МИНОБРНАУКИ РОССИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего образования

«Санкт-Петербургский государственный экономический университет»

|  |  |
| --- | --- |
|  | УТВЕРЖДАЮ  Проректор по образовательной деятельности  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_/Шубаева В.Г./  «\_\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_20\_\_\_\_г. |

***Проект: Алгоритмы оптимизации на графах***

**Рабочая программа дисциплины**

(реализуемой в форме практической подготовки)

|  |  |
| --- | --- |
| Направление подготовки/ Специальность | *01.04.02 Прикладная математика и информатика* |
| Направленность (профиль) программы/  Специализация | *Математическое и компьютерное моделирование в экономике и управлении* |
| Уровень высшего образования | *Магистратура* |
| Форма обучения | *очная* |
| Год набора | 2025 |

Составитель*(и)*:

|  |
| --- |
| Старший преподаватель, Васильев Юрий Михайлович |
| д.техн.н, Фридман Григорий Морицович |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Часов по учебному плану | *180* | **Виды контроля в семестрах:**  *Дифференцированный зачет: семестр 3* |
| в том числе: |  |
| контактная работа | *48* |
| самостоятельная работа | *132* |
| практическая подготовка | *18* |
| часов на контроль |  |

**Распределение часов дисциплины:**

|  |  |
| --- | --- |
| Семестр: | *3* |
| Вид занятий | Часы |
| Лекционные занятия | *20* |
| Практические занятия (практическая подготовка) | *18* |
| Лабораторные работы |  |
| **Итого аудиторных часов** | ***48*** |
| Самостоятельная работа | *132* |
| Часы на контроль |  |
| **Итого академических часов** | ***180*** |
| **Общая трудоемкость в зачетных единицах** | ***5*** |

Санкт-Петербург

2025

СОДЕРЖАНИЕ

[**1.** **ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ** 3](#_Toc182925116)

[**2.** **МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ** 3](#_Toc182925117)

[**3.** **ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ** 3](#_Toc182925118)

[**4.** **СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ** 3](#_Toc182925119)

[**5.** **ПРОЕКТНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩИХСЯ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ** 5](#_Toc182925120)

[**6.** **РЕСУРСНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ** 5](#_Toc182925121)

[**7.** **МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ** 6](#_Toc182925122)

[**8.** **ОСОБЕННОСТИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ** 7](#_Toc182925123)

[**9.** **ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ** 8](#_Toc182925124)

1. **ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

|  |  |
| --- | --- |
| **Цель:** | Начальное формирование у студента точки зрения аналитика, способного сделать обоснованный выбор методов, алгоритмов и программных средств при решении задач разного типа, умеющего определить критерии этого выбора и увязать принятые решения в единую систему. |

1. **МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Дисциплина Б1.В Проект: Алгоритмы оптимизации на графах относится к части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1..

Реализация дисциплины, как компонента образовательной программы, осуществляется в форме практической подготовки путем непосредственного выполнения обучающимися определенных видов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

1. **ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Код и наименование компетенции выпускника** | **Код и наименование индикаторов достижения компетенций** | **Планируемые результаты обучения по дисциплине** |
| УК-2 - Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла | УК-2.2 - Проектирует реализацию конкретных задач путем определения оптимальных способов решения и выбора ресурсного обеспечения для достижения поставленной цели. | Знать:  основные подходы к оптимизации управленческих и проектных решений.  Уметь:  применять основные методы решения задач по повышению эффективности бизнес-процессов.  Владеть:  основными методами и алгоритмами оптимизации управленческих и проектных решений. |
| ПК-3 - Способен выполнять анализ существующих и разрабатывать новые математические модели для решения задач в области экономики и управления с использованием современных оптимизационных подходов и инструментальных средств | ПК-3.1 - Применяет современные инструментальные средства для программной реализации оптимизационных алгоритмов | Знать:  основные подходы построения математических моделей для решения задач в области экономики и управления.  Уметь:  применять основные методы решения задач оптимизации.  Владеть:  основными методами и алгоритмами решения усложненных оптимизационных задач с их применением в нетипичных ситуациях. |

