

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Гриб Владислав Валерьевич  
Должность: Ректор  
Дата подписания: 03.11.2023 16:59:02  
Уникальный программный ключ:  
637517d24e103c3db032acf37e06498ed1c5112f5ab00c39cbfc17f17385447



**Образовательное частное учреждение высшего образования**  
**«МОСКОВСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ А.С. ГРИБОЕДОВА»**  
(ИМПЭ им. А.С. Грибоедова)

**Институт международной экономики, лидерства и менеджмента**

**УТВЕРЖДАЮ**  
Директор института  
международной экономики,  
лидерства и менеджмента  
\_\_\_\_\_ А.А. Панарин  
«28» сентября 2023 г.

**Рабочая программа дисциплины**  
**АЛГОРИТМЫ АНАЛИЗА ГРАФОВ**

**Направление подготовки 09.03.03 Прикладная информатика**  
**(уровень бакалавриат)**

**Направленность (профиль):**  
**«Анализ данных»**

**Форма обучения: очная**

**Москва**

Рабочая программа дисциплины «Алгоритм анализа графов». Направление подготовки 09.03.03 Прикладная информатика, направленность (профиль): «Анализ данных» / А.А. Шестемиров – М.: ИМПЭ им. А.С. Грибоедова. – 27 с.

Рабочая программа дисциплины составлена на основании федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 09.03.03 Прикладная информатика, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от «19» сентября 2017 № 922 (с изменениями и дополнениями) и Профессионального стандарта «Программист», утвержденного приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 18 ноября 2013 г. № 679н (зарегистрирован Министерством юстиции Российской Федерации 18 декабря 2013 г., регистрационный № 30635), с изменением, внесенным приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 12 декабря 2016 г. № 727н (зарегистрирован Министерством юстиции Российской Федерации 13 января 2017 г., регистрационный № 45230), Профессионального стандарта «Специалист по информационным системам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 18 ноября 2014 г. № 896н (зарегистрирован Министерством юстиции Российской Федерации 24 декабря 2014 г., регистрационный № 35361), с изменением, внесенным приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 12 декабря 2016 г. № 727н (зарегистрирован Министерством юстиции Российской Федерации 13 января 2017 г., регистрационный № 45230)

Разработчики:

К.э.н. А.А. Шестемиров

Ответственный рецензент:

Назарова Н.А., к.э.н., доцент, заместитель руководителя департамента налогов и налогового администрирования Финансового университета при Правительстве Российской Федерации

*(Ф.И.О., уч. степень, уч. звание, должность)*

Рабочая программа дисциплины рассмотрена и одобрена на заседании кафедры инновационного менеджмента и предпринимательства 15.09.2023г., протокол №2

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ /к.э.н. А.А. Шестемиров/

(подпись)

Согласовано от Библиотеки \_\_\_\_\_ /О.Е. Степкина/

(подпись)

## РАЗДЕЛ 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины «Алгоритмы анализа графов» является изучение методов математического описания разнообразных объектов, связанных графами, ознакомление с результатами анализа данных структурных свойств этих объектов, а также с алгоритмическими построениями, достигнутыми в этой области к настоящему времени.

Задачи, решаемые в ходе освоения программы дисциплины:

- сформировать навыки владения важнейшими дискретными структурами – графами;
- сформировать умения владения прикладными аспектами математической концепции графов, основными методами и алгоритмами анализа графов и сетей;
- привить навыки практического использования методов и алгоритмов анализа графов.

## РАЗДЕЛ 2. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

| Категория (группа) компетенций   | Код компетенции | Формулировка компетенции   | Индикаторы достижения компетенции (для планирования результатов обучения по элементам образовательной программы и соответствующих оценочных средств)  |
|----------------------------------|-----------------|--|---|
| <b>Универсальные компетенции</b> |                 |  |   |
| Системное и критическое мышление | УК-1            | Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач | ИУК-1.1 Знать методы поиска информации для решения поставленной задачи<br>ИУК-1.2 Уметь проводить критический анализ и синтез информации<br>ИУК-1.3 Владеть системным подходом для решения поставленных задач |

## ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ

| Код, наименование профессиональных компетенций  | Трудовые функции (код, наименование)/уровень (подуровень) квалификации | Индикаторы достижения компетенции (для планирования результатов обучения по элементам образовательной программы и соответствующих оценочных средств)   |
|---|--|--|
| <b>ОТФ (код, наименование) / Профессиональный стандарт (код, наименование)</b>                |  |  |
| <b>Тип(ы) задач(и) профессиональной деятельности</b>  |  |  |
| <b>D. Разработка требований и проектирование программного обеспечения/ 06.001 Программист</b> |  |  |
| <b>Проектный</b>  |  |  |
| ПК-1. Способность проектировать прикладное программное обеспечение                            | D/03.6 Проектирование программного обеспечения                         | ИПК-1.1 Знать принципы построения архитектуры программного обеспечения и виды архитектуры программного обеспечения; типовые решения, библиотеки программных модулей, шаблоны, классы объектов, используемые при разработке программного обеспечения; методы и средства проектирования программного обеспечения; методы и средства проектирования баз данных; методы и средства проектирования программных интерфейсов<br>ИПК-1.2 Уметь использовать существующие типовые решения и шаблоны проектирования программного обеспечения; применять методы и средства проектирования программного обеспечения, структур данных, баз данных, программных интерфейсов; осуществлять коммуникации с заинтересованными сторонами<br>ИПК-1.3 Владеть разработкой, изменением и согласованием архитектуры программного обеспечения с системным аналитиком и архитектором программного обеспечения; системой проектирования структур данных; системой проектирования баз данных; системой проектирования программных интерфейсов; оценкой и согласованием сроков выполнения постав- |

|   |   |   |
|---|---|---|
|   |   | ленных задач  |
| С Выполнение работ и управление работами по созданию (модификации) и сопровождению ИС, автоматизирующих задачи организационного управления и бизнес-процессы / 06.015 Профессиональный стандарт «Специалист по информационным системам» |   |   |
| производственно-технологический , научно-исследовательский  |   |   |
| ПК-2. Способность осуществлять инженерно-технологическую поддержку планирования управления требованиями по созданию (модификации) и сопровождению ИС  | С/10.6 Инженерно-технологическая поддержка планирования управления требованиями | ИПК-2.1. Знать инструменты и методы управления требованиями; предметной областью автоматизации; возможностями ИС; источниками информации, необходимой для профессиональной деятельности; современный отечественный и зарубежный опыт в профессиональной деятельности; инструменты и методы моделирования бизнес-процессов организации; основы реинжиниринга бизнес-процессов организации; управление содержанием проекта: документирование требований, систему анализа продукта, модерлируемых совещаний; управление качеством: контрольные списки, верификация, валидация (приемо-сдаточные испытания); управление коммуникациями в проекте: базовые навыки управления (в том числе проведение презентаций, проведение переговоров, публичные выступления); культуру речи; правила деловой переписки.<br>ИПК-2.2. Умеет анализировать входные данные; планировать работы.<br>ИПК-2.3. Владеть системным подходом для выбора технологии управления требованиями; представлениями исходных данных для разработки плана управления требованиями; системой согласования в части инженерно-технологического обеспечения плана управления требованиями с заинтересованными сторонами |

### РАЗДЕЛ 3. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина «Алгоритмы анализа графов» изучается в третьем семестре, относится к Б1.В. Части учебного плана, формируемой участниками образовательных отношений, Блока Б.1 «Дисциплины (модули)».

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е.

Знания, умения, навыки, опыт практической деятельности, приобретенные при освоении настоящей дисциплины, необходимы для успешного освоения следующих дисциплин: «Алгоритмы анализа графов».

### РАЗДЕЛ 4. ОБЪЕМ (ТРУДОЕМКОСТЬ) ДИСЦИПЛИНЫ

(ОБЩАЯ, ПО ВИДАМ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ, ВИДАМ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ)

#### Трудоемкость дисциплины и виды учебной работы (очная форма обучения)

| З.е.                | Всего часов | Контактная работа        |                           |                          |                                      | Часы СР на подготовку кур.раб. | Иная СР | Контроль   |
|---------------------|-------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------------------|--------------------------------|---------|------------|
|                     |             | Занятия лекционного типа | Занятия семинарского типа |                          | Контактная работа по курсовой работе |                                |         |            |
|                     |             |                          | Лабораторные              | Практические/Семинарские |                                      |                                |         |            |
| 3 семестр           |             |                          |                           |                          |                                      |                                |         |            |
| 3                   | 108         | 24                       | –                         | 32                       | -                                    | -                              | 50      | 2<br>Зачет |
| Всего по дисциплине |             |                          |                           |                          |                                      |                                |         |            |
| 3                   | 108         | 24                       | –                         | 32                       | -                                    | -                              | 50      | 2          |

## СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

| № п/п   | Наименование разделов и тем дисциплины   | Содержание темы  |
|---|--|--|
| <b>Раздел №1 «Введение в теорию графов и систем»</b>  |  |  |
| <b>1</b>  | Тема 1.1 Определение графов, основные понятия теории графов. Виды графов.  | Изучаемые вопросы:<br>1. Определение графов.<br>2. Основные понятия теории графов.<br>3. Виды графов.<br>Вопросы для самостоятельного изучения:<br>Способы задания графов  |
| <b>2</b>  | Тема 1.2 Матрицы смежности инцидентности графа. Числовые характеристики графов.                                      | Изучаемые вопросы:<br>1. Матрицы смежности инцидентности графа.<br>2. Числовые характеристики графов.<br>Вопросы для самостоятельного изучения:<br>Матрица Кирхгофа.   |
| <b>3</b>  | Тема 1.3. Маршруты, циклы, связность. Свойства связных графов, Эйлеровы и гамильтоновы графы.                        | Изучаемые вопросы:<br>1. Маршруты, циклы, связность.<br>2. Свойства связных графов<br>3. Эйлеровы и гамильтоновы графы.<br>Вопросы для самостоятельного изучения:<br>1. Маршруты, циклы, связность.<br>2. Эйлеровы и гамильтоновы графы  |
| <b>4</b>  | Тема 1.4. Ориентированные графы и деревья. Сети.   | Изучаемые вопросы:<br>1. Ориентированные графы и деревья.<br>2. Сети.<br>Вопросы для самостоятельного изучения:<br>Сети.   |
| <b>Раздел №2 «Прикладные задачи и алгоритмы анализа графов и сетей, задачи оптимизации на графах и сетях. ИТ-технологии анализа графов и сетей»</b> |  |  |
| <b>5</b>  | Тема 2.1 Нахождения экстремальных путей в сети: алгоритм Дейкстры и его прикладные аспекты.                          | Изучаемые вопросы:<br>1. Нахождения экстремальных путей в сети: алгоритм Дейкстры и его прикладные аспекты.<br>2. Нахождение экстремальных путей в сети с отрицательными весами: Алгоритм Беллмана - Мура.<br>Вопросы для самостоятельного изучения:<br>Компьютерные технологии реализации алгоритма Дейкстры. |
| <b>6</b>  | Тема 2.2 Построение остовного дерева графа (сети): алгоритмы Краскала и Прима. Задача об остове экстремального веса. | Изучаемые вопросы:<br>1. Построение остовного дерева графа (сети): алгоритмы Краскала и Прима.<br>2. Задача об остове экстремального веса.<br>Вопросы для самостоятельного изучения:<br>Компьютерные технологии реализации алгоритма Краскала.   |
| <b>7</b>  | Тема 2.3 Потоки в сетях, задача о максимальном потоке и минимальном разрезе. Теорема Форда - Фалкерсона.             | Изучаемые вопросы:<br>1. Потоки в сетях, задача о максимальном потоке и минимальном разрезе.<br>2. Теорема Форда - Фалкерсона.<br>Вопросы для самостоятельного изучения:<br>Компьютерные технологии реализации алгоритма Форда - Фалкерсона.   |
| <b>8</b>  | Тема 2.4 Элементы сетевого планирования: критические пути, работы, резервы.  | Изучаемые вопросы:<br>Элементы сетевого планирования: критические пути, работы, резервы.<br>Вопросы для самостоятельного изучения:<br>Элементы сетевого планирования: критические пути, работы, резервы.   |
| <b>Раздел №3 «Покрытия графов»</b>  |  |  |

| № п/п   | Наименование разделов и тем дисциплины  | Содержание темы  |
|---|---|--|
| 9   | Тема 3.1 Построение остовного дерева (леса): алгоритмы Краскала и Прима. Задача об экстремального веса. | Изучаемые вопросы:<br>1. Построение остовного дерева (леса): алгоритмы Краскала и Прима.<br>2. Задача об экстремального веса.<br>Вопросы для самостоятельного изучения:<br>Построение остовного дерева (леса): алгоритмы Краскала и Прима.<br>Задача об экстремального веса. |
| <b>Раздел №4 «Методы систематического обхода вершин графа»</b>                                    |   |  |
| 10  | Тема 4.1 Алгоритмы обхода и поиска в графе: поиск в глубину и в ширину.                                 | Изучаемые вопросы:<br>Алгоритмы обхода и поиска в графе: поиск в глубину и в ширину.<br>Вопросы для самостоятельного изучения:<br>Эйлеровы циклы в графах.   |
| 11  | Тема 4.2 Поиск расстояния между всеми парами вершин. Алгоритм Уоршалла - Флойда.                        | Изучаемые вопросы:<br>Поиск расстояния между всеми парами вершин. Алгоритм Уоршалла - Флойда.<br>Вопросы для самостоятельного изучения:<br>Поиск расстояния между всеми парами вершин. Алгоритм Уоршалла - Флойда.   |
| <b>Раздел №5 «Графы и задачи линейного программирования и компьютерные технологии их решения»</b> |   |  |
| 12  | Тема 5.1 Графы и задачи линейного программирования и компьютерные технологии их решения.                | Изучаемые вопросы:<br>Графы и задачи линейного программирования и компьютерные технологии их решения.<br>Вопросы для самостоятельного изучения:<br>Поиск расстояния между всеми парами вершин. Алгоритм Уоршалла - Флойда.   |

**Перечень разделов (модулей), тем дисциплины и распределение учебного времени по разделам/темам дисциплины, видам учебных занятий (в т.ч. контактной работы), видам текущего контроля очная форма обучения**

| Разделы / Темы   | Контактная работа        |                           |             | Часы СР на подготовку кур. р. | Иная СР  | Контроль  | Всего часов |           |
|--|--------------------------|---------------------------|-------------|-------------------------------|----------|-----------|-------------|-----------|
|  | Занятия лекционного типа | Занятия семинарского типа |             |                               |          |           |             |           |
|  |                          | Лаб. р                    | Прак. /сем. |                               |          |           |             |           |
| <b>3 семестр</b>   |                          |                           |             |                               |          |           |             |           |
| <b>РАЗДЕЛ 1. «Введение в теорию графов и систем»</b>   | <b>8</b>                 | <b>-</b>                  | <b>8</b>    | <b>-</b>                      | <b>-</b> | <b>20</b> | <b>-</b>    | <b>36</b> |
| Тема 1.1 Определение графов, основные понятия теории графов. Виды графов.                    | 2                        | -                         | 2           | -                             | -        | 5         | -           | 9         |
| Тема 1.2 Матрицы смежности инцидентности графа. Числовые характеристики графов.              | 2                        | -                         | 2           | -                             | -        | 5         | -           | 9         |
| Тема 1.3 Маршруты, циклы, связность. Свойства связных графов, Эйлеровы и гамильтоновы графы. | 2                        | -                         | 2           | -                             | -        | 5         | -           | 9         |



| Разделы / Темы     | Контактная работа        |                           |             | Контактная работа по кур.р | Часы СР на подготовку кур. р. | Иная СР | Контроль | Всего часов |
|--------------------|--------------------------|---------------------------|-------------|----------------------------|-------------------------------|---------|----------|-------------|
|                    | Занятия лекционного типа | Занятия семинарского типа |             |                            |                               |         |          |             |
|                    |                          | Лаб. р                    | Прак. /сем. |                            |                               |         |          |             |
| Итого за 3 семестр | 24                       | -                         | 32          | -                          | -                             | 50      | 2        | 108         |

### ЗАНЯТИЯ ПРАКТИЧЕСКОГО ТИПА для очной формы обучения

#### *Практические занятия*

Общие рекомендации по подготовке к практическим занятиям. При подготовке к работе во время проведения занятий практического типа следует обратить внимание на следующие моменты: на процесс предварительной подготовки, на работу во время занятия, обработку полученных результатов, исправление полученных замечаний. Предварительная подготовка к учебному занятию практического типа заключается в изучении теоретического материала в отведенное для самостоятельной работы время, ознакомление с инструктивными материалами с целью осознания задач занятия. Работа во время проведения занятия практического типа включает несколько моментов: а) консультирование обучающихся преподавателями с целью предоставления исчерпывающей информации, необходимой для самостоятельного выполнения предложенных преподавателем задач, б) самостоятельное выполнение заданий согласно обозначенной учебной программой тематики.

#### 3 семестр

Раздел №1 «Введение в теорию графов и систем»

**Практическое занятие 1.** Определение графов, основные понятия теории графов. Виды графов. (2 ч).

Литература:

Основная

1. Годунова, Е. К. Введение в теорию графов. Индивидуальные задания / Е. К. Годунова. — Москва : Прометей, 2012. — 44 с. — ISBN 978-5-4263-0104-7. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprsmarthop.ru/23979.html>

Дополнительная

1. Полякова, О. Р. Элементы теории графов и комбинаторики : учебное пособие / О. Р. Полякова. — Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2017. — 84 с. — ISBN 978-5-9227-0750-3. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprsmarthop.ru/74358.html>

**Практическое занятие 2.** Способы задания графов. Матрицы смежности и инцидентности графа. Матрица Кирхгофа. Числовые характеристики графа. (2 ч).

