

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Балтийский федеральный университет имени Иммануила
Канта»
Высшая школа компьютерных наук и прикладной математики

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Дискретная оптимизация»

Шифр: 01.03.02

Направление подготовки: «Прикладная математика и информатика»

Профиль: «Искусственный интеллект и анализ данных»

Квалификация (степень) выпускника: бакалавр

Калининград
2023

Лист согласования

Составители:

1. Верещагин Сергей Дмитриевич, к. ф.-м.н., доцент
2. Верещагин Михаил Дмитриевич, к. ф.-м.н., доцент
3. Мищук Богдан Ростиславович, к. ф.-м.н., доцент

Рабочая программа утверждена на заседании
Ученого совета ОНК «Институт высоких технологий»

Протокол № 4 от «24» января 2023 г.

Председатель Ученого совета ОНК
«Институт высоких технологий»

Профессор, д.ф.-м.н.

А.В. Юров

Руководитель ОПОП ВО

Е.П. Ставицкая

Содержание

1. Наименование дисциплины «Дискретная оптимизация».
2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.
3. Место дисциплины в структуре образовательной программы.
4. Виды учебной работы по дисциплине.
5. Содержание дисциплины, в том числе практической подготовки в рамках дисциплины, структурированное по темам.
6. Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы.
7. Методические рекомендации по видам занятий
8. Фонд оценочных средств
 - 8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины
 - 8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля
 - 8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине
 - 8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания
9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины
11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.
12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

1.Наименование дисциплины: «Дискретная оптимизация».

Целью курса «Дискретная оптимизация» - сформировать практические навыки владения методами построения, параллельной реализации и исследования моделей и методов распределенной обработки информации.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ПК-5. Способен использовать инструментальные средства для решения задач машинного обучения	ПК-5.1. Осуществляет оценку и выбор инструментальных средств для решения поставленной задачи ПК-5.2. Разрабатывает модели машинного обучения для решения задач ПК-5.3. Создает, поддерживает и использует системы искусственного интеллекта, включающие разработанные модели и методы, с применением выбранных инструментов машинного обучения	Знать: 1. основные принципы, лежащие в основе современных подходов к численному решению прикладных задач дискретной оптимизации. Уметь: 1. осуществлять сравнительный анализ и выюор оптимизационных алгоритмов с целью указания наиболее подходящих в той или иной прикладной ситуации; 2. применять на практике методы дискретной оптимизации для решения задач соответствующих классов. Владеть: 1. современными средствами дискретной оптимизации.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

«Дискретная оптимизация» представляет собой дисциплину Части, формируемой участниками образовательных отношений (Б1.В.ДВ.05.03), дисциплина по выбору, направления подготовки бакалавриата 01.03.02 «Прикладная математика и информатика», профиль «Искусственный интеллект и анализ данных».

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы обучающегося и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия/ лабораторные работы), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в

период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и (или) занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, практикумы, лабораторные работы, коллоквиумы и иные аналогичные занятия), и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации (по курсовым работам/проектам – при наличии курсовой работы/проекта по данной дисциплине в учебном плане). Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе с обучающимися очной формы обучения. В случае реализации образовательной программы в заочной / очно-заочной форме трудоемкость дисциплины сохраняется, однако объем учебного материала в значительной части осваивается обучающимися в форме самостоятельной работы. При этом требования к ожидаемым образовательным результатам обучающихся по данной дисциплине не зависят от формы реализации образовательной программы.

№ п/п	Наименование разделов (тем) дисциплины	Содержание разделов (тем) дисциплин
1.	Введение.	Предварительные сведения. Графы, подциклы, деревья, алгоритмы поиска
2.	Эйлеровы и гамильтоновы пути и циклы.	Критерий существования эйлеровых путей. Оценки сложности задачи построения эйлерового цикла. Пути, имеющие тип цикла и достаточные условия существования гамильтоновых путей и циклов в неориентированном графе
3.	Нахождение кратчайших по числу ребер путей из заданной вершины до всех остальных вершин связного неориентированного графа без петель.	Оценка сложности решения такой задачи. Нахождение расстояния от источника до всех остальных вершин в ориентированном графе с неотрицательными весами ребер (алгоритм Дейкстры). Обоснование корректности алгоритма. Оценка сложности. Задача о кратчайшем пути между фиксированными вершинами в заданной сети
4.	Сети без циклов.	Максимальные пути и сетевые графики
5.	Поток в сети.	Величина потока. Максимальный поток. Теорема о существовании максимального потока в каждой сети. Алгоритм расстановки пометок вершин. Алгоритм построения максимального потока. Оценка сложности алгоритма
6.	Отсечения в задачах линейных задачах дискретной и смешанной оптимизации. Столбцовые симплекс- таблицы	Отсечения в задачах линейных задачах дискретной и смешанной оптимизации. Столбцовые симплекс- таблицы

6. Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы

Рекомендуемая тематика учебных занятий лекционного типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

№ п/п	Наименование разделов (тем) дисциплины	Содержание разделов (тем) дисциплин
1	Введение.	Лекция 1. Предварительные сведения. Лекция 2. Графы, подциклы, деревья, алгоритмы поиска
2	Эйлеровы и гамильтоновы пути и циклы.	Лекция 3. Критерий существования эйлеровых путей. Лекция 4. Оценки сложности задачи построения эйлерового цикла. Лекция 5. Пути, имеющие тип цикла и достаточные условия существования гамильтоновых путей и циклов в неориентированном графе
3	Нахождение кратчайших по числу ребер путей из заданной вершины до всех остальных вершин связного неориентированного графа без петель.	Лекция 6. Оценка сложности решения такой задачи. Лекция 7. Алгоритм Дейкстры. Лекция 8. Обоснование корректности алгоритма. Оценка сложности. Лекция 9. Задача о кратчайшем пути между фиксированными вершинами в заданной сети
4	Сети без циклов.	Лекция 10-12. Максимальные пути и сетевые графики
5	Поток в сети.	Лекция 13. Величина потока. Максимальный поток. Теорема о существовании максимального потока в каждой сети. Лекция 14. Алгоритм расстановки пометок вершин. Лекция 15. Алгоритм построения максимального потока. Оценка сложности алгоритма
6	Отсечения в задачах линейных задач дискретной и смешанной оптимизации. Столбцовые симплекс- таблицы	Лекция 16-17. Отсечения в задачах линейных задач дискретной и смешанной оптимизации. Лекция 18. Столбцовые симплекс- таблицы

Рекомендуемая тематика практических занятий:

№ п/п	Наименование разделов (тем) дисциплины	Содержание разделов (тем) дисциплин
1	Введение.	Занятие 1. Предварительные сведения. Графы, подциклы, деревья, алгоритмы поиска

2	Эйлеровы и гамильтоновы пути и циклы.	Занятие 2. Критерий существования эйлеровых путей. Оценки сложности задачи построения эйлерового цикла. Занятие 3. Пути, имеющие тип цикла и достаточные условия существования гамильтоновых путей и циклов в неориентированном графе
3	Нахождение кратчайших по числу ребер путей из заданной вершины до всех остальных вершин связного неориентированного графа без петель.	Занятие 4. Оценка сложности решения такой задачи. Алгоритм Дейкстры. Занятие 5. Обоснование корректности алгоритма. Оценка сложности. Задача о кратчайшем пути между фиксированными вершинами в заданной сети
4	Сети без циклов.	Занятие 6. Максимальные пути и сетевые графики
5	Поток в сети.	Занятие 7. Алгоритм расстановки пометок вершин. Алгоритм построения максимального потока. Оценка сложности алгоритма
6	Отсечения в задачах линейных задач дискретной и смешанной оптимизации. Столбцовые симплекс- таблицы	Занятие 8. Отсечения в задачах линейных задач дискретной и смешанной оптимизации. Занятие 9. Столбцовые симплекс- таблицы

Требования к самостоятельной работе обучающихся

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по всем темам из п. 6 настоящей рабочей программы.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по всем темам из п. 6 настоящей рабочей программы.

Руководствуясь положениями статьи 47 и статьи 48 Федерального закона от 29 декабря 2012 г. № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» научно-педагогические работники и иные лица, привлекаемые университетом к реализации данной образовательной программы, пользуются предоставленными академическими правами и свободами в части свободы преподавания, свободы от вмешательства в профессиональную деятельность; свободы выбора и использования педагогически обоснованных форм, средств, методов обучения и воспитания; права на творческую инициативу, разработку и применение авторских программ и методов обучения и воспитания в пределах реализуемой образовательной программы и отдельной дисциплины.

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и (или) занятия семинарского типа (семинары, практические занятия,

практикумы, лабораторные работы, коллоквиумы и иные аналогичные занятия), и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации (по курсовым работам/проектам – при наличии курсовой работы/проекта по данной дисциплине в учебном плане).

Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе с обучающимися очной формы обучения. В случае реализации образовательной программы в заочной / очно-заочной форме трудоемкость дисциплины сохраняется, однако объем учебного материала в значительной части осваивается обучающимися в форме самостоятельной работы. При этом требования к ожидаемым образовательным результатам обучающихся по данной дисциплине не зависят от формы реализации образовательной программы.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретным ситуациям из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или её части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Введение.	ПК-5	решение задач
Эйлеровы и гамильтоновы пути и циклы.	ПК-5	решение задач
Нахождение кратчайших по числу ребер путей из заданной вершины до всех остальных вершин связного неориентированного графа без петель.	ПК-5	решение задач
Сети без циклов.	ПК-5	решение задач
Поток в сети.	ПК-5	решение задач
Отсечения в задачах линейных задачах дискретной и смешанной оптимизации. Столбцовые симплекс- таблицы	ПК-5	решение задач

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности процессе текущего контроля

Текущий контроль успеваемости осуществляется путем оценки результатов выполнения заданий практических (семинарских) занятий, самостоятельной работы, предусмотренных учебным планом и посещения занятий/активность на занятиях.

