

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

протокол № 10 от 02.12.2024 г.

Рабочая программа дисциплины

Анализ и разработка алгоритмов

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

2025 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.О.03 Анализ и разработка алгоритмов относится к обязательной части 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
ОПК-2: Способен совершенствовать и реализовывать новые математические методы решения прикладных задач	ОПК-2.1: Знает современные математические методы решения прикладных задач ОПК-2.2: Умеет совершенствовать математические методы решения прикладных задач ОПК-2.3: Имеет навыки создания новых математических методов решения прикладных задач	ОПК-2.1: ЗНАТЬ Базовые структуры данных и алгоритмы. ОПК-2.2: УМЕТЬ Профессионально разрабатывать и использовать программное обеспечение для решения прикладных задач ОПК-2.3: ВЛАДЕТЬ – Навыками проведения анализа алгоритмических, методических и технологических проблем. – Навыками разработки новых алгоритмических, методических и технологических решений.	Тест	Экзамен: Контрольные вопросы
ПК-3: Способен представлять результаты проведенной работы в области профессиональной деятельности	ПК-3.1: Знает методы подготовки отчетов, статей, докладов, презентаций, публикаций по результатам проведенной работы в области профессиональной деятельности ПК-3.2: Умеет оформлять отчеты, статьи, доклады, презентации по	ПК-3.1: ЗНАТЬ Способы описания базовых структур данных и алгоритмов. ПК-3.2: УМЕТЬ Готовить отчетную документацию на разработанное программное	Практическое задание	Экзамен: Контрольные вопросы

	результатам проведенной работы в области профессиональной деятельности ПК-3.3: Имеет опыт подготовки отчетов, докладов, статей, презентаций по результатам проведенной работы в области профессиональной деятельности	обеспечение для решения прикладных задач. ПК-3.3: ВЛАДЕТЬ – Навыками подготовки докладов по разработанному программному обеспечению для решения прикладных задач.		
--	--	--	--	--

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	5
Часов по учебному плану	180
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	32
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	32
- КСР	2
самостоятельная работа	78
Промежуточная аттестация	36 Экзамен

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	
	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0
Методы анализа сложности алгоритмов	7	2	2	4	3
Алгоритмы и структуры данных поиска	45	10	10	20	25
Алгоритмы для работы с большими данными	45	10	10	20	25
Алгоритмы на графах	45	10	10	20	25
Аттестация	36				

КСР	2			2	
Итого	180	32	32	66	78

Содержание разделов и тем дисциплины

Понятия O -большое, o -малое, ω -большое, ω -малое, Θ -символики. Сведения из математического анализа, необходимые для асимптотического оценивания алгоритмов. Определение амортизационных оценок. Определение D -куч, основные комбинаторные свойства D -деревьев, реализация основных операций с D -кучами, кучеобразная сортировка (heap-sort). Использование приоритетных очередей в данных алгоритмах. Определение биномиальных куч, комбинаторные свойства таких куч и реализации основных операций. Определение левосторонних куч, комбинаторные свойства таких куч и реализации основных операций. Определение самоорганизующихся куч, комбинаторные свойства таких куч и реализации основных операций. Универсальное семейство хеш-функций. Метод разрешения коллизий. Идеальное хеширование, статический вариант. Фильтры Блюма. Count-min sketch. Misra-Gries. Деревья поиска и RB -деревья. Определение дучи (декартовы деревья), основные комбинаторные свойства. Линейные алгоритмы построения дучи по отсортированной последовательности ключей. Определение и комбинаторные свойства $splay$ -деревьев. Топологическая сортировка. Проверка ацикличности. Лемма о белом пути. Алгоритмы BFS, DFS. Задачи поиска шарниров и сильно-связных компонент. Алгоритмы Форда-Беллмана, Дейкстры и Джонсона для решения задачи о кратчайших путях в графе. Алгоритмы Борушки, Краскала и Прима для решения задачи о минимальном остовном дереве. Задача о минимальном разрезе графа, алгоритм Штера-Вагнера. Задачи RMQ и LCA.

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.

Образовательные материалы для самостоятельной работы студентов:

1. Алексеев В. Е., Таланов В. А. Графы. Модели вычислений. - <https://www.intuit.ru/studies/courses/101/101/info>
2. Груздев Д.В. Описание лабораторных работ по курсу «Анализ и разработка алгоритмов» / Груздев Д.В., Таланов В.А., Малышев Д.С. Из-во ННГУ, 2011.
3. Видеолекции курса «Алгоритмы и структуры данных» – <https://yandexdataschool.ru/edu-process/courses/algorithms>.

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 - Тест) для оценки сформированности компетенции ОПК-2:

1. Какая из перечисленных функций не принадлежит классу $O(n^2)$?

- 1) $n^2 \log n$
- 2) $3n^3 + 2n$
- 3) $n \log n$

2. Какие из следующих операций выполняются за время $O(1)$ в неупорядоченном динамическом списке с двусторонними связями?