Литература:

Основная

1. Годунова, Е. К. Введение в теорию графов. Индивидуальные задания / Е. К. Годунова. — Москва : Прометей, 2012. — 44 с. — ISBN 978-5-4263-0104-7. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprsmarthop.ru/23979.html>

Дополнительная

1. Полякова, О. Р. Элементы теории графов и комбинаторики : учебное пособие / О. Р. Полякова. — Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2017. — 84 с. — ISBN 978-5-9227-0750-3. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprsmarthop.ru/74358.html>

**Практическое занятие 3.** Маршруты, циклы, связность. Свойства связных графов. (2 ч).

Литература:

Основная

1. Годунова, Е. К. Введение в теорию графов. Индивидуальные задания / Е. К. Годунова. — Москва : Прометей, 2012. — 44 с. — ISBN 978-5-4263-0104-7. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprsmarthop.ru/23979.html>

Дополнительная

1. Полякова, О. Р. Элементы теории графов и комбинаторики : учебное пособие / О. Р. Полякова. — Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2017. — 84 с. — ISBN 978-5-9227-0750-3. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprsmarthop.ru/74358.html>

**Практическое занятие 4.** Эйлеровы и гамильтоновы графы. Ориентированные графы и деревья. Сети. (2 ч).

Литература:

Основная

1. Годунова, Е. К. Введение в теорию графов. Индивидуальные задания / Е. К. Годунова. — Москва : Прометей, 2012. — 44 с. — ISBN 978-5-4263-0104-7. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprsmarthop.ru/23979.html>

Дополнительная

1. Полякова, О. Р. Элементы теории графов и комбинаторики : учебное пособие / О. Р. Полякова. — Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2017. — 84 с. — ISBN 978-5-9227-0750-3. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprsmarthop.ru/74358.html>

**Раздел №2** «Прикладные задачи и алгоритмы анализа графов и сетей, задачи оптимизации на графах и сетях. ИТ-технологии анализа графов и сетей»

**Практическое занятие 5.** Нахождение экстремальных путей в сети: Алгоритмы Дейкстры и его прикладные аспекты. (2 ч).

Литература

Основная

1. Бурков, В. Н. Теория графов в управлении организационными системами : учебное пособие / В. Н. Бурков, А. Ю. Заложнев, Д. А. Новиков. — Москва : СИНТЕГ, 2001. — 124 с. — ISBN 5-89638-55-0. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprsmarthop.ru/8532.html>

Дополнительная

1. Полякова, О. Р. Элементы теории графов и комбинаторики : учебное пособие / О. Р. Полякова. — Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2017. — 84 с. — ISBN 978-5-9227-0750-3. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprsmarthop.ru/74358.html>

**Практическое занятие 6.** Компьютерные технологии реализации алгоритма Дейкстры. (2 ч).

Литература

Основная

1. Бурков, В. Н. Теория графов в управлении организационными системами : учебное пособие / В. Н. Бурков, А. Ю. Заложнев, Д. А. Новиков. — Москва : СИНТЕГ, 2001. — 124 с. — ISBN 5-89638-55-0. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprsmarthop.ru/8532.html>

Дополнительная

1. Полякова, О. Р. Элементы теории графов и комбинаторики : учебное пособие / О. Р. Полякова. — Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2017. — 84 с. — ISBN 978-5-9227-0750-3. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprsmarthop.ru/74358.html>

**Практическое занятие 7.** Нахождение экстремальных путей в сети с отрицательными весами: Алгоритм Беллмана-Мура. (2 ч).

Литература

Основная

1. Бурков, В. Н. Теория графов в управлении организационными системами : учебное пособие / В. Н. Бурков, А. Ю. Заложнев, Д. А. Новиков. — Москва : СИНТЕГ, 2001. — 124 с. — ISBN 5-89638-55-0. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprsmarthop.ru/8532.html>

Дополнительная

1. Полякова, О. Р. Элементы теории графов и комбинаторики : учебное пособие / О. Р. Полякова. — Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2017. — 84 с. — ISBN 978-5-9227-0750-3. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprsmarthop.ru/74358.html>

**Практическое занятие 8.** Потоки в сетях, задача о максимальном потоке и минимальном резерве. (2 ч).

Литература

Основная

1. Бурков, В. Н. Теория графов в управлении организационными системами : учебное пособие / В. Н. Бурков, А. Ю. Заложнев, Д. А. Новиков. — Москва : СИНТЕГ, 2001. — 124 с. — ISBN 5-89638-55-0. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprsmarthop.ru/8532.html>

Дополнительная

1. Полякова, О. Р. Элементы теории графов и комбинаторики : учебное пособие / О. Р. Полякова. — Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2017. — 84 с. — ISBN 978-5-9227-0750-3. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprsmarthop.ru/74358.html>

**Практическое занятие 9.** Теорема Форда - Фалкерсона. (2 ч).

Литература

Основная

1. Бурков, В. Н. Теория графов в управлении организационными системами : учебное пособие / В. Н. Бурков, А. Ю. Заложнев, Д. А. Новиков. — Москва : СИНТЕГ, 2001. — 124 с. — ISBN 5-89638-55-0. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprsmarthop.ru/8532.html>

Дополнительная

1. Полякова, О. Р. Элементы теории графов и комбинаторики : учебное пособие / О. Р. Полякова. — Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2017. — 84 с. — ISBN 978-5-9227-0750-3. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprsmarthop.ru/74358.html>

**Практическое занятие 10.** Компьютерные технологии реализации алгоритма Форда - Фалкерсона. (2 ч).

Литература

Основная

1. Бурков, В. Н. Теория графов в управлении организационными системами : учебное пособие / В. Н. Бурков, А. Ю. Заложнев, Д. А. Новиков. — Москва : СИНТЕГ, 2001. — 124 с. — ISBN 5-89638-55-0. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprsmarthop.ru/8532.html>

Дополнительная

1. Полякова, О. Р. Элементы теории графов и комбинаторики : учебное пособие / О. Р. Полякова. — Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2017. — 84 с. — ISBN 978-5-9227-0750-3. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprsmarthop.ru/74358.html>

**Практическое занятие 11.** Элементы сетевого планирования: критические пути, работы, резервы. (2 ч).

Литература

Основная

1. Бурков, В. Н. Теория графов в управлении организационными системами : учебное пособие / В. Н. Бурков, А. Ю. Заложнев, Д. А. Новиков. — Москва : СИНТЕГ, 2001. — 124 с. — ISBN 5-89638-55-0. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprsmarthop.ru/8532.html>

Дополнительная

1. Полякова, О. Р. Элементы теории графов и комбинаторики : учебное пособие / О. Р. Полякова. — Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2017. — 84 с. — ISBN 978-5-9227-0750-3. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprsmarthop.ru/74358.html>

**Раздел №3 «Покрывтия графов»**

**Практическое занятие 12.** Построение остовного дерева графа (сети): алгоритм Краскала и Прима. (2ч).

Литература

Основная

1. Бурков, В. Н. Теория графов в управлении организационными системами : учебное пособие / В. Н. Бурков, А. Ю. Заложнев, Д. А. Новиков. — Москва : СИНТЕГ, 2001. — 124 с. — ISBN 5-89638-55-0. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprsmarthop.ru/8532.html>

Дополнительная

1. Князьков, В. С. Введение в теорию графов : учебное пособие / В. С. Князьков, Т. В. Волченская. — 3-е изд. — Москва : Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), Ай Пи Ар Медиа, 2021. — 76 с. — ISBN 978-5-4497-0917-2. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprsmarthop.ru/102006.html>

**Раздел №4 «Методы систематического обхода вершин графа»**

**Практическое занятие 13.** Алгоритмы обхода и поиск в графе: поиск в глубину и в ширину. (2ч).

Литература

Основная

1. Бурков, В. Н. Теория графов в управлении организационными системами : учебное пособие / В. Н. Бурков, А. Ю. Заложнев, Д. А. Новиков. — Москва : СИНТЕГ, 2001. — 124 с. — ISBN 5-89638-55-0. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprsmarthop.ru/8532.html>

Дополнительная

1. Князьков, В. С. Введение в теорию графов : учебное пособие / В. С. Князьков, Т. В. Волченская. — 3-е изд. — Москва : Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), Ай Пи Ар Медиа, 2021. — 76 с. — ISBN 978-5-4497-0917-2. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprsmarthop.ru/102006.html>

**Практическое занятие 14.** Эйлеровы циклы в графах. (2ч).

Литература

Основная

1. Бурков, В. Н. Теория графов в управлении организационными системами : учебное пособие / В. Н. Бурков, А. Ю. Заложнев, Д. А. Новиков. — Москва : СИНТЕГ, 2001. — 124 с. — ISBN 5-89638-55-0. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprsmarthop.ru/8532.html>

Дополнительная

1. Князьков, В. С. Введение в теорию графов : учебное пособие / В. С. Князьков, Т. В. Волченская. — 3-е изд. — Москва : Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), Ай Пи Ар Медиа, 2021. — 76 с. — ISBN 978-5-4497-0917-2. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprsmarthop.ru/102006.html>

**Практическое занятие 15.** Поиск расстояния между всеми парами вершин. (2ч).

Литература

Основная

1. Бурков, В. Н. Теория графов в управлении организационными системами : учебное пособие / В. Н. Бурков, А. Ю. Заложнев, Д. А. Новиков. — Москва : СИНТЕГ, 2001. — 124 с. — ISBN 5-89638-55-0. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprsmarthop.ru/8532.html>

Дополнительная

1. Князьков, В. С. Введение в теорию графов : учебное пособие / В. С. Князьков, Т. В. Волченская. — 3-е изд. — Москва : Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), Ай Пи Ар Медиа, 2021. — 76 с. — ISBN 978-5-4497-0917-2. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprsmarthop.ru/102006.html>

**Практическое занятие 16.** Алгоритм Уоршалла - Флойда. (2ч).

Литература

Основная

1. Бурков, В. Н. Теория графов в управлении организационными системами : учебное пособие / В. Н. Бурков, А. Ю. Заложнев, Д. А. Новиков. — Москва : СИНТЕГ, 2001. — 124 с. — ISBN 5-89638-55-0. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprsmarthop.ru/8532.html>

Дополнительная

1. Князьков, В. С. Введение в теорию графов : учебное пособие / В. С. Князьков, Т. В. Волченская. — 3-е изд. — Москва : Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), Ай Пи Ар Медиа, 2021. — 76 с. — ISBN 978-5-4497-0917-2. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprsmarthop.ru/102006.html>