В качестве оценочных средств текущего контроля успеваемости предусмотрены:

решение задач на семинарских (практических) занятиях

Задачи:

- 1) Решить задачу о ранце табличным методом динамического программирования.
- 2) Решить задачу о ранце методом ветвей и границ.
- 3) Написать программу для детерминированной машины Тьюринга, которая прибавляет единицу к двоичному (десятичному, троичному и т.п.) целому числу на ленте.
- 4) На ленте машины Тьюринга содержится двоичная последовательность. Напишите программу для машины Тьюринга, которая вычисляет двоичное дополнение записанного числа, т.е. заменяет каждый символ 1 на 0 и наоборот.
- 5) Свести КНФ к 3-КНФ, записать последовательность преобразований.
- 6) Решить задачу о сумме подмножеств методом BALSUB.
- 7) Решить задачу о ранце методом динамического программирования со списками.
- 8) Решить задачу целочисленного линейного программирования методом Гомори.

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Вопросы к зачету

1. Неориентированные и ориентированный графы. Подграфы. Пути, циклы. Связность. Поиск в графе.
2. Алгоритмы поиска в глубину и поиска в ширину и их сложность.
3. Остовное дерево (каркас). Теорема Кэли.
4. Теорема Кирхгофа.
5. Алгоритмы построения остовного дерева.
6. Эйлеровы пути и циклы. Критерий существования эйлеровых путей. Оценки сложности задачи построения эйлерового цикла.
7. Гамильтоновы пути и циклы. Пути, имеющие тип цикла и достаточные условия существования гамильтоновых путей и циклов в неориентированном графе.
8. Теорема Поша.
9. Нахождение расстояния от источника до всех остальных вершин в ориентированном графе с неотрицательными весами ребер (алгоритм Дейкстры).
10. Алгоритм Беллмана-Форда.
11. Сети без циклов. Максимальные пути и сетевые графики.
12. Поток в сети. Величина потока. Максимальный поток. Существование максимального потока в сети.
13. Разрез в потоковой сети. Пропускная способность разреза. Минимальный разрез.
14. Алгоритм построения максимального потока. Оценка сложности алгоритма.
15. Столбцовые симплекс- таблицы.
16. Прямой симплекс-метод для решения задач дискретной оптимизации.
17. Двойственный симплекс-метод для решения задач дискретной оптимизации.
18. Прямодвойственный алгоритм решения задач дискретной оптимизации.
19. Решение целочисленной задачи линейного программирования методом ветвей и границ.
20. Метод динамического программирования.

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	<i>Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий</i>	отлично	зачтено	86-100
Базовый	Применение знаний и	<i>Включает нижестоящий уровень.</i>	хорошо		71-85

	умений в более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу с большей степени самостоятельности и инициативы	Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения			
Удовлетворительный (достаточный)	Репродуктивная деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и практически контролируемого материала	удовлетворительно		55-70
Недостаточный	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня		неудовлетворительно	не зачтено	Менее 55

9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

Основная литература

1. Гданский, Н. И. Основы теории и алгоритмы на графах : учебное пособие / Н.И. Гданский. — Москва : ИНФРА-М, 2022. — 206 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). — DOI 10.12737/978686. - ISBN 978-5-16-014386-6. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1817957> (дата обращения: 05.04.2023). – Режим доступа: по подписке.

Дополнительная литература

1. Ландовский, В. В. Алгоритмы обработки данных : учебное пособие / В. В. Ландовский. - Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2018. - 67 с. - ISBN 978-5-7782-3645-5. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1869248> (дата обращения: 05.04.2023). – Режим доступа: по подписке.
2. Быкова, В. В. Комбинаторные алгоритмы: множества, графы, коды/Быкова В.В. - Краснояр.: СФУ, 2015. - 152 с.: ISBN 978-5-7638-3155-9. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/550333> (дата обращения: 05.04.2023). – Режим доступа: по подписке.

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля).

- НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания
- ЭБС Консультант студента
- ПРОСПЕКТ ЭБС

- ЭБС ZNANIUM.COM
- ЭБС IBOOKS.RU
- Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- система электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта – www.lms3.kantiana.ru, обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- корпоративная платформа webinar.ru;
- установленное на рабочих местах обучающихся ПО: Microsoft Windows 7, Microsoft Office Standart 2010, антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security.
- СУБД PostgreSQL (Свободное ПО, лицензия - Freeware).
- MongoDB (Свободное ПО, лицензия - Freeware).

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.