



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
**«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ИГУ»)**

Институт математики и информационных технологий
Кафедра алгебраических и информационных систем



Рабочая программа дисциплины (модуля)

Б1.В.ДВ.02.01 Задачи дискретной оптимизации

| | | | |
|---|----------|--------------------------------------|---|
| Направление подготовки информационные технологии | 02.04.02 | Фундаментальная информатика и | и |
| Направленность (профиль) подготовки | | Анализ данных научных исследований и | |
| Квалификация выпускника | магистр | | |
| Форма обучения | очная | | |

Иркутск 2024 г.

1. Цели и задачи дисциплины:

Цель

Целью дисциплины Б1.В.ДВ.02.01 **Задачи дискретной оптимизации** является формирование системы компетенций магистра в области планирования и управления работой дискретных систем, в том числе знаний методов, моделей и алгоритмов дискретной оптимизации

Задачи:

Познакомить студентов с классическими постановками и методами решения задач дискретной оптимизации, в том числе компьютерными методами.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

2.1. Учебная дисциплина (модуль) Б1.В.ДВ.02.01 **Задачи дискретной оптимизации** относится к вариативной части программы.

2.2. Для изучения данной учебной дисциплины (модуля) необходимы знания, умения и навыки, формируемые дисциплинами, включенными в программу бакалавриата: высшая математика, математический анализ, дискретная математика. В программе магистратуры предшествующей является математика для анализа данных.

2.3. Перечень последующих учебных дисциплин, для которых могут понадобиться знания, умения и навыки, формируемые данной учебной дисциплиной: все виды практик, итоговая аттестация.

3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс освоения дисциплины направлен на формирование компетенций (элементов следующих компетенций) в соответствии с ФГОС ВО по соответствующему направлению подготовки.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

| Компетенция | Индикаторы компетенций | Результаты обучения |
|--|--|--|
| ПК 3 Способен формулировать задачи, анализировать и применять способы и методы научных исследований, проводить информационный поиск и использовать информационные ресурсы для решения научно-исследовательских задач, формулировать и представлять научные результаты в форме презентаций и публикаций. | ИДК _{ПК3.1} Способен формулировать задачи, анализировать и применять способы и методы научных исследований. | Знать основные объекты и понятия сложности алгоритмов, основные дискретные оптимизационные задачи (задача о минимальном остове, о кратчайших путях в графах, основные задачи о потоках в сетях, о наибольшем паросочетании, о полном паросочетании, о назначениях), Уметь строить эффективные алгоритмы решения основных задач дискретной оптимизации, оценивать их вычислительную сложность. |
| | ИДК _{ПК3.2} Способен проводить информационный поиск и использовать информационные ресурсы для решения научно-исследовательских задач | |
| | ИДК _{ПК3.3} Способен формулировать и представлять научные | |

| | | |
|--|--|--|
| | результаты в форме презентаций и публикаций. | Владеть методами решения оптимизационных задач на сетях и графах, в том числе компьютерными методами. |
|--|--|--|

4. СОДЕРЖАНИЕ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы, 72 часа,

Форма промежуточной аттестации: зачет

4.1 Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов

| № п/п | Раздел дисциплины/темы | С е м е с тр | Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах) | | | | Формы текущего контроля успеваемости; Форма промежуточной аттестации (по семестрам) |
|-------|--|--------------|--|------------------------------------|--------------|------------------------|---|
| | | | Контактная работа преподавателя с обучающимися | | | Самостоятельная работа | |
| | | | Лекции | Семинарские (практические занятия) | Консультации | | |
| 1 | Основные понятия теории графов. | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | тест |
| | Основные понятия теории графов. Машинное представление графов. Матрицы смежностей, списки смежностей, массив смежности. Машинное представление. | | | | | | |
| 2 | Поиск в графах | 1 | 3 | 3 | 1 | 5 | тест |
| | Поиск в глубину в графе. Поиск в ширину в графе. Построения путей в графах. Деревья поиска. Поиск в лабиринте. Задача о построении пути с минимальным числом поворотов. | | | | | | |
| 3 | Минимальный остов | 1 | 3 | 3 | 1 | 5 | тест |
| | Алгоритмы Прима-Ярника-Дейкстры и Борувки- Краскла. Структуры данных задач НАЙТИ- ОБЪЕДИ-НИТЬ в алгоритме Борувки-Краскла. Практические интерпретации задачи о минимальном остове. | | | | | | |
| 4 | Кратчайшие пути | 1 | 4 | 4 | 1 | 5 | тест |
| | Задачи о кратчайших путях. Алгоритмы Форда-Беллмана и Дейкстры. Кратчайшие пути в бесконтурных сетях. Сетевые графики планирования работ. Расчеты основных | | | | | | |