**РАЗДЕЛ 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

**Интерактивные образовательные технологии,  
используемые на аудиторных лабораторных занятиях**

## Очная форма обучения

| Наименование разделов, тем  | Используемые образовательные технологии                             | Часы |
|---|---|------|
| <b>Раздел №1 «Введение в теорию графов и систем»</b><br>Тема 1.1 Определение графов, основные понятия теории графов. Виды графов.<br>Тема 1.2 Матрицы смежности инцидентности графа. Числовые характеристики графов.<br>Тема 1.3 Маршруты, циклы, связность. Свойства связных графов, Эйлеровы и гамильтоновы графы.<br>Тема 1.4 Ориентированные графы и деревья. Сети.   | Обсуждение решений профессионально-ориентированных заданий и задач. | 4    |
| <b>Раздел №2 «Прикладные задачи и алгоритмы анализа графов и сетей, задачи оптимизации на графах и сетях. ИТ-технологии анализа графов и сетей»</b><br>Тема 2.1 Нахождения экстремальных путей в сети: алгоритм Дейкстры и его прикладные аспекты.<br>Тема 2.2 Построение остовного дерева графа (сети): алгоритмы Краскала и Прима. Задача об остове экстремального веса.<br>Тема 2.3 Потоки в сетях, задача о максимальном потоке и минимальном разрезе. Теорема Форда - Фалкерсона.<br>Тема 2.4 Элементы сетевого планирования: критические пути, работы, резервы. | Обсуждение решений профессионально-ориентированных заданий и задач. | 4    |
| <b>Раздел №3 «Покрытия графов»</b><br>Тема 3.1 Построение остовного дерева (леса): алгоритмы Краскала и Прима. Задача об экстремального веса.   | Обсуждение решений профессионально-ориентированных заданий и задач. | 2    |
| <b>Раздел №4 «Методы систематического обхода вершин графа»</b><br>Тема 4.1 Алгоритмы обхода и поиска в графе: поиск в глубину и в ширину.<br>Тема 4.2 Поиск расстояния между всеми парами вершин. Алгоритм Уоршалла - Флойда.   | Обсуждение решений профессионально-ориентированных заданий и задач. | 2    |
| <b>Раздел №5 «Графы и задачи линейного программирования и компьютерные технологии их решения»</b><br>Тема 5.1 Графы и задачи линейного программирования и компьютерные технологии их решения.   | Обсуждение решений профессионально-ориентированных заданий и задач. | 2    |

### РАЗДЕЛ 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

#### Самостоятельная работа

| Наименование разделов/тем   | Вопросы, выносимые на самостоятельное изучение   |
|---|--|
| <b>Раздел №1 «Введение в теорию графов и систем»</b><br>Тема 1.1 Определение графов, основные понятия теории графов. Виды графов.<br>Тема 1.2 Матрицы смежности инцидентности графа. Числовые характеристики графов.<br>Тема 1.3 Маршруты, циклы, связность. Свойства связных графов, Эйлеровы и гамильтоновы графы.<br>Тема 1.4 Ориентированные графы и деревья. Сети. | Способы задания графов.<br>Матрица Кирхгофа.<br>Маршруты, циклы, связность.<br>Эйлеровы и гамильтоновы графы.<br>Сети.   |
| <b>Раздел №2 «Прикладные задачи и алгоритмы анализа графов и сетей, задачи оптимизации на графах и сетях. ИТ-технологии анализа графов и сетей»</b><br>Тема 2.1 Нахождения экстремальных путей в сети: алгоритм Дейкстры и его прикладные аспекты.<br>Тема 2.2 Построение остовного дерева графа (сети): ал-  | Компьютерные технологии реализации алгоритма Дейкстры.<br>Компьютерные технологии реализации алгоритма Краскала.<br>Компьютерные технологии реализации алгоритма Форда - Фалкерсона. |

| Наименование разделов/тем  | Вопросы, выносимые на самостоятельное изучение  |
|--|---|
| горитмы Краскала и Прима. Задача об остове экстремального веса.<br>Тема 2.3 Потоки в сетях, задача о максимальном потоке и минимальном разрезе. Теорема Форда - Фалкерсона.<br>Тема 2.4 Элементы сетевого планирования: критические пути, работы, резервы. | Элементы сетевого планирования: критические пути, работы, резервы.                                  |
| <b>Раздел №3 «Покрытия графов»</b><br>Тема 3.1 Построение остовного дерева (леса): алгоритмы Краскала и Прима. Задача об экстремального веса.  | Построение остовного дерева (леса): алгоритмы Краскала и Прима. Задача об экстремального веса.      |
| <b>Раздел №4 «Методы систематического обхода вершин графа»</b><br>Тема 4.1 Алгоритмы обхода и поиска в графе: поиск в глубину и в ширину.<br>Тема 4.2 Поиск расстояния между всеми парами вершин. Алгоритм Уоршалла - Флойда.                              | Эйлеровы циклы в графах.<br>Поиск расстояния между всеми парами вершин. Алгоритм Уоршалла - Флойда. |
| <b>Раздел №5 «Графы и задачи линейного программирования и компьютерные технологии их решения»</b><br>Тема 5.1 Графы и задачи линейного программирования и компьютерные технологии их решения.  | Поиск расстояния между всеми парами вершин. Алгоритм Уоршалла - Флойда.                             |

### 6.1. Примерные задания для самостоятельной работы

1. Дан набор городов, между некоторыми осуществляются авиарейсы с известной стоимостью билета. Для двух данных городов найти такой маршрут, чтобы суммарная стоимость перелетов была минимальной.

2. Дан набор населенных пунктов, связанных дорогами. Построить такую сеть, чтобы все города были связаны, но суммарная длина сети была минимальной.

## РАЗДЕЛ 7. ОЦЕНОЧНЫЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЕ (ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ) ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

### 7.1. Форма промежуточной аттестации обучающегося по учебной дисциплине.

Контрольным мероприятием промежуточной аттестации обучающихся по учебной дисциплине «Алгоритм анализа графов» в 3 семестре является зачёт, который проводится в письменной форме.

Таблица 7.1

### ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ В СООТНОШЕНИИ С ОЦЕНОЧНЫМИ СРЕДСТВАМИ

| Планируемые результаты, характеризующие этапы формирования компетенции  | Содержание учебного материала  | Примеры контрольных вопросов и заданий для оценки знаний, умений, владений   | Методы/ средства контроля   |
|---|--|--|---|
| УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач |  |  |   |
| ИУК-1.1 Знать методы поиска информации для решения поставленной задачи  | Раздел 1. «Введение в теорию графов и систем»<br>Тема 1.1 Определение графов, основные понятия теории графов. Виды графов.<br>Тема 1.2 Матрицы смежности инцидентности графа. Числовые характеристики графов.<br>Тема 1.3 Маршруты, циклы, связность. Свойства связных | 1. История возникновения и развития теории графов: задача о кенигсбергских мостах, головоломка Гамильтона, задача о раскраски карт. Работы Кэли и Кирхгофа.<br>2. Основные понятия и определения теории графов: понятие графа, вершины, ребра, дуги, ориентированные и неориентированные графы, простой граф, петли, кратные | Устный контроль/ опрос на семинарских занятиях, зачете, экзамене; анализ докладов на семинарских занятиях; анализ защиты рефератов; анализ защиты проектов; применение теоретических знаний при анализе |