1. **СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **№ п/п** | **Этапы реализации дисциплины** | **Содержание этапа** |
| 1 | Тема 1. Задача коммивояжера. | Гамильтонов цикл. Задача о кратчайшем пути в графе. Симметричная задача коммивояжера. Ассиметричная задача коммивояжера. Алгоритмы оценки нижней границы значения целевой функции симметричной задачи коммивояжера. Конструктивные эвристики. Улучшающие эвристики. Алгоритмы локальной оптимизации. Алгоритм Лина-Кернигана. Алгоритм имитации отжига. |
| 2 | Тема 2. Остовное дерево. | Остовное дерево. Задача построения минимального остовного дерева. Построение минимального остовного дерева как задача целочисленного программирования. Алгоритм Прима. Алгоритм Краскала. Применение остовного дерева для решения задачи коммивояжера. |
| 3 | Тема 3. Задача нескольких коммивояжеров. | Задача нескольких коммивояжеров. Задача нескольких коммивояжеров с временными окнами. Задача нескольких коммивояжеров с временными окнами с минимизацией суммарного времени на выполнение маршрутов. Задача нескольких коммивояжеров с временными окнами с сокращенным числом переменных. |
| 4 | Тема 4. Задача коммивояжера с зависимостью от времени. | Задача коммивояжера с зависимостью от времени. Алгоритмы поиска в глубину и в ширину. Алгоритм поиска по лучу. Задача коммивояжера с зависимостью от времени на разреженной матрице расстояний. Алгоритм Дейкстры. Алгоритм поиска с возвратом. Обобщенная задача коммивояжера. Обобщенная задача коммивояжера с зависимостью от времени. |
| 5 | Тема 5. Задачи маршрутизации транспорта. | Задача маршрутизации транспорта с ограничением по грузоподъемности. Задача маршрутизации транспорта с временными окнами. Задача маршрутизации транспорта с разделенными поставками. |
| 6 | Тема 6. Продвинутые задачи маршрутизации транспорта. | Многокритериальная задача маршрутизации транспорта с временными окнами. Решение задачи с использованием метода взвешенной суммы критериев оптимизации. Решение задачи с использованием метода изменения ограничений. Задача периодической маршрутизации транспорта. Задача маршрутизации транспорта с разделенными поставками, временными окнами для многих продуктов с ограничением на совместную перевозку. |
| 7 | Тема 7. Неточные алгоритмы решения задач маршрутизации транспорта. | Решение задачи маршрутизации транспорта с ограничением по грузоподъемности с использованием генетического и муравьиного алгоритмов. Решение многокритериальной задачи маршрутизации транспорта с использованием генетического и муравьиного алгоритмов. Решение задачи периодической маршрутизации транспорта с использованием гибридного алгоритма на базе алгоритма поиска с запретами. |

1. **ПРОЕКТНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩИХСЯ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ**

Реализация дисциплины осуществляется в виде проектной работы обучающихся и предусматривает возможность частичной реализации дисциплины за пределами территории университета на базе профильной организации, с которой заключен договор о практической подготовке по данной ОПОП. Выбор конкретных заданий зависит от специфики деятельности профильной организации.

1. **РЕСУРСНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Учебно-методическое обеспечение

|  |  |
| --- | --- |
| **Библиографическое описание издания (автор, заглавие, вид, место и год издания, кол. стр.)** | **Электронные ресурсы** |
| Клековкин, Геннадий Анатольевич Теория графов. Среда MaXIma : учебное пособие для спо / Г. А. Клековкин.2-е изд. Электрон. дан.Москва : Юрайт, 2022 133 с(Профессиональное образование) URL: https://urait.ru/bcode/493004 (дата обращения: 16.06.2022).Режим доступа: Электронно-библиотечная система Юрайт, для авториз. пользователей ЭБС ЮрайтISBN 978-5-534-10087-7 | [https://urait.ru/viewer/teoriy ... fov-sreda-maxima-492707#page/1](https://urait.ru/viewer/teoriya-grafov-sreda-maxima-492707#page/1) |
| Фридман, Григорий Морицович Математика & Mathematica : избр. задачи для избр. студентов / Г.М.Фридман, С.Н.ЛеораЭлектрон. текстовые дан. (1 файл : 210 Мб)Санкт-Петербург : Невский диалект : [БХВ-Петербург], 2010 Загл. с титул. экрана Имеется печ. аналог Авторизованный доступ по паролю ЭБ OPAC.UNECON.RUISBN 978-5-7940-0143-3 | [https://opac.unecon.ru/elibrar ... B0%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0.pdf](https://opac.unecon.ru/elibrary/2015/ucheb/%D0%9C%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0.pdf) |
| Балдин, Константин Васильевич Математическое программирование : Учебник / Московский политехнический университет 2 Москва : Издательско-торговая корпорация "Дашков и К", 2018 218 с. ВО - ЭБС ZNANIUMISBN 978-5-394-01457-4 | <https://znanium.com/read?id=100977> |

Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в т.ч. отечественного производства

|  |
| --- |
| - 7-Zip |
| - ОС Альт образование 10 |
| - Python |
| - Wolfram Mathematica |
| - LibreOffice Base |
| - LibreOffice Calc |
| - LibreOffice Writer |