| | | | | | | |
|--------------------|--|--|-----------|-----------|----------|--------------|
| | характеристик в методе критического пути. | | | | | |
| 5 | Сети | | 2 | 3 | 1 | 10 тест |
| | Задача о максимальном потоке. Алгоритм Форда-Фалкерсона. Теорема Эдмондса-Карпа. | | | | | |
| 6 | Двудольные графы | | 2 | 3 | 1 | 5 тест |
| | Задача о наибольшем паросочетании. Задача о полном паросочетании. Алгоритм Куна. | | | | | |
| Итого часов | | | 16 | 16 | 8 | 32 72 |

4.2 План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

| Семестр | Название раздела, темы | Самостоятельная работа обучающихся | | | Оценочное средство | Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы |
|---------|---|------------------------------------|--------------------|------------------------|--------------------|--|
| | | Вид самостоятельной работы | Сроки выполнения | Затраты времени (час.) | | |
| 1 | Основные понятия теории графов | <i>УИЛТИн</i> | 1-я четверть курса | 2 | тест | |
| | Основные понятия теории графов. Машинное представление графов. Матрицы смежностей, списки смежностей, массив смежности. Машинное представление. | <i>УИЛТИн</i> | | | | |
| | Поиск в графах | <i>УИЛТИн</i> | 2-я четверть курса | 5 | тест | |
| | Поиск в глубину в графе. Поиск в ширину в графе. Построения путей в графах. Деревья поиска. Поиск в лабиринте. Задача о построении пути с минимальным числом поворотов. | <i>УИЛТИн</i> | | | | |
| | Минимальный остов | <i>УИЛТИн</i> | | 5 | | |
| | Алгоритмы Прима-Ярника-Дейкстры и Борувки-Краскла. Структуры данных задач НАЙТИ-ОБЪЕДИНИТЬ в алгоритме Борувки-Краскла. Практические интерпретации задачи о минимальном остове. | <i>УИЛТИн</i> | | | | |
| | Кратчайшие пути | <i>УИЛТИн</i> | | 5 | | |

| Семестр | Название раздела, темы | Самостоятельная работа обучающихся | | | Оценочное средство | Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы |
|--|--|------------------------------------|--------------------|------------------------|--------------------|--|
| | | Вид самостоятельной работы | Сроки выполнения | Затраты времени (час.) | | |
| | Задачи о кратчайших путях. Алгоритмы Форда-Беллмана и Дейкстры. Кратчайшие пути в бесконтурных сетях. Сетевые графики планирования работ. Расчеты основных характеристик в методе критического пути. | <i>УИЛТИн</i> | 3-я четверть курса | | тест | |
| | Сети | <i>УИЛТИн</i> | | 10 | | |
| | Задача о максимальном потоке. Алгоритм Форда-Фалкерсона. Теорема Эдмондса-Карпа. | <i>УИЛТИн</i> | | | | |
| | Двудольные графы | <i>УИЛТИн</i> | | 5 | | |
| | Задача о наибольшем паросочетании. Задача о полном паросочетании. Алгоритм Куна. | <i>УИЛТИн</i> | | | | |
| Общая трудоемкость самостоятельной работы по дисциплине (час) | | | | 32 | | |
| Бюджет времени самостоятельной работы, предусмотренный учебным планом для данной дисциплины (час) | | | | 32 | | |

Виды самостоятельной работы:

Р – написание реферата,

Д – подготовка доклада,

У – выполнение упражнений,

Э – написание эссе,

Пт – выполнение проекта,

К - кейс-задание,

Пф – портфолио,

И – информационный поиск,

Прз – презентация,

Л – изучение литературы,

Т – заполнение таблицы Донны Огл «Знал, хотел узнать, узнал»

Ин – заполнение таблицы, содержащей 4 столбца – «V» - уже знал, «+» - новое, «-»

– думал иначе, «?» – не понял, есть вопросы.

4.3. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

Методические указания по организации самостоятельной работы расположены в ИОС Educa

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

а) основная литература

1. Эвнин, А. Ю. Элементы дискретной оптимизации : учебное пособие / А. Ю. Эвнин. — Челябинск : ЮУрГУ, 2012. — 92 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/162123> (дата обращения: 22.06.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Тюхтина, А. А. Методы дискретной оптимизации : учебно-методическое пособие / А. А. Тюхтина. — Нижний Новгород : ННГУ им. Н. И. Лобачевского, 2014 — Часть 1 — 2014. — 62 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/153140> (дата обращения: 22.06.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Тюхтина, А. А. Методы дискретной оптимизации : учебно-методическое пособие / А. А. Тюхтина. — Нижний Новгород : ННГУ им. Н. И. Лобачевского, 2014 — Часть 1 — 2014. — 62 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/153140> (дата обращения: 22.06.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

4. Ерусалимский, Я. М. Дискретная математика. Теория и практикум : учебник / Я. М. Ерусалимский. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 476 с. — ISBN 978-5-8114-2908-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/169172> (дата обращения: 12.05.2021).

Дополнительная литература

1. Шевелев, Ю. П. Прикладные вопросы дискретной математики : учебное пособие / Ю. П. Шевелев. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 356 с. — ISBN 978-5-8114-2762-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/169034> (дата обращения: 12.05.2021)

2. Кузнецов, О. П. Дискретная математика для инженера : учебное пособие / О. П. Кузнецов. — 6-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 400 с. — ISBN 978-5-8114-0570-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/167753> (дата обращения: 12.05.2021).

3. Мезенцев, Ю. А. Эффективные вычислительные методы решения дискретных задач оптимизации управления производственными процессами : монография / Ю. А. Мезенцев. — Новосибирск : НГТУ, 2015. — 275 с. — ISBN 978-5-7782-2689-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/118220> (дата обращения: 22.06.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

в) периодические издания

1. CODATA Data Science Journal <https://datascience.codata.org/> CODATA Data Science Journal - это рецензируемый электронный журнал с открытым доступом, публикующий статьи по управлению, распространению, использованию и повторному использованию исследовательских данных и баз данных во всех областях исследований, включая науку, технологии, гуманитарные науки и искусство.

г) список авторских методических разработок:

д) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1. Единое окно доступа к образовательным ресурсам. Полнотекстовая электронная библиотека учебных и учебно-методических материалов (федеральный ресурс). <http://www.window.edu.ru>.

2. Образовательный математический сайт. <http://www.exponenta.ru>.

3. Московский центр непрерывного математического образования, МЦНМО.

Материалы (полные тексты) свободно распространяемых книг по математике. <http://www.mcsme.ru/free-books>.

4. База знаний и набор вычислительных алгоритмов. <http://www.wolframalpha.com>.
5. Электронно-библиотечная система издательства «ЮРАЙТ» <https://www.biblio-online.ru/>
6. Электронно-библиотечная система издательства «Лань» <https://e.lanbook.com/>
7. ИОС ИГУ EDuca
8. Онлайн-курсы от ведущих вузов и компаний страны <https://welcome.stepik.org/ru>
9. Образовательный онлайн-проект <https://www.coursera.org/>
10. **KDNuggets** — крупнейший ресурс о науке о данных, где собраны знания для всех уровней: от начинающих специалистов до профессиональных инженеров.
11. **Indigo** — внедрение data science-решений на примере конкретных кейсов, рассказанных компанией-разработчиком.