|   |   |   |   |
|---|---|---|---|
|   | <p>графов, Эйлеровы и гамильтоновы графы.</p> <p>Тема 1.4 Ориентированные графы и деревья. Сети.</p> <p>Раздел №2 «Прикладные задачи и алгоритмы анализа графов и сетей, задачи оптимизации на графах и сетях. ИТ-технологии анализа графов и сетей»</p> <p>Тема 2.1 Нахождения экстремальных путей в сети: алгоритм Дейкстры и его прикладные аспекты.</p> <p>Тема 2.2 Построение остовного дерева графа (сети): алгоритмы Краскала и Прима. Задача об остове экстремального веса.</p> <p>Тема 2.3 Потоки в сетях, задача о максимальном потоке и минимальном разрезе. Теорема Форда - Фалкерсона.</p> <p>Тема 2.4 Элементы сетевого планирования: критические пути, работы, резервы.</p> <p>Раздел №3 «Покрытия графов»</p> <p>Тема 3.1 Построение остовного дерева (леса): алгоритмы Краскала и Прима. Задача об экстремального веса.</p> <p>Раздел №4 «Методы систематического обхода вершин графа»</p> <p>Тема 4.1 Алгоритмы обхода и поиска в графе: поиск в глубину и в ширину.</p> <p>Тема 4.2 Поиск расстояния между всеми парами вершин. Алгоритм Уоршалла - Флойда.</p> <p>Раздел №5 «Методы систематического обхода вершин графа»</p> <p>Тема 5.1 Графы и задачи линейного программирования и компьютерные технологии их решения.</p> | <p>ребра, виды графов, подграфы и дополнения, операции над графами. Примеры.</p> <p>3. Понятие графа. Способы задания графов. Примеры.</p> <p>4. Цепи, пути, циклы. Связность, компоненты связности. Примеры.</p> <p>5. Обход в глубину: рекурсивная и нерекурсивная реализация. Пример.</p> <p>6. Обход в ширину, реализация, пример.</p> <p>7. Понятие дерева, теорема о характеристике деревьев. Примеры.</p> <p>8. Покрывающее дерево, алгоритм построения. Примеры.</p> <p>9. Планарные графы, плоские графы. Планарность деревьев.</p> <p>10. Формула Эйлера, следствия. Критерий Понтрягина-Куратовского.</p> <p>11. Понятие эйлерового пути, эйлерового цикла, эйлерового графа. Необходимые и достаточные условия существования. Примеры.</p> <p>12. Понятие гамильтонова пути, гамильтонова цикла, гамильтонова графа. Достаточное условие гамильтоновости графа. Примеры.</p> <p>13. Постановка задачи поиска кратчайших путей. Алгоритм Форда-Беллмана. Примеры.</p> <p>14. Постановка задачи поиска кратчайших путей. Алгоритм Дейкстры. Примеры.</p> <p>15. Кратчайшие пути между всеми парами вершин. Алгоритм Флойда. Пример.</p> <p>16. Понятие сети. Задача о построении максимального потока. Алгоритм Форда-Фалкерсона. Пример.</p> <p>17. Применение графов для задач программирования, графы как модели программ, процессов, информационных структур.</p> <p>18. СМО с очередью</p> | <p>(разборе) конкретных практико-ориентированных ситуаций и профессионально-прикладных задач, анализ использования теоретических знаний в процессе решения кейсов, в ходе деловых игр; письменный контроль, анализ содержания эссе; тестирование (выполнение тестовых заданий)</p>        |
| <p>ИУК-1.2 Уметь проводить критический анализ и синтез информации</p> | <p>Раздел 1. «Введение в теорию графов и систем»</p> <p>Тема 1.1 Определение графов, основные понятия теории графов. Виды графов.</p> <p>Тема 1.2 Матрицы смежности инцидентности графа. Числовые характеристики графов.</p> <p>Тема 1.3 Маршруты, циклы, связность. Свойства связанных графов, Эйлеровы и гамильтоновы графы.</p> <p>Тема 1.4 Ориентированные графы и деревья. Сети.</p> <p>Раздел №2 «Прикладные задачи и алгоритмы анализа графов и сетей, задачи оптимизации на гра-</p>  | <p>1. История возникновения и развития теории графов: задача о кенигсбергских мостах, головоломка Гамильтона, задача о раскраске карт. Работы Кэли и Кирхгофа.</p> <p>2. Основные понятия и определения теории графов: понятие графа, вершины, ребра, дуги, ориентированные и неориентированные графы, простой граф, петли, кратные ребра, виды графов, подграфы и дополнения, операции над графами. Примеры.</p> <p>3. Понятие графа. Способы задания графов. Примеры.</p> <p>4. Цепи, пути, циклы. Связ-</p>  | <p>Анализ проявленных умений при решении кейсов, в ходе деловых игр; письменный контроль, анализ качества решений профессиональных задач в контрольных работах; анализ содержания профессионально-ориентированных эссе; тестирование (выполнение тестовых заданий); анализ защит про-</p> |

|  |  |  |   |
|--|--|--|---|
|  | <p>фах и сетях. ИТ-технологии анализа графов и сетей»<br/> Тема 2.1 Нахождения экстремальных путей в сети: алгоритм Дейкстры и его прикладные аспекты.<br/> Тема 2.2 Построение остовного дерева графа (сети): алгоритмы Краскала и Прима. Задача об остове экстремального веса.<br/> Тема 2.3 Потоки в сетях, задача о максимальном потоке и минимальном разрезе. Теорема Форда - Фалкерсона.<br/> Тема 2.4 Элементы сетевого планирования: критические пути, работы, резервы.<br/> Раздел №3 «Покрытия графов»<br/> Тема 3.1 Построение остовного дерева (леса): алгоритмы Краскала и Прима. Задача об экстремального веса.<br/> Раздел №4 «Методы систематического обхода вершин графа»<br/> Тема 4.1 Алгоритмы обхода и поиска в графе: поиск в глубину и в ширину.<br/> Тема 4.2 Поиск расстояния между всеми парами вершин. Алгоритм Уоршалла - Флойда.<br/> Раздел №5 «Методы систематического обхода вершин графа»<br/> Тема 5.1 Графы и задачи линейного программирования и компьютерные технологии их решения.</p> | <p>ность, компоненты связности. Примеры.<br/> 5. Обход в глубину: рекурсивная и нерекурсивная реализация. Пример.<br/> 6. Обход в ширину, реализация, пример.<br/> 7. Понятие дерева, теорема о характеристизации деревьев. Примеры.<br/> 8. Покрывающее дерево, алгоритм построения. Примеры.<br/> 9. Планарные графы, плоские графы. Планарность деревьев.<br/> 10. Формула Эйлера, следствия. Критерий Понтрягина-Куратовского.<br/> 11. Понятие эйлерового пути, эйлерового цикла, эйлерового графа. Не-обходимые и достаточные условия существования. Примеры.<br/> 12. Понятие гамильтонова пути, гамильтонового цикла. Достаточное условие гамильтоновости графа. Примеры.<br/> 13. Постановка задачи поиска кратчайших путей. Алгоритм Форда-Беллмана. Примеры.<br/> 14. Постановка задачи поиска кратчайших путей. Алгоритм Дейкстры. Примеры.<br/> 15. Кратчайшие пути между всеми парами вершин. Алгоритм Флойда. Пример.<br/> 16. Понятие сети. Задача о построении максимального потока. Алгоритм Форда-Фолкерсона. Пример.<br/> 17. Применение графов для задач программирования, графы как модели программ, процессов, информационных структур.<br/> 18. СМО с очередью</p> | <p>фессионально-ориентированных проектов; опрос на семинарских занятиях, зачете, анализ докладов на семинарских занятиях; анализ защиты рефератов; анализ решения конкретных практико-ориентированных ситуаций и профессионально-прикладных задач, анализ выполнения контрольных работ</p>  |
| <p>ИУК-1.3 Владеть системным подходом для решения поставленных задач</p> | <p>Раздел 1. «Введение в теорию графов и систем»<br/> Тема 1.1 Определение графов, основные понятия теории графов. Виды графов.<br/> Тема 1.2 Матрицы смежности инцидентности графа. Числовые характеристики графов.<br/> Тема 1.3 Маршруты, циклы, связность. Свойства связных графов, Эйлеровы и гамильтоновы графы.<br/> Тема 1.4 Ориентированные графы и деревья. Сети.<br/> Раздел №2 «Прикладные задачи и алгоритмы анализа графов и сетей, задачи оптимизации на графах и сетях. ИТ-технологии анализа графов и сетей»<br/> Тема 2.1 Нахождения экстремальных путей в сети: алгоритм Дейкстры и его прикладные ас-</p>  | <p>1. История возникновения и развития теории графов: задача о кенигсбергских мостах, головоломка Гамильтона, задача о раскраски карт. Работы Кэли и Кирхгофа.<br/> 2. Основные понятия и определения теории графов: понятие графа, вершины, ребра, дуги, ориентированные и неориентированные графы, простой граф, петли, кратные ребра, виды графов, подграфы и дополнения, операции над графами. Примеры.<br/> 3. Понятие графа. Способы задания графов. Примеры.<br/> 4. Цепи, пути, циклы. Связность, компоненты связности. Примеры.<br/> 5. Обход в глубину: рекурсивная и нерекурсивная реализация. Пример.<br/> 6. Обход в ширину, реализа-</p>   | <p>Анализ проявленных навыков при решении кейсов, в ходе деловых игр; письменный контроль, анализ качества решений профессиональных задач в контрольных работах; анализ содержания профессионально-ориентированных эссе; тестирование (выполнение тестовых заданий); анализ защит профессионально-ориентированных проектов; опрос на семинарских занятиях, зачете, экзамене; анализ докладов на</p> |