Перечень информационных справочных систем (ИСС) и современных профессиональных баз данных (СПБД)

|  |  |
| --- | --- |
| **№** | **Наименование СПБД/ ИСС** |
| 1. | Электронная библиотека Grebennikon.ru – [www.grebennikon.ru](http://www.grebennikon.ru) |
| 2. | Научная электронная библиотека eLIBRARRY – www.elibrary.ru |
| 3. | Научная электронная библиотека КиберЛеника – www.cyberleninka.ru |
| 4. | База данных ПОЛПРЕД Справочники – [www.polpred.com](http://www.polpred.com) |
| 5. | База данных OECD Books, Papers & Statistics на платформе OECD iLibrary  [www.oecd-ilibrary.org](http://www.oecd-ilibrary.org) |
| 6. | Справочная правовая система КонсультантПлюс (инсталлированный ресурс  СПбГЭУ или www.consultant.ru) |
| 7. | Справочная правовая система «ГАРАНТ» (инсталлированный ресурс СПбГЭУ или www.garant.ru) |
| 8. | Информационно-справочная система «Кодекс» (инсталлированный ресурс  СПбГЭУ или www.kodeks.ru) |
| 9. | Электронная библиотечная система BOOK.ru - www.book.ru |
| 10. | Электронная библиотечная система ЭБС ЮРАЙТ – www.urait.ru |
| 11. | Электронно-библиотечная система ЗНАНИУМ (ZNANIUM) – [www.znanium.com](http://www.znanium.com) |
| 12. | Электронная библиотека СПбГЭУ– opac.unecon.ru |

1. **МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

Для реализации данной дисциплины имеются специальные помещения для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ) групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы.

Помещения оснащены оборудованием и техническими средствами обучения.

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

|  |  |
| --- | --- |
| **Наименование учебных аудиторий, перечень оборудования и технических средств обучения** | **Адрес (местоположение) учебных аудиторий** |
| Ауд. 210 Учебная аудитория (для проведения занятий лекционного типа и занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации), оборудована мультимедийным комплексом.Специализированная мебель и оборудование: Учебная мебель на 27 посадочных мест; доска меловая - 1 шт.; тумба - 1 шт.; Компьютер HP GQ652AW#ACB dc7800 USDT E 6550 1.0G.DVD-ROM/ 2Gb/80Gb - 1 шт., Проектор NEC М350Х в компл. - 1 шт., Акустическая система JBL CONTROL 25 WH (пара колонок) - 1 шт., Микшер-усилитель ТА-1120 - 1 шт., Экран с электроприводом Screen Media Champion 203x153cm. MW 4:3. 4-уг. корпус - 1 шт. Наборы демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий: мультимедийные приложения к лекционным курсам и практическим занятиям, интерактивные учебно-наглядные пособия. | 196084, г. Санкт-Петербург, Московский пр., д. 103, лит. А, пом. 1Н, 2Н |
| Ауд. 209 Учебная аудитория (для проведения занятий лекционного типа и занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации), оборудована мультимедийным комплексом.Специализированная мебель и оборудование: Учебная мебель на 100 посадочных мест, доска меловая - 1 шт., тумба - 1 шт., Компьютер Intel i3 2100 3.3/4Gb/500Gb/AserV193 - 1 шт., Проектор Sanyo PLCXU106 - 1 шт., Колонки Hi-Fi PRO MASK6T-W (2шт.) - 1 шт., Микшер усилитель Jedia TA-1120 - 1 шт., Экран с электроприводом 175х234 Matte White 4:3 - 1 шт. Наборы демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий: мультимедийные приложения к лекционным курсам и практическим занятиям, интерактивные учебно-наглядные пособия. | 196084, г. Санкт-Петербург, Московский пр., д. 103, лит. А, пом. 1Н, 2Н |
| Ауд. 401 пом 3 Лаборатория "Лабораторный комплекс".Специализированная мебель и оборудование: Учебная мебель на 25 посадочных мест; рабочее место преподавателя; доска меловая 1 шт.; Компьютер Intel Core i5-4460 CPU @ 3.2GHz/8Gb/1Tb/Samsung S23E200 - 21 шт., Ноутбук HP 250 G6 1WY58EA - 4 шт., Экран напольный в доп.комплект. - 1 шт., Мультимедиа-проектор РВ8250 DLP.3000 - 1 шт. Наборы демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий: мультимедийные приложения к лекционным курсам и практическим занятиям, интерактивные учебно-наглядные пособия. | 196084, г. Санкт-Петербург, Московский пр., д. 103, лит. А, пом. 1Н, 2Н |

При прохождении дисциплины в форме практической подготовки в профильной организации обучающимся предоставляется возможность использовать помещения профильной организации, согласованные в договоре о практической подготовке, а также находящееся в них оборудование и технические средства обучения, необходимые для успешного выполнения отдельных видов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

1. **ОСОБЕННОСТИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ**

Обучение обучающихся с ограниченными возможностями здоровья при необходимости осуществляется на основе адаптированной рабочей программы с использованием специальных методов обучения и дидактических материалов, составленных с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся (обучающегося).

