

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования_
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского»**

Институт информационных технологий, математики и механики

УТВЕРЖДЕНО

решением президиума Ученого совета ННГУ

протокол № 1 от 16.01.2024 г.

Рабочая программа дисциплины

Параллельная обработка графов

Уровень высшего образования

Магистратура

Направление подготовки / специальность

01.04.02 - Прикладная математика и информатика

Направленность образовательной программы

Вычислительные методы и суперкомпьютерные технологии

Форма обучения

очная

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.06.01 Параллельная обработка графов относится к части, формируемой участниками образовательных отношений образовательной программы.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства	
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ПК-11: Способен разрабатывать и анализировать концептуальные и теоретические модели решаемых задач производственно-технологической деятельности	<p>ПК-11.1: Знает методы разработки и анализа концептуальных и теоретических моделей решаемых производственно-технологических задач</p> <p>ПК-11.2: Умеет применять методы разработки и анализа концептуальных и теоретических моделей решаемых производственно-технологических задач</p> <p>ПК-11.3: Имеет навыки применения методов разработки и анализа концептуальных и теоретических моделей решаемых производственно-технологических задач</p>	<p>ПК-11.1: ЗНАТЬ Особенности программной реализации и оптимизации алгоритмов на графах.</p> <p>ПК-11.2: ВЛАДЕТЬ – Современными технологиями параллельного программирования – Современными средствами анализа производительности программного обеспечения.</p> <p>ПК-11.3: ВЛАДЕТЬ – Современными технологиями параллельного программирования – Современными средствами анализа производительности программного обеспечения.</p>	Практическая задача	Зачёт: Контрольные вопросы
ПК-4: Способен разрабатывать и анализировать концептуальные и теоретические модели решаемых научных проблем и задач	<p>ПК-4.1: Знает методы разработки и анализа концептуальных и теоретических моделей решаемых научных проблем и задач</p> <p>ПК-4.2: Умеет применять методы разработки и анализа концептуальных и теоретических моделей решаемых научных проблем</p>	<p>ПК-4.1: ЗНАТЬ – Базовые параллельные алгоритмы обработки графов и теоретические оценки их трудоемкости. – Способы представления графа в памяти компьютера.</p> <p>ПК-4.2: УМЕТЬ</p>	Практическая задача	Зачёт: Контрольные вопросы

	и задач ПК-4.3: Имеет навыки применения методов разработки и анализа концептуальных и теоретических моделей решаемых научных проблем и задач	Разрабатывать параллельный алгоритм обработки графа по описанию последовательного алгоритма. ПК-4.3: ВЛАДЕТЬ – Навыками анализа научной литературы в заданной предметной области. – Методами анализа трудоемкости последовательных и параллельных алгоритмов.		
--	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	--

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	3
Часов по учебному плану	108
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	16
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	16
- КСР	1
самостоятельная работа	75
Промежуточная аттестация	0 Зачёт

3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе			
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/лабораторные работы), часы	Всего	
	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о
Введение. Обзор задач на графах	1	1	0	1	0
Моделирование графов	13	1	2	3	10

Поиск в ширину в графе	12	2	2	4	8
Алгоритмы поиска кратчайших путей в графе	11	2	2	4	7
Алгоритмы поиска минимального остовного дерева	14	2	2	4	10
Алгоритмы раскраски графов	14	2	2	4	10
Алгоритмы разделения графа	14	2	2	4	10
GraphBLAS. Алгоритмы на графах и линейная алгебра	14	2	2	4	10
Некоторые алгоритмы для анализа сетей	14	2	2	4	10
Аттестация	0				
КСР	1			1	
Итого	108	16	16	33	75

Содержание разделов и тем дисциплины

1. Введение. Обзор задач на графах. Подходы к параллельной обработке графов
 2. Коллекции графов и синтетические графы. Форматы хранения графов. Практика 1.
 3. Поиск в ширину в графе. Практика 2.
 4. Алгоритмы поиска кратчайшего пути в графе. Практика 3.
 5. Алгоритмы поиска минимального остовного дерева
 6. Алгоритмы раскраски графов
 7. Алгоритмы разделения графа. Практика 4.
 8. GraphBLAS. Алгоритмы на графах и линейная алгебра. Практика 5.
 9. Некоторые алгоритмы для анализа сетей: PageRank, Betweenness Centrality. Практика 6.
- Практика 1: Работа с генераторами графов на примере библиотек igraph, PaRMAT
Практика 2: Работа с библиотеками для обработки графов на примере библиотеки igraph
Практика 3: Работа с параллельными библиотеками для обработки графов для общей памяти на примере библиотеки GAP
Практика 4: Работа с библиотекой для разделения графов ParMETIS
Практика 5: Основы работы с суперкомпьютером
Практика 6: Работа с параллельными библиотеками для обработки графов для распределенной памяти на примере библиотеки Galois

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

а) основная литература:

1. Учебный курс "Графы и алгоритмы" (Алексеев В.Е., Таланов В.А.):
<http://www.intuit.ru/studies/courses/101/101/info>.
2. Учебный курс "Теория и практика параллельных вычислений" (Гергель В.П.):
<http://www.intuit.ru/studies/courses/1156/190/info>.

б) дополнительная литература:

1. Гергель В.П. Курс «Основы параллельных вычислений».
<http://www.intuit.ru/studies/courses/1091/293/info>.
2. Корняков К.В., Мееров И.Б., Сиднев А.А., Сысоев А.В., Шишков А.В. Инструменты

параллельного программирования в системах с общей памятью. – Нижний Новгород: Изд-во Нижегородского госуниверситета, 2010. (19 экз.).

5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:

5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Практическая задача) для оценки сформированности компетенции ПК-11:

Для одного из алгоритмов, перечисленных в п. 2.2:

- Провести вычислительные эксперименты на суперкомпьютере для библиотеки Galois. Использовать графы из открытых коллекций и синтетические графы. Для каждого числа процессов подобрать число узлов, на котором будет наименьшее время работы.
- Написать отчет, включающий графики времени работы, масштабируемости, эффективности масштабируемости. Сделать выводы по результатам экспериментов.

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Практическая задача) для оценки сформированности компетенции ПК-4:

Разработать программу с использованием библиотеки `igraph`, в которой реализован один из типовых параллельных алгоритмов:

1. Параллельный алгоритм нахождения минимального остовного дерева.
2. Параллельный алгоритм поиска кратчайшего пути в графе из одной вершины ко всем.
3. Параллельный алгоритм раскраски графа.

Исследовать производительность разработанной программы на графах из открытых коллекций и для синтетических графов. Сравнить с реализацией из библиотек `GAP` и `Galois`.

Критерии оценивания (оценочное средство - Практическая задача)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Выполнены все или большая часть этапов решения задачи или задача решена с незначительными недочетами. Код и результаты работы представлены преподавателю в срок.
не зачтено	Выполнены не все лабораторные работы или выполнены не в полном объеме (представлено не полное описание этапов выполнения заданий, код работает некорректно, результаты работы не представлены преподавателю).

5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено		зачтено				
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельными и несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой

	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:

5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-11

1. Основные вычислительные особенности задач на графах.
2. Форматы хранения графов в памяти компьютера.
3. Виды синтетических scale-free графов.
4. Виды синтетических графов с равномерным распределением степеней.
5. Основы подхода GraphBLAS к разработке графовых алгоритмов. Пример - подсчет числа треугольников в графе.
6. Примеры алгоритмов на основе подхода GraphBLAS: поиск в ширину, поиск кратчайших путей в графе.

5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-4

1. Параллельный алгоритм поиска в ширину в графе для систем с общей памятью.
2. Параллельный алгоритм поиска в ширину в графе для систем с распределенной памятью.
3. Параллельный алгоритм дельта-шага.
4. Параллельный алгоритм Дейкстры.
5. Параллельный алгоритм Борувки.

6. Параллельный алгоритм Прима
7. Параллельный алгоритм Краскала. Идея фильтрации
8. Параллельный алгоритм Чаталюрека раскраски графа
9. Параллельный алгоритм Джона-Плассмана раскраски графа
10. Обзор алгоритмов разделения графов
11. Многоуровневый алгоритм разделения графа
12. Параллельные алгоритмы вычисления PageRank.
13. Алгоритм Брандеса для вычисления степени посредничества в графе.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Студент дает полный ответ на все теоретические вопросы, возможно с незначительными неточностями в определении понятий, процессов и т.п. Студент работал на практических занятиях и выполнил все практические задания как минимум на 80%.
не зачтено	Студент дает ошибочные ответы, как на теоретические вопросы, так и на наводящие вопросы экзаменатора. Студент пропустил большую часть практических занятий и не выполнил практические задания.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Теория и практика параллельных вычислений / Гергель В.П. - Москва : ИНТУИТ, 2016., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=663423&idb=0>.
2. Параллельные вычисления. Технологии и численные методы : учеб. пособие : в 4 т. Т. 1. Библиотека МРІ. Матрично-векторное и матричное умножение. Решение СЛАУ. Поиск путей на графе / Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского. - Н. Новгород : Изд-во ННГУ, 2013. - 239 с. - ISBN 978-5-91326-203-5 : 171.99., 52 экз.

Дополнительная литература:

1. Инструменты параллельного программирования в системах с общей памятью : учеб. пособие / [под ред. В. П. Гергеля] ; ННГУ. - Н. Новгород : Изд-во ННГУ, 2010. - 201 с. - ISBN 978-5-91326-138-0 : 100.00., 21 экз.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

1. Операционные системы семейства Microsoft Windows, лицензия по подписке Microsoft Imagine.
2. Браузер Google Chrome, предоставляется бесплатно на условиях лицензионных соглашений на программное обеспечение с открытым исходным кодом.
3. Среда разработки семейства Microsoft Visual Studio, лицензия по подписке Microsoft Imagine.

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ по направлению подготовки/специальности 01.04.02 - Прикладная математика и информатика.

Автор(ы): Мееров Иосиф Борисович, кандидат технических наук, доцент
Пирова Анна Юрьевна, кандидат технических наук.

Заведующий кафедрой: Мееров Иосиф Борисович, кандидат технических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 13.12.2023, протокол № 3.