|  |   |  |   |
|--|---|--|---|
|  | <p>пекты.</p> <p>Тема 2.2 Построение остовного дерева графа (сети): алгоритмы Краскала и Прима. Задача об остове экстремального веса.</p> <p>Тема 2.3 Потоки в сетях, задача о максимальном потоке и минимальном разрезе. Теорема Форда - Фалкерсона.</p> <p>Тема 2.4 Элементы сетевого планирования: критические пути, работы, резервы.</p> <p>Раздел №3 «Покрытия графов»</p> <p>Тема 3.1 Построение остовного дерева (леса): алгоритмы Краскала и Прима. Задача об экстремального веса.</p> <p>Раздел №4 «Методы систематического обхода вершин графа»</p> <p>Тема 4.1 Алгоритмы обхода и поиска в графе: поиск в глубину и в ширину.</p> <p>Тема 4.2 Поиск расстояния между всеми парами вершин. Алгоритм Уоршалла - Флойда.</p> <p>Раздел №5 «Методы систематического обхода вершин графа»</p> <p>Тема 5.1 Графы и задачи линейного программирования и компьютерные технологии их решения.</p> | <p>ция, пример.</p> <p>7. Понятие дерева, теорема о характеристизации деревьев. Примеры.</p> <p>8. Покрывающее дерево, алгоритм построения. Примеры.</p> <p>9. Планарные графы, плоские графы. Планарность деревьев.</p> <p>10. Формула Эйлера, следствия. Критерий Понтрягина-Куратовского.</p> <p>11. Понятие эйлерового пути, эйлерового цикла, эйлерового графа. Не-обходимые и достаточные условия существования. Примеры.</p> <p>12. Понятие гамильтонова пути, гамильтонова цикла, гамильтонова графа. Достаточное условие гамильтоновости графа. Примеры.</p> <p>13. Постановка задачи поиска кратчайших путей. Алгоритм Форда-Беллмана. Примеры.</p> <p>14. Постановка задачи поиска кратчайших путей. Алгоритм Дейкстры. Примеры.</p> <p>15. Кратчайшие пути между всеми парами вершин. Алгоритм Флойда. Пример.</p> <p>16. Понятие сети. Задача о построении максимального потока. Алгоритм Форда-Фалкерсона. Пример.</p> <p>17. Применение графов для задач программирования, графы как модели программ, процессов, информационных структур.</p> <p>18. СМО с очередью</p> | <p>семинарских занятиях; анализ защиты рефератов; анализ решения конкретных практико-ориентированных ситуаций и профессионально-прикладных задач, анализ выполнения контрольных работ</p>   |
| ПК-1 Способность проектировать прикладное программное обеспечение  |   |  |   |
| <p>ИПК-1.1 Знать принципы построения архитектуры программного обеспечения и виды архитектуры программного обеспечения; типовые решения, библиотеки программных модулей, шаблоны, классы объектов, используемые при разработке программного обеспечения; методы и средства проектирования программного обеспечения; методы и средства проектирования баз данных; методы и средства проектирования программных интерфейсов</p> | <p>Раздел 1. «Введение в теорию графов и систем»</p> <p>Тема 1.1 Определение графов, основные понятия теории графов. Виды графов.</p> <p>Тема 1.2 Матрицы смежности инцидентности графа. Числовые характеристики графов.</p> <p>Тема 1.3 Маршруты, циклы, связность. Свойства связных графов, Эйлеровы и гамильтоновы графы.</p> <p>Тема 1.4 Ориентированные графы и деревья. Сети.</p> <p>Раздел №2 «Прикладные задачи и алгоритмы анализа графов и сетей, задачи оптимизации на графах и сетях. ИТ-технологии анализа графов и сетей»</p> <p>Тема 2.1 Нахождения экстремальных путей в сети: алгоритм Дейкстры и его прикладные аспекты.</p> <p>Тема 2.2 Построение остовного дерева графа (сети): алгоритмы Краскала и Прима. Задача об</p>  | <p>1. История возникновения и развития теории графов: задача о кенигсбергских мостах, головоломка Гамильтона, задача о раскраски карт. Работы Кэли и Кирхгофа.</p> <p>2. Основные понятия и определения теории графов: понятие графа, вершины, ребра, дуги, ориентированные и неориентированные графы, простой граф, петли, кратные ребра, виды графов, подграфы и дополнения, операции над графами. Примеры.</p> <p>3. Понятие графа. Способы задания графов. Примеры.</p> <p>4. Цепи, пути, циклы. Связность, компоненты связности. Примеры.</p> <p>5. Обход в глубину: рекурсивная и не рекурсивная реализация. Пример.</p> <p>6. Обход в ширину, реализация, пример.</p> <p>7. Понятие дерева, теорема о характеристизации деревьев. Примеры.</p> <p>8. Покрывающее дерево, ал-</p>  | <p>Устный контроль/ опрос на семинарских занятиях, зачете, экзамене; анализ докладов на семинарских занятиях; анализ защиты рефератов; анализ защиты проектов; применение теоретических знаний при анализе (разборе) конкретных практико-ориентированных ситуаций и профессионально-прикладных задач, анализ использования теоретических знаний в процессе решения кейсов, в ходе деловых игр; письменный контроль, анализ содержания эссе; тестирование (выполнение тестовых</p> |

|  |   |   |   |
|--|---|---|---|
|  | <p>остове экстремального веса.</p> <p>Тема 2.3 Потоки в сетях, задача о максимальном потоке и минимальном разрезе. Теорема Форда - Фалкерсона.</p> <p>Тема 2.4 Элементы сетевого планирования: критические пути, работы, резервы.</p> <p>Раздел №3 «Покрытия графов»</p> <p>Тема 3.1 Построение остовного дерева (леса): алгоритмы Краскала и Прима. Задача об экстремального веса.</p> <p>Раздел №4 «Методы систематического обхода вершин графа»</p> <p>Тема 4.1 Алгоритмы обхода и поиска в графе: поиск в глубину и в ширину.</p> <p>Тема 4.2 Поиск расстояния между всеми парами вершин. Алгоритм Уоршалла - Флойда.</p> <p>Раздел №5 «Методы систематического обхода вершин графа»</p> <p>Тема 5.1 Графы и задачи линейного программирования и компьютерные технологии их решения.</p>  | <p>горитм построения. Примеры.</p> <p>9. Планарные графы, плоские графы. Планарность деревьев.</p> <p>10. Формула Эйлера, следствия. Критерий Понтрягина-Куратовского.</p> <p>11. Понятие эйлерового пути, эйлерового цикла, эйлерового графа. Необходимые и достаточные условия существования. Примеры.</p> <p>12. Понятие гамильтонова пути, гамильтонового цикла, гамильтонового графа. Достаточное условие гамильтоновости графа. Примеры.</p> <p>13. Постановка задачи поиска кратчайших путей. Алгоритм Форда-Беллмана. Примеры.</p> <p>14. Постановка задачи поиска кратчайших путей. Алгоритм Дейкстры. Примеры.</p> <p>15. Кратчайшие пути между всеми парами вершин. Алгоритм Флойда. Пример.</p> <p>16. Понятие сети. Задача о построении максимального потока. Алгоритм Форда-Фалкерсона. Пример.</p> <p>17. Применение графов для задач программирования, графы как модели программ, процессов, информационных структур.</p> <p>18. СМО с очередью</p> | <p>заданий)</p>   |
| <p>ИПК-1.2 Уметь использовать существующие типовые решения и шаблоны проектирования программного обеспечения; применять методы и средства проектирования программного обеспечения, структур данных, баз данных, программных интерфейсов; осуществлять коммуникации с заинтересованными сторонами</p> | <p>Раздел 1. «Введение в теорию графов и систем»</p> <p>Тема 1.1 Определение графов, основные понятия теории графов. Виды графов.</p> <p>Тема 1.2 Матрицы смежности инцидентности графа. Числовые характеристики графов.</p> <p>Тема 1.3 Маршруты, циклы, связность. Свойства связных графов, Эйлеровы и гамильтоновы графы.</p> <p>Тема 1.4 Ориентированные графы и деревья. Сети.</p> <p>Раздел №2 «Прикладные задачи и алгоритмы анализа графов и сетей, задачи оптимизации на графах и сетях. ИТ-технологии анализа графов и сетей»</p> <p>Тема 2.1 Нахождения экстремальных путей в сети: алгоритм Дейкстры и его прикладные аспекты.</p> <p>Тема 2.2 Построение остовного дерева графа (сети): алгоритмы Краскала и Прима. Задача об остове экстремального веса.</p> <p>Тема 2.3 Потоки в сетях, задача о максимальном потоке и минимальном разрезе. Теорема Форда - Фалкерсона.</p> <p>Тема 2.4 Элементы сетевого пла-</p> | <p>1. История возникновения и развития теории графов: задача о кенигсбергских мостах, головоломка Гамильтона, задача о раскраски карт. Работы Кэли и Кирхгофа.</p> <p>2. Основные понятия и определения теории графов: понятие графа, вершины, ребра, дуги, ориентированные и неориентированные графы, простой граф, петли, кратные ребра, виды графов, подграфы и дополнения, операции над графами. Примеры.</p> <p>3. Понятие графа. Способы задания графов. Примеры.</p> <p>4. Цепи, пути, циклы. Связность, компоненты связности. Примеры.</p> <p>5. Обход в глубину: рекурсивная и нерекурсивная реализация. Пример.</p> <p>6. Обход в ширину, реализация, пример.</p> <p>7. Понятие дерева, теорема о характеристике деревьев. Примеры.</p> <p>8. Покрывающее дерево, алгоритм построения. Примеры.</p> <p>9. Планарные графы, плоские графы. Планарность деревьев.</p> <p>10. Формула Эйлера, следствия. Критерий Понтрягина-Куратовского.</p>               | <p>Анализ проявленных умений при решении кейсов, в ходе деловых игр; письменный контроль, анализ качества решений профессиональных задач в контрольных работах; анализ содержания профессионально-ориентированных эссе; тестирование (выполнение тестовых заданий); анализ защит профессионально-ориентированных проектов; опрос на семинарских занятиях, зачете, анализ докладов на семинарских занятиях; анализ защиты рефератов; анализ решения конкретных практико-ориентированных ситуаций и профессионально-прикладных задач, анализ выполнения</p> |

|  |   |   |   |
|--|---|---|---|
|  | <p>нирования: критические пути, работы, резервы.<br/> Раздел №3 «Покрытия графов»<br/> Тема 3.1 Построение остовного дерева (леса): алгоритмы Краскала и Прима. Задача об экстремального веса.<br/> Раздел №4 «Методы систематического обхода вершин графа»<br/> Тема 4.1 Алгоритмы обхода и поиска в графе: поиск в глубину и в ширину.<br/> Тема 4.2 Поиск расстояния между всеми парами вершин. Алгоритм Уоршалла - Флойда.<br/> Раздел №5 «Методы систематического обхода вершин графа»<br/> Тема 5.1 Графы и задачи линейного программирования и компьютерные технологии их решения.</p>   | <p>11. Понятие эйлерового пути, эйлерового цикла, эйлерового графа. Не-обходимые и достаточные условия существования. Примеры.<br/> 12. Понятие гамильтонова пути, гамильтонового цикла, гамильтонового графа. Достаточное условие гамильтоновости графа. Примеры.<br/> 13. Постановка задачи поиска кратчайших путей. Алгоритм Форда-Беллмана. Примеры.<br/> 14. Постановка задачи поиска кратчайших путей. Алгоритм Дейкстры. Примеры.<br/> 15. Кратчайшие пути между всеми парами вершин. Алгоритм Флойда. Пример.<br/> 16. Понятие сети. Задача о построении максимального потока. Алгоритм Форда-Фолкерсона. Пример.<br/> 17. Применение графов для задач программирования, графы как модели программ, процессов, информационных структур.<br/> 18. СМО с очередью</p>   | <p>контрольных работ</p>  |
| <p>ИПК-1.3 Владеть разработкой, изменением и согласованием архитектуры программного обеспечения с системным аналитиком и архитектором программного обеспечения; системой проектирования структур данных; системой проектирования баз данных; системой проектирования программных интерфейсов; оценкой и согласованием сроков выполнения поставленных задач</p> | <p>Раздел 1. «Введение в теорию графов и систем»<br/> Тема 1.1 Определение графов, основные понятия теории графов. Виды графов.<br/> Тема 1.2 Матрицы смежности инцидентности графа. Числовые характеристики графов.<br/> Тема 1.3 Маршруты, циклы, связность. Свойства связных графов, Эйлеровы и гамильтоновы графы.<br/> Тема 1.4 Ориентированные графы и деревья. Сети.<br/> Раздел №2 «Прикладные задачи и алгоритмы анализа графов и сетей, задачи оптимизации на графах и сетях. ИТ-технологии анализа графов и сетей»<br/> Тема 2.1 Нахождения экстремальных путей в сети: алгоритм Дейкстры и его прикладные аспекты.<br/> Тема 2.2 Построение остовного дерева графа (сети): алгоритмы Краскала и Прима. Задача об остове экстремального веса.<br/> Тема 2.3 Поток в сетях, задача о максимальном потоке и минимальном разрезе. Теорема Форда - Фалкерсона.<br/> Тема 2.4 Элементы сетевого планирования: критические пути, работы, резервы.<br/> Раздел №3 «Покрытия графов»<br/> Тема 3.1 Построение остовного дерева (леса): алгоритмы Крас-</p> | <p>1. История возникновения и развития теории графов: задача о кенигсбергских мостах, головоломка Гамильтона, задача о раскраски карт. Работы Кэли и Кирхгофа.<br/> 2. Основные понятия и определения теории графов: понятие графа, вершины, ребра, дуги, ориентированные и неориентированные графы, простой граф, петли, кратные ребра, виды графов, подграфы и дополнения, операции над графами. Примеры.<br/> 3. Понятие графа. Способы задания графов. Примеры.<br/> 4. Цепи, пути, циклы. Связность, компоненты связности. Примеры.<br/> 5. Обход в глубину: рекурсивная и не рекурсивная реализация. Пример.<br/> 6. Обход в ширину, реализация, пример.<br/> 7. Понятие дерева, теорема о характеристике деревьев. Примеры.<br/> 8. Покрывающее дерево, алгоритм построения. Примеры.<br/> 9. Планарные графы, плоские графы. Планарность деревьев.<br/> 10. Формула Эйлера, следствия. Критерий Понтрягина-Куратовского.<br/> 11. Понятие эйлерового пути, эйлерового цикла, эйлерового графа. Не-обходимые и достаточные условия существования. Примеры.<br/> 12. Понятие гамильтонова</p> | <p>Анализ проявленных навыков при решении кейсов, в ходе деловых игр; письменный контроль, анализ качества решений профессиональных задач в контрольных работах; анализ содержания профессионально-ориентированных эссе; тестирование (выполнение заданий); анализ защит профессионально-ориентированных проектов; опрос на семинарских занятиях, зачете, экзамене; анализ докладов на семинарских занятиях; анализ защиты рефератов; анализ решения конкретных практико-ориентированных ситуаций и профессионально-прикладных задач, анализ выполнения контрольных работ</p> |

|   |   |   |  |
|---|---|---|--|
|   | <p>кала и Прима. Задача об экстремального веса.</p> <p>Раздел №4 «Методы систематического обхода вершин графа»</p> <p>Тема 4.1 Алгоритмы обхода и поиска в графе: поиск в глубину и в ширину.</p> <p>Тема 4.2 Поиск расстояния между всеми парами вершин. Алгоритм Уоршалла - Флойда.</p> <p>Раздел №5 «Методы систематического обхода вершин графа»</p> <p>Тема 5.1 Графы и задачи линейного программирования и компьютерные технологии их решения.</p>  | <p>пути, гамильтонового цикла, гамильтонового графа. Достаточное условие гамильтоновости графа. Примеры.</p> <p>13. Постановка задачи поиска кратчайших путей. Алгоритм Форда-Беллмана. Примеры.</p> <p>14. Постановка задачи поиска кратчайших путей. Алгоритм Дейкстры. Примеры.</p> <p>15. Кратчайшие пути между всеми парами вершин. Алгоритм Флойда. Пример.</p> <p>16. Понятие сети. Задача о построении максимального потока. Алгоритм Форда-Фолкерсона. Пример.</p> <p>17. Применение графов для задач программирования, графы как модели программ, процессов, информационных структур.</p> <p>18. СМО с очередью</p>   |  |
| <p>ПК-2. Способность осуществлять инженерно-технологическую поддержку планирования управления требованиями по созданию (модификации) и сопровождению ИС</p>   |   |   |  |
| <p>ИПК-2.1. Знать инструменты и методы управления требованиями; предметной областью автоматизации; возможностями ИС; источниками информации, необходимой для профессиональной деятельности; современный отечественный и зарубежный опыт в профессиональной деятельности; инструменты и методы моделирования бизнес-процессов организации; основы реинжиниринга бизнес-процессов организации; управление содержанием проекта: документирование требований, систему анализа продукта, модерлируемых совещаний; управление качеством: контрольные списки, верификация, валидация (приемо-сдаточные испытания); управление коммуникациями в проекте: базовые навыки управления (в том числе проведение презентаций, проведение переговоров, публичные выступления); культуру речи; правила деловой переписки.</p> | <p>Раздел 1. «Введение в теорию графов и систем»</p> <p>Тема 1.1 Определение графов, основные понятия теории графов. Виды графов.</p> <p>Тема 1.2 Матрицы смежности инцидентности графа. Числовые характеристики графов.</p> <p>Тема 1.3 Маршруты, циклы, связность. Свойства связных графов, Эйлеровы и гамильтоновы графы.</p> <p>Тема 1.4 Ориентированные графы и деревья. Сети.</p> <p>Раздел №2 «Прикладные задачи и алгоритмы анализа графов и сетей, задачи оптимизации на графах и сетях. ИТ-технологии анализа графов и сетей»</p> <p>Тема 2.1 Нахождения экстремальных путей в сети: алгоритм Дейкстры и его прикладные аспекты.</p> <p>Тема 2.2 Построение остова графа (сети): алгоритмы Краскала и Прима. Задача об остове экстремального веса.</p> <p>Тема 2.3 Поток в сетях, задача о максимальном потоке и минимальном разрезе. Теорема Форда - Фалкерсона.</p> <p>Тема 2.4 Элементы сетевого планирования: критические пути, работы, резервы.</p> <p>Раздел №3 «Покрытия графов»</p> <p>Тема 3.1 Построение остова графа (леса): алгоритмы Краскала и Прима. Задача об экстремального веса.</p> <p>Раздел №4 «Методы систематического обхода вершин графа»</p> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. История возникновения и развития теории графов: задача о кенигсбергских мостах, головоломка Гамильтона, задача о раскраски карт. Работы Кэли и Кирхгофа.</li> <li>2. Основные понятия и определения теории графов: понятие графа, вершины, ребра, дуги, ориентированные и неориентированные графы, простой граф, петли, кратные ребра, виды графов, подграфы и дополнения, операции над графами. Примеры.</li> <li>3. Понятие графа. Способы задания графов. Примеры.</li> <li>4. Цепи, пути, циклы. Связность, компоненты связности. Примеры.</li> <li>5. Обход в глубину: рекурсивная и нерекурсивная реализация. Пример.</li> <li>6. Обход в ширину, реализация, пример.</li> <li>7. Понятие дерева, теорема о характеристике деревьев. Примеры.</li> <li>8. Покрывающее дерево, алгоритм построения. Примеры.</li> <li>9. Планарные графы, плоские графы. Планарность деревьев.</li> <li>10. Формула Эйлера, следствия. Критерий Понтрягина-Куратовского.</li> <li>11. Понятие эйлерова пути, эйлерова цикла, эйлерова графа. Не-обходимые и достаточные условия существования. Примеры.</li> <li>12. Понятие гамильтонова пути, гамильтонового цикла, гамильтонового графа. Достаточное условие гамильтоновости графа. Примеры.</li> </ol> | <p>Устный контроль/ опрос на семинарских занятиях, зачете, экзамене; анализ докладов на семинарских занятиях; анализ защиты рефератов; анализ защиты проектов; применение теоретических знаний при анализе (разборе) конкретных практико-ориентированных ситуаций и профессионально-прикладных задач, анализ использования теоретических знаний в процессе решения кейсов, в ходе деловых игр; письменный контроль, анализ содержания эссе; тестирование (выполнение тестовых заданий)</p> |

|   |   |   |   |
|---|---|---|---|
|   | <p>Тема 4.1 Алгоритмы обхода и поиска в графе: поиск в глубину и в ширину.</p> <p>Тема 4.2 Поиск расстояния между всеми парами вершин. Алгоритм Уоршалла - Флойда.</p> <p>Раздел №5 «Методы систематического обхода вершин графа»</p> <p>Тема 5.1 Графы и задачи линейного программирования и компьютерные технологии их решения.</p>   | <p>13. Постановка задачи поиска кратчайших путей. Алгоритм Форда-Беллмана. Примеры.</p> <p>14. Постановка задачи поиска кратчайших путей. Алгоритм Дейкстры. Примеры.</p> <p>15. Кратчайшие пути между всеми парами вершин. Алгоритм Флойда. Пример.</p> <p>16. Понятие сети. Задача о построении максимального потока. Алгоритм Форда-Фолкерсона. Пример.</p> <p>17. Применение графов для задач программирования, графы как модели программ, процессов, информационных структур.</p> <p>18. СМО с очередью</p>  |   |
| <p>ИПК-2.2. Умеет анализировать входные данные; планировать работы.</p> | <p>Раздел 1. «Введение в теорию графов и систем»</p> <p>Тема 1.1 Определение графов, основные понятия теории графов. Виды графов.</p> <p>Тема 1.2 Матрицы смежности инцидентности графа. Числовые характеристики графов.</p> <p>Тема 1.3 Маршруты, циклы, связность. Свойства связных графов, Эйлеровы и гамильтоновы графы.</p> <p>Тема 1.4 Ориентированные графы и деревья. Сети.</p> <p>Раздел №2 «Прикладные задачи и алгоритмы анализа графов и сетей, задачи оптимизации на графах и сетях. ИТ-технологии анализа графов и сетей»</p> <p>Тема 2.1 Нахождения экстремальных путей в сети: алгоритм Дейкстры и его прикладные аспекты.</p> <p>Тема 2.2 Построение остовного дерева графа (сети): алгоритмы Краскала и Прима. Задача об остове экстремального веса.</p> <p>Тема 2.3 Потоки в сетях, задача о максимальном потоке и минимальном разрезе. Теорема Форда - Фалкерсона.</p> <p>Тема 2.4 Элементы сетевого планирования: критические пути, работы, резервы.</p> <p>Раздел №3 «Покрытия графов»</p> <p>Тема 3.1 Построение остовного дерева (леса): алгоритмы Краскала и Прима. Задача об экстремального веса.</p> <p>Раздел №4 «Методы систематического обхода вершин графа»</p> <p>Тема 4.1 Алгоритмы обхода и поиска в графе: поиск в глубину и в ширину.</p> <p>Тема 4.2 Поиск расстояния между всеми парами вершин. Алго-</p> | <p>1. История возникновения и развития теории графов: задача о кенигсбергских мостах, головоломка Гамильтона, задача о раскраски карт. Работы Кэли и Кирхгофа.</p> <p>2. Основные понятия и определения теории графов: понятие графа, вершины, ребра, дуги, ориентированные и неориентированные графы, простой граф, петли, кратные ребра, виды графов, подграфы и дополнения, операции над графами. Примеры.</p> <p>3. Понятие графа. Способы задания графов. Примеры.</p> <p>4. Цепи, пути, циклы. Связность, компоненты связности. Примеры.</p> <p>5. Обход в глубину: рекурсивная и нерекурсивная реализация. Пример.</p> <p>6. Обход в ширину, реализация, пример.</p> <p>7. Понятие дерева, теорема о характеристике деревьев. Примеры.</p> <p>8. Покрывающее дерево, алгоритм построения. Примеры.</p> <p>9. Планарные графы, плоские графы. Планарность деревьев.</p> <p>10. Формула Эйлера, следствия. Критерий Понтрягина-Куратовского.</p> <p>11. Понятие эйлерового пути, эйлерового цикла, эйлерового графа. Не-обходимые и достаточные условия существования. Примеры.</p> <p>12. Понятие гамильтонова пути, гамильтонового цикла, гамильтонового графа. Достаточное условие гамильтоновости графа. Примеры.</p> <p>13. Постановка задачи поиска кратчайших путей. Алгоритм Форда-Беллмана. Примеры.</p> <p>14. Постановка задачи поиска кратчайших путей. Алгоритм Дейкстры.</p> | <p>Анализ проявленных умений при решении кейсов, в ходе деловых игр; письменный контроль, анализ качества решений профессиональных задач в контрольных работах; анализ содержания профессионально-ориентированных эссе; тестирование (выполнение тестовых заданий); анализ защит профессионально-ориентированных проектов; опрос на семинарских занятиях, зачете, анализ докладов на семинарских занятиях; анализ защиты рефератов; анализ решения конкретных практико-ориентированных ситуаций и профессионально-прикладных задач, анализ выполнения контрольных работ</p> |

|  |  |  |  |
|--|--|--|--|
|  | <p>ритм Уоршалла - Флойда.<br/>Раздел №5 «Методы систематического обхода вершин графа»<br/>Тема 5.1 Графы и задачи линейного программирования и компьютерные технологии их решения.</p>  | <p>Примеры.<br/>15. Кратчайшие пути между всеми парами вершин. Алгоритм Флойда.<br/>Пример.<br/>16. Понятие сети. Задача о построении максимального потока. Алгоритм Форда-Фолкерсона. Пример.<br/>17. Применение графов для задач программирования, графы как модели программ, процессов, информационных структур.<br/>18. СМО с очередью</p>   |  |
| <p>ИПК-2.3. Владеть системным подходом для выбора технологии управления требованиями; представлениями исходных данных для разработки плана управления требованиями; системой согласования в части инженерно-технологического обеспечения плана управления требованиями с заинтересованными сторонами</p> | <p>Раздел 1. «Введение в теорию графов и систем»<br/>Тема 1.1 Определение графов, основные понятия теории графов. Виды графов.<br/>Тема 1.2 Матрицы смежности инцидентности графа. Числовые характеристики графов.<br/>Тема 1.3 Маршруты, циклы, связность. Свойства связных графов, Эйлеровы и гамильтоновы графы.<br/>Тема 1.4 Ориентированные графы и деревья. Сети.<br/>Раздел №2 «Прикладные задачи и алгоритмы анализа графов и сетей, задачи оптимизации на графах и сетях. ИТ-технологии анализа графов и сетей»<br/>Тема 2.1 Нахождения экстремальных путей в сети: алгоритм Дейкстры и его прикладные аспекты.<br/>Тема 2.2 Построение остовного дерева графа (сети): алгоритмы Краскала и Прима. Задача об остове экстремального веса.<br/>Тема 2.3 Поток в сетях, задача о максимальном потоке и минимальном разрезе. Теорема Форда - Фалкерсона.<br/>Тема 2.4 Элементы сетевого планирования: критические пути, работы, резервы.<br/>Раздел №3 «Покрытия графов»<br/>Тема 3.1 Построение остовного дерева (леса): алгоритмы Краскала и Прима. Задача об экстремального веса.<br/>Раздел №4 «Методы систематического обхода вершин графа»<br/>Тема 4.1 Алгоритмы обхода и поиска в графе: поиск в глубину и в ширину.<br/>Тема 4.2 Поиск расстояния между всеми парами вершин. Алгоритм Уоршалла - Флойда.<br/>Раздел №5 «Методы систематического обхода вершин графа»<br/>Тема 5.1 Графы и задачи линейного программирования и компьютерные технологии их реше-</p> | <p>1. История возникновения и развития теории графов: задача о кенигсбергских мостах, головоломка Гамильтона, задача о раскраски карт. Работы Кэли и Кирхгофа.<br/>2. Основные понятия и определения теории графов: понятие графа, вершины, ребра, дуги, ориентированные и неориентированные графы, простой граф, петли, кратные ребра, виды графов, подграфы и дополнения, операции над графами. Примеры.<br/>3. Понятие графа. Способы задания графов. Примеры.<br/>4. Цепи, пути, циклы. Связность, компоненты связности. Примеры.<br/>5. Обход в глубину: рекурсивная и нерекурсивная реализация. Пример.<br/>6. Обход в ширину, реализация, пример.<br/>7. Понятие дерева, теорема о характеристике деревьев. Примеры.<br/>8. Покрывающее дерево, алгоритм построения. Примеры.<br/>9. Планарные графы, плоские графы. Планарность деревьев.<br/>10. Формула Эйлера, следствия. Критерий Понтрягина-Кураковского.<br/>11. Понятие эйлерова пути, эйлерова цикла, эйлерова графа. Не-обходимые и достаточные условия существования. Примеры.<br/>12. Понятие гамильтонова пути, гамильтонова цикла, гамильтонова графа. Достаточное условие гамильтоновости графа. Примеры.<br/>13. Постановка задачи поиска кратчайших путей. Алгоритм Форда-Беллмана. Примеры.<br/>14. Постановка задачи поиска кратчайших путей. Алгоритм Дейкстры. Примеры.<br/>15. Кратчайшие пути между всеми парами вершин. Алгоритм Флойда.<br/>Пример.<br/>16. Понятие сети. Задача о</p> | <p>Анализ проявленных навыков при решении кейсов, в ходе деловых игр; письменный контроль, анализ качества решений профессиональных задач в контрольных работах; анализ содержания профессионально-ориентированных эссе; тестирование (выполнение тестовых заданий); анализ защит профессионально-ориентированных проектов; опрос на семинