

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 Ученого совета ННГУ
от 30.11.2022 г. протокол № 13

Рабочая программа дисциплины

Графы и алгоритмы

Уровень высшего образования
магистратура

Направление подготовки
010402 Прикладная математика и информатика

Направленность образовательной программы
Вычислительные методы и суперкомпьютерные технологии

Форма обучения
очная

Нижегород
2022

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Графы и алгоритмы» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений (Б1.В.ДВ.05.03), и изучается в 3-м семестре.

Целью изучения дисциплины «Графы и алгоритмы» является ознакомление с современными достижениями в области разработки алгоритмов и анализа сложности задач на материале теории графов.

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	
ПК-4 Способен разрабатывать и анализировать концептуальные и теоретические модели решаемых научных проблем и задач	ПК-4.1. Знает методы разработки и анализа концептуальных и теоретических моделей решаемых научных проблем и задач	ЗНАТЬ важнейшие изобретения в области разработки эффективных алгоритмов	Собеседование (зачет)
	ПК-4.2. Умеет применять методы разработки и анализа концептуальных и теоретических моделей решаемых научных проблем и задач	УМЕТЬ строить графовые модели, разрабатывать новые алгоритмы	Тест (текущий контроль)
ПК-11 Способен разрабатывать и анализировать концептуальные и теоретические модели решаемых задач производственно-технологической деятельности	ПК-11.1. Знает методы разработки и анализа концептуальных и теоретических моделей решаемых производственно-технологических задач	ЗНАТЬ важнейшие элементы алгоритмической техники, приемы рационализации алгоритмов.	Собеседование (зачет)
	ПК-11.2. Умеет применять методы разработки и анализа	УМЕТЬ разрабатывать и применять математические методы, основанные на графовых моделях, для решения задач	Тест (текущий контроль)

	<i>концептуальных и теоретических моделей решаемых производственно-технологических задач</i>	научной и проектно-технологической деятельности	
--	--	---	--

3. Структура и содержание дисциплины

3.1. Трудоемкость дисциплины

	Очная форма обучения
Общая трудоемкость	3 ЗЕТ
Часов по учебному плану	108
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	33
- занятия лекционного типа	16
- занятия семинарского типа	16
- занятия лабораторного типа	
- текущий контроль (КСР)	1
самостоятельная работа	75
Промежуточная аттестация – зачет	

3.2. Содержание дисциплины

Наименование и краткое содержание 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	Занятия лабораторного типа	Всего	
Области эффективности. Наследственные и монотонные классы графов. П-простые и П-сложные классы. Примеры областей эффективности и сложностной дихотомии. Полиномиальная сводимость. Метод локальных преобразований.	14	3	3		6	8
Задачи модификации графов и их приложения. Задачи удаления, пополнения и редактирования. Кластеризация графов и категоризация текстов. Пополнение до хордального графа и гауссовы исключения. Редактирование до интервального графа. Планаризация. Сложность задач модификации.	9	2	2		4	5
Эволюция переборных алгоритмов. Алгоритмы, основанные на деревьях решений. Редукция. Ядро задачи. Параметризованная сложность. Примеры – независимые множества, вершинные покрытия, кластеризация. Применение динамического программирования и методов перечисления на примере задач о гамильтоновом цикле и о раскраске вершин.	16	4	4		8	8

Жадные алгоритмы. Задача выбора заявок. Оптимальные каркасы и пути. Матроиды. Теорема Радо–Эдмондса. Взвешенные паросочетания. Матроидные свойства. Пример – ограниченное цикломатическое число. Гридоид. Теорема Кортэ–Ловаса. Модели с фиксированными и адаптивными приоритетами.	14	3	3		6	8
Потоковые алгоритмы. Задача о максимальном потоке и алгоритмы ее решения. Применения к вычислению связности графа и к задаче сбора информации.	9	2	2		4	5
Вероятностные алгоритмы. Вероятностный алгоритм нахождения минимального разреза. Проверка полиномиальных тождеств. Алгоритм для задачи о гамильтоновом цикле.	9	2	2		4	5
Текущий контроль (КСР)	1				1	
Промежуточная аттестация – зачет						
Итого	72	16	16	0	33	39

Практические занятия (семинарские занятия /лабораторные работы) организуются, в том числе в форме практической подготовки, которая предусматривает участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Текущий контроль успеваемости реализуется в форме опросов на занятиях семинарского типа. Промежуточная аттестация проходит в традиционной форме (зачет).

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Виды самостоятельной работы студентов – изучение литературы и выполнение индивидуальных заданий.

Контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведены в п. 5.2.

5. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю), включающий:

5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	Шкала оценивания сформированности компетенций						
	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	Не зачтено		Зачтено				
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие	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	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.

	отказа обучающегося от ответа			ошибок	ых ошибок		
<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 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 владения материалом. 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 оценки при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	Превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно»
	Отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»
	Очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»
	Хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «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», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
	Плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения

5.2.1 Контрольные вопросы

вопросы	Код формируемой компетенции
1. Понятия П-простого и П-сложного классов, примеры тех и других.	ПК-4
2. Наследственные и монотонные классы. Конечно определенные классы. Сложностная дихотомия для задачи о независимом множестве.	ПК-4
3. Алгоритм для задачи о независимом множестве на основе дерева решений и способы его ускорения.	ПК-4
4. Решение задачи о независимом множестве за полиномиальное время в классах двудольных, реберных и интервальных графов.	ПК-4
5. Класс хордальных графов. Гауссовские исключения и задача пополнения графа до хордального.	ПК-4
6. Полиномиальные алгоритмы для задач о независимом множестве и раскраске для хордальных графов.	ПК-4
7. Задача кластеризации графа. Удаление, пополнение, редактирование. Сложность различных вариантов задачи кластеризации. Точное решение задачи с двумя кластерами при малых ошибках.	ПК-4
8. Алгоритм на основе динамического программирования для задачи о гамильтоновом цикле.	ПК-11
9. Алгоритмы экспоненциальной трудоемкости для задачи о раскраске.	ПК-11
10. Понятия параметризованной сложности и класса FTR. Параметризованный алгоритм для задачи о вершинном покрытии.	ПК-11
11. Понятие ядра задачи и его связь с параметризованной сложностью. Примеры полиномиальных ядер.	ПК-11
12. Алгоритмы Прима и Краскала для задачи об оптимальном каркасе.	ПК-11
13. Матроиды. Теорема Радо–Эдмондса. Применение к задаче о взвешенных паросочетаниях.	ПК-11
14. Метод увеличивающего пути для задачи о максимальном потоке. Алгоритм Карпа–Эдмондса.	ПК-11

5.2.2. Типовые тестовые задания для оценки сформированности компетенции ПК-4

Какие из следующих утверждений верны?

1. Если $A \propto B$ и $B \in NP$, то $A \in NP$. (+)
2. Если задача о независимом множестве полиномиально сводится к задаче о паросочетании, то $P = NP$. (+)

3. Задача о гамильтоновом цикле для двудольных графов полиномиально сводится к задаче о вершинном покрытии для планарных графов. (+)
4. Класс APX состоит из таких задач, для которых при любом $\varepsilon > 0$ существует алгоритм, решающий задачу за полиномиальное время с относительной точностью $1 - \varepsilon$. (–)
5. RP – это класс языков, распознаваемых за полиномиальное время вероятностными алгоритмами, у которых ответ «нет» (слово не принадлежит языку) всегда правильный. (–)
6. Наследственный класс графов – это класс, замкнутый относительно удаления вершин. (+)

5.2.3. Типовые задания для оценки сформированности компетенции ПК-11

1. Анализ сложности различных вариантов задачи кластеризации (добавление, удаление ребер, редактирование графа, произвольное или фиксированное число кластеров).
2. Задача о переправе, ее сложность, связь с задачей о вершинном покрытии графа.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

Ху Т.Ч., Шинг М.Т. Комбинаторные алгоритмы. Нижний Новгород: Изд-во ННГУ, 2004, 329 с. (60 экз)

б) дополнительная литература:

Alekseev V.E. On easy and hard hereditary classes of graphs with respect to the independent set problem // Discrete Applied Mathematics. – 2004. – V. 132. – P. 17-26.

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0166218X03003871>

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой (лекционного и семинарского типа), оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения.

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

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

Автор: Алексеев В.Е.

Заведующий кафедрой: Золотых Н.Ю.

Программа одобрена на заседании методической комиссии института информационных технологий, математики и механики от 30 ноября 2022 года, протокол № 3.