- 1) поиск элемента по ключу
- 2) удаление заданного элемента
- 3) удаление элемента по заданному ключу

Критерии оценивания (оценочное средство - Тест)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	51-100%
не зачтено	0-50%

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Практическое задание) для оценки сформированности компетенции ПК-3:

1. Сортировки
2. Поиск пары пересекающихся отрезков.
3. Слияние отсортированных последовательностей.

Критерии оценивания (оценочное средство - Практическое задание)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Работа выполнена в полном объеме и в срок, результаты работы алгоритма корректные на тестовых примерах, результаты работы представлены преподавателю.
не зачтено	Работа не выполнена или выполнена не в полном объеме (программа работает некорректно на тестовых примерах, результаты работы не представлены преподавателю).

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

Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатор достижения)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено		зачтено				

ения компет							
<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 ОПК-2

1. Сформулируйте понятия O , Ω , θ -символики и приведите сведения из математического анализа, необходимые для асимптотического оценивания алгоритмов. Дайте определение амортизационных оценок и приведите примеры.
2. Приведите определение D-куч, сформулируйте основные комбинаторные свойства D-деревьев, приведите реализации основных операций с D-кучами, приведите примеры.
3. Сформулируйте определение биномиальных куч, опишите комбинаторные свойства таких куч и реализации основных операций. Приведите примеры.
4. Сформулируйте определение левосторонних куч, опишите комбинаторные свойства таких куч и реализации основных операций. Приведите примеры.
5. Сформулируйте определение самоорганизующихся куч, опишите комбинаторные свойства таких куч и реализации основных операций. Приведите примеры.
6. Приведите алгоритмы Форда-Беллмана и Дейкстры для решения задачи о кратчайших путях в графе, опишите, каким образом использование приоритетных очередей улучшает алгоритм Дейкстры. Приведите примеры.
7. Приведите определение системы разделенных множеств, опишите 4 способа реализации данной структуры данных. Приведите примеры.
8. Сформулируйте определения красно-черных и AVL-деревьев и опишите реализации основных операций с ними. Приведите примеры.
9. Сформулируйте определение декартовых деревьев, опишите реализации основных операций с ними. Приведите примеры.
10. Опишите методы обхода графа BFS и DFS. Какие свойства имеют BFS и DFS-деревья? Приведите примеры задач, которые могут быть решены с помощью обхода в ширину и глубину.

5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-3

1. Опишите известные вам алгоритмы сортировки и построения выпуклой оболочки системы точек на плоскости. Опишите использование приоритетных очередей в данных алгоритмах. Приведите примеры.
2. Опишите алгоритмы Рэма для решения задачи выделения компонент связности графа и алгоритмы Боруки, Краскала и Прима для решения задачи о минимальном остовном дереве. Опишите, каким образом использование разделенных множеств помогает улучшить данные алгоритмы. Приведите примеры.
3. Опишите алгоритм Round Robin для решения задачи о минимальном остовном дереве. Приведите примеры.
4. Опишите эффективный алгоритм поиска пары пересекающихся отрезков на плоскости с использованием поисковых деревьев. Приведите примеры.
5. Дайте определение RMQ и LCA структур, опишите их статический и динамический варианты. Какую алгоритмическую сложность имеют основные операции данных структур? Приведите конкретные методы, дающие соответствующие оценки сложности.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	свободное владение основным и дополнительным материалом без ошибок и погрешностей
отлично	свободное владение основным материалом с незначительными ошибками и погрешностями
очень хорошо	достаточное владение основным материалом с незначительными погрешностями
хорошо	владение основным материалом с рядом заметных погрешностей
удовлетворительно	владение минимальным материалом, необходимым по данному предмету, с рядом ошибок
неудовлетворительно	владение материалом недостаточно, необходима дополнительная подготовка. Работу за время семестра можно оценить как неудовлетворительную
плохо	отсутствие владения материалом. Работа за время семестра была оценена на «плохо»

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

Основная литература:

1. Алексеев Владимир Евгеньевич. Графы. Модели вычислений. Структуры данных : учеб. для студентов, обучающихся по специальности 010200- Приклад. математика и 510200-Приклад. математика и информатика / Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского. - Н. Новгород : Изд-во ННГУ, 2005. - 307 с. : ил. - ISBN 5-85747-810-8 : 100.00., 2 экз.
2. Бабенко М. А. Введение в теорию алгоритмов и структур данных / Бабенко М. А., Левин М. В. - Москва : МЦНМО, 2016. - 144 с. - Библиогр.: доступна в карточке книги, на сайте ЭБС Лань. - Книга из коллекции МЦНМО - Математика. - ISBN 978-5-4439-2396-3., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=716705&idb=0>.

Дополнительная литература:

1. Кнут Дональд Э. Искусство программирования : пер. с англ. Т. 1. Основные алгоритмы. - 3-е изд., испр. и доп. - М. : Вильямс, 2000. - 720 с. - ISBN 0-201-89683-4 (англ.) : 317.00., 1 экз.

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

нет

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

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

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

Автор(ы): Уткин Герман Владимирович.

Заведующий кафедрой: Золотых Николай Юрьевич, доктор физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 02.12.2024, протокол № 5.