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Учебно-лабораторное оборудование:

Для проведения лекционных занятий необходима аудитория с презентационным оборудованием, для проведения практических занятий необходима аудитория на 15-30 рабочих мест (в зависимости от численности учебной группы), оборудованная доской, презентационной техникой.

6.2. Программное обеспечение:

LaTeX – с использованием сборки TeXLive (или возможность выхода на онлайн-ресурс Overleaf), pdf-view'ер, произвольный пакет или библиотеки для математических вычислений.

6.3. Технические и электронные средства:

ИОС EDUCA, DOMIC, презентационное оборудование, персональный компьютер с возможностью просмотра презентаций.

7. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При реализации данного курса используются следующие образовательные технологии: технологии традиционного обучения, игровые технологии, технологии проблемного обучения, технологии обучения в сотрудничестве, технологии контекстного обучения, интерактивные технологии, технологии дистанционного обучения, активные педагогические технологии.

8. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

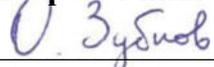
Оценочные средства (ОС):

- 8.1. Оценочные средства для входного контроля – тест в ИОС Educa.
- 8.2. Оценочные средства текущего контроля – тесты в ИОС Educa в соответствии с п. 4.1.
- 8.3. Оценочные средства для промежуточной аттестации (в форме зачета). Необходимым условием получения зачета является выполнение всех тестовых заданий.

Примерные вопросы для зачета.

1. Сведение задач о коммивояжере, о назначениях, о рюкзаке к задачам ЦЛП
2. Разрыв двойственности в ЦЛП.
3. Преобразование бинарной линейной задачи в задачи о покрытии, разбиении и упаковке. Преобразование целочисленной линейной задачи над конусом.
4. Системы линейных уравнений над кольцом целых чисел. Критерий совместности и способы решения.
5. Подрешетки решетки n-мерных целочисленных векторов.
6. Целочисленный вариант теоремы двойственности.
7. Теоремы Кенига, Холла, Дилворта о максимальном потоке.
8. Теорема Диксона. Полиэдральность множества целочисленных решений системы линейных неравенств.
9. Алгоритм решения 2-мерной задачи групповой минимизации. Нахождение всех крайних точек.
10. Метод эллипсоидов.
11. Первый алгоритм Гомори.
12. Второй алгоритм Гомори.
13. Алгоритм Дальтона–Ллевелина.
14. Использование метода ветвей и границ для решения задач дискретной оптимизации.
15. Решение задачи коммивояжера методом ветвей и границ.
16. Параллельные алгоритмы ветвей и границ.
17. Поиск в графе: поиск в глубину, поиск в ширину.
18. Задача о минимальном остове.
19. Паросочетания в двудольных графах. Задача о наибольшем паросочетании. Алгоритм Хопкрофта–Карпа. Задача о полном паросочетании. Алгоритм Куна.
20. Задача о назначении. Венгерский алгоритм.
21. Аддитивный алгоритм Балаша решения задач булева программирования.
22. Алгоритм решения задачи коммивояжера с гарантированной оценкой точности.

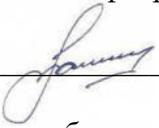
Разработчики:



Доц. кафедры АиИС ИМИТ ИГУ Зубков О.В.
(подпись) (занимаемая должность) (инициалы, фамилия)

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 02.04.02 «Фундаментальная информатика и информационные технологии» (уровень магистратуры), утвержденный приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от «23» августа 2017 г. № 811, зарегистрированный в Минюсте России «13» сентября 2017 г. № 48168 с изменениями и дополнениями от 26 ноября 2020 г., 8 февраля 2021 г.

Программа рассмотрена на заседании кафедры Алгебраических и информационных систем ИМИТ ИГУ «24» марта 2022 г.

Протокол № 9 Зав. кафедрой  Пантелеев В.И.

Настоящая программа, не может быть воспроизведена ни в какой форме без предварительного письменного разрешения кафедры-разработчика программы.