой parallel sections	3	[3-6]
Итого:		**17**	

3.5 Самостоятельная работа студента

№ п/п	Виды самостоятельной работы студента	Объем, час.
1	Изучение лекционного материала	34
2	Подготовка к практическим занятиям	20
ИТОГО:		**54**

3.6. Курсовой проект (работа)

Курсовой проект по дисциплине учебным планом не предусмотрен.

4 ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

4.1 Критерии и шкалы для интегрированной оценки уровня сформированности компетенций

Составляющая компетенции – полнота знаний

- нулевой уровень: неверные, не аргументированные, с множеством грубых ошибок ответы на вопросы / ответы на два вопроса из трех полностью отсутствуют. Уровень знаний ниже минимальных требований;
- минимальный уровень: даны не полные, не точные и аргументированные ответы на вопросы. Уровень знаний ниже минимальных требований. Допущено много грубых ошибок;
- пороговый уровень: даны недостаточно полные, точные и аргументированные ответы на вопросы. Плохо знает термины, определения и понятия; основные закономерности, соотношения, принципы. Допущено много негрубых ошибок;
- средний уровень: Даны достаточно полные, точные и аргументированные ответы на вопросы. В целом знает термины, определения и понятия; основные закономерности, соотношения, принципы. Допущено несколько негрубых ошибок;
- продвинутый уровень: даны полные, точные и аргументированные ответы на вопросы. Знает термины, определения и понятия; основные закономерности, соотношения, принципы. Допущено несколько негрубых ошибок;

- высокий уровень: даны полные, точные и аргументированные ответы на вопросы. Знает термины, определения и понятия; основные закономерности, соотношения, принципы. Допущено несколько неточностей.

Составляющая компетенции – умения

- нулевой уровень: полное отсутствие понимания сути методики решения задачи, допущено множество грубейших ошибок / задания не выполнены вообще;
- минимальный уровень: слабое понимание сути методики решения задачи, допущены грубые ошибки. Решения не обоснованы. Не умеет использовать нормативно-техническую литературу.
- пороговый уровень: достаточное понимание сути методики решения задачи, допущены ошибки. Решения не всегда обоснованы. Умеет использовать нормативно-техническую литературу.
- средний уровень: в целом понимает суть методики решения задачи, допущены ошибки. Решения не всегда обоснованы. Умеет использовать нормативно-техническую и специальную научную литературу, нормативно-правовые акты;
- продвинутый уровень: в целом понимает суть методики решения задачи, допущены неточности. Способен обосновать решения.
- высокий уровень: Понимает суть методики решения задачи. Способен обосновать решения.

Составляющая компетенции – владение навыками

- нулевой уровень: не продемонстрировал навыки выполнения профессиональных задач. Испытывает существенные трудности при выполнении отдельных заданий;
- минимальный уровень: не продемонстрировал навыки выполнения профессиональных задач. Испытывает существенные трудности при выполнении отдельных заданий;
- пороговый уровень: владеет опытом готовности к профессиональной деятельности и профессиональному самосовершенствованию на пороговом уровне. Трудовые действия выполняет медленно и некачественно;
- средний уровень: владеет средним опытом готовности к профессиональной деятельности и профессиональному самосовершенствованию. Трудовые действия выполняет на среднем уровне по быстроте и качеству;
- продвинутый уровень: владеет опытом и достаточно выраженной личностной готовности к профессиональной деятельности и профессиональному самосовершенствованию. Быстро и качественно выполняет трудовые действия;
- высокий уровень: владеет опытом и выраженностью личностной готовности к профессиональной деятельности и профессиональному самосовершенствованию. Быстро и качественно выполняет трудовые действия.

Обобщенная оценка сформированности компетенций

- нулевой уровень: компетенции не сформированы;
- минимальный уровень: значительное количество компетенций не сформировано;
- пороговый уровень: все компетенции сформированы, но большинство на пороговом уровне;

- средний уровень: все компетенции сформированы на среднем уровне;
- продвинутый уровень: все компетенции сформированы на среднем или высоком уровне;
- высокий уровень: все компетенции сформированы на высоком уровне.

4.2 Пример текущего опроса на практических занятиях на примере темы «ЗАГРУЗКА И СИНХРОНИЗАЦИЯ В OPENMP»

1. Синхронизация типа atomic.
2. Синхронизация типа critical.
3. Синхронизация типа barrier.
4. Синхронизация типа master.
5. Синхронизация типа ordered.
6. Синхронизация типа flush.
7. Загрузка процессов в ОрепМР.
8. Директива schedule.
9. Загрузка типа static.
10. Загрузка типа dynamic.
11. Загрузка типа guided.
12. Загрузка типа runtime.