В целях освоения учебной программы дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья Университет обеспечивает:

* для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по зрению: размещение в доступных для обучающихся, являющихся слепыми или слабовидящими, местах и в адаптированной форме справочной информации о расписании учебных занятий; присутствие ассистента, оказывающего обучающемуся необходимую помощь; выпуск альтернативных форматов методических материалов (крупный шрифт или аудиофайлы);
* для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по слуху: надлежащими звуковыми средствами воспроизведение информации;
* для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата: возможность беспрепятственного доступа обучающихся в учебные помещения, туалетные комнаты и другие помещения кафедры, а также пребывание в указанных помещениях.

Обучающиеся из числа инвалидов и лиц с ОВЗ обеспечены печатными и (или) электронными образовательными ресурсами в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья. Образование обучающихся с ограниченными возможностями здоровья может быть организовано как совместно с другими обучающимися, так и в отдельных группах или в отдельных организациях.

1. **ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Оценивание знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций осуществляется путем проведения процедур текущего контроля и промежуточной аттестации в соответствии с настоящим ФОС, рабочей программой дисциплины и ЛНА университета.

**9.1 Задания для текущего контроля:**

Задания для текущего контроля формируются в соответствии с паспортом проекта.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Номер контрольной точки** | **Тип контрольной точки** | **Способ проведения** | **Номера этапов реализации дисциплины** |
| 1 | Проектно-аналитическая работа | с помощью технических средств и информационных систем | 1-3 |
| 2 | Проектно-аналитическая работа | с помощью технических средств и информационных систем | 4-7 |
| 3 | Текущий контроль | с помощью технических средств и информационных систем | 1-7 |

Самостоятельная работа обучающегося:

|  |  |
| --- | --- |
| **Наименование самостоятельной работы** | **Номера этапов реализации дисциплины** |
| Выполнение расчетных, аналитических, расчетно-графических и др. заданий | 1-7 |
| Подготовка к лекционным и практическим занятиям | 1-7 |

Текущий контроль проводится в течение периода прохождения дисциплины.

**9.2 Промежуточная аттестация**

Результаты освоения дисциплины в форме практической подготовки оцениваются посредством проведения промежуточной аттестации путем защиты оформленных отчетов с возможным проведением процедур внутренней независимой оценки качества образовательной деятельности с привлечением практиков и независимых экспертов.

Порядок прохождения промежуточной аттестации регламентируется Положением о практической подготовке обучающихся, осваивающих основные профессиональные образовательные программы высшего образования, Положением о текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования.

**9.3 Шкала оценивания результата**

Шкалы оценивания и процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине регламентируются Положением о текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования и Положением о балльно-рейтинговой системе.

Для оценки сформированности результатов обучения по дисциплине используется балльно-рейтинговая система успеваемости обучающихся:

Формой итогового контроля по дисциплине является экзамен (или дифференцированный зачет), итоговая оценка формируется в соответствии со шкалой, приведенной ниже в таблице:

|  |  |
| --- | --- |
| Баллы | Оценка |
| <=54 | неудовлетворительно |
| 55-69 | удовлетворительно |
| 70-84 | хорошо |
| >=85 | отлично |

Шкала оценивания результата

|  |  |
| --- | --- |
| 2 (балл до 54) | Демонстрирует непонимание проблемы. Многие требования, предъявляемые к заданию не выполнены.  Демонстрируется первичное восприятие материала. Работа незакончена и /или это плагиат. |
| 3 (балл 55-69) | Демонстрирует частичное понимание проблемы. Большинство требований, предъявляемых, к заданию выполнены.  Владение элементами заданного материала. В основном выполненный материал понятен и носит целостный характер. |
| 4 (балл 70-84) | Демонстрирует значительное понимание проблемы обозначенной дисциплиной. Все требования, предъявляемые к заданию выполнены.  Содержание выполненных заданий раскрыто и рассмотрено с разных точек зрения. |
| 5 (балл 85-100) | Демонстрирует полное понимание проблемы. Все требования, предъявляемые к заданию выполнены.  Продемонстрировано уверенное владение материалом дисциплины. Выполненные задания носят целостных характер, выполнены в полном объеме, структурированы, представлены различные точки зрения, продемонстрирован творческий подход. |

практике используются фонды оценочных средств, адаптированные для обучающихся с ОВЗ и инвалидов.