5 РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

I. Основная литература

1. Основы параллельного программирования с использованием технологий MPI и OpenMP [Электронный ресурс] : учебное пособие для вузов / Р. В. Жалнин [и др.] ; Р.В. Жалнин, Е.Н. Панюшкина, Е.Е. Пескова, П.А. Шаманаев ; ФГБОУ ВПО "Мордов. гос. ун-т им. Н.П. Огарева". - 6 Мб. - Саранск : СВМО, 2013. - 1 файл. - Систем. требования: Acrobat Reader. - ISBN 978-5-901661-32 http://ed.donntu.ru/books/cd5978.pdf

II. Дополнительная литература

2. Соснин, В.В. Введение в параллельные вычисления [Электронный ресурс] : учебное пособие для вузов / В. В. Соснин, П. В. Балакшин ; В.В. Соснин, П.В. Балакшин ; Ун-т ИТМО. - 954 Кб. - Санкт-Петербург : Университет ИТМО, 2015. - 1 файл. - Систем. требования: Acrobat Reader. http://ed.donntu.ru/books/cd5914.pdf

6 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебно-методические издания, разработанные в ДонНТУ:

3. Бельков Д.В. Конспект лекций по курсу «Параллельное программирование»/ Д.В. Бельков - Донецк: ДонНТУ, 2020. – 75. (доступ через личный кабинет студента).
4. Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине "Параллельное программирование" [Электронный ресурс] : для обучающихся по направлению подготовки 01.03.04 "Прикладная математика" всех форм обучения / ГОУВПО "ДОННТУ", Каф. прикл. математики ; сост.: Е. Н. Едемская, Д. В. Бельков. - 1 Мб. - Донецк : ГОУВПО "ДОННТУ", 2021. - 1 файл. - Систем. требования: Acrobat Reader. http://ed.donntu.ru/books/21/m6969.pdf
5. Методические указания к выполнению курсовой работы по дисциплине "Параллельное программирование" [Электронный ресурс] : для обучающихся по направлению подготовки 01.03.04 "Прикладная математика" всех форм обучения / ГОУВПО "ДОННТУ", Каф. прикл. математики ; сост.: Е. Н. Едемская, Д. В. Бельков. - 442 Кб. - Донецк : ГОУВПО "ДОННТУ", 2021. - 1 файл. - Систем. требования: Acrobat Reader. http://ed.donntu.ru/books/21/m7072.pdf
6. Методические указания для организации самостоятельной работы студентов по дисциплине "Параллельное программирование" [Электронный ресурс] : для обучающихся по направлению подготовки 01.03.04 "Прикладная математика" всех форм обучения / ГОУВПО "ДОННТУ", Каф. прикл. математики ; сост.: Е. Н. Едемская, Д. В. Бельков. - 274 Кб. - Донецк : ГОУВПО "ДОННТУ", 2021. - 1 файл. - Систем. требования: Acrobat Reader. http://ed.donntu.ru/books/21/m6962.pdf.

Электронно-информационные ресурсы
ДОННТУ – http://donntu.ru/library

7 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Лекционные занятия:

Компьютерный класс №11.421, учебный корпус 11, для проведения занятий лекционного типа, выполнения лабораторных работ, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций:

- мультимедийное оборудование: компьютеры Intel Celeron 2.3 mhz/760 Mb,/40 Gb (8 шт.) Мониторы Samsung (8 шт.) ОС – Microsoft Windows XP Professional – бесплатная версия, MS Office 2003, Dev C++ 4/9, 3D MAX, MATHCAD, PYTHON – бесплатные версии. Компьютеры Intel Xeon (R 5450, L5420) 4 mhz/8 & 6 gb, 465 gb (2 шт.) Монитор TTF, ОС – Microsoft Windows 10– бесплатная версия, MS Office 2003, Dev C++ 4/9, 3D MAX, MATHCAD, PYTHON – бесплатные версии
- специализированная мебель: доска аудиторная, парты.

2. Лабораторные занятия:

Лабораторные занятия проводятся в аудитории №11.421.

3. Самостоятельная работа:

Помещения для самостоятельной работы с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации: читальные залы, учебные корпуса 2,3

(Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду (ЭИОС ДОННТУ) и электронно-библиотечную систему (ЭБС IPRbooks), а также возможностью индивидуального неограниченного доступа обучающихся в ЭБС и ЭИОС посредством Wi-Fi с персональных мобильных устройств. ОС - Microsoft Windows 7, OpenOffice 2.0.3 – общественная лицензия MPL 2.0, Grub loader for ALT Linux - лицензия GNU LGPL v3, Mozilla Firefox - лицензия MPL2.0, Moodle (Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment) - лицензия GNU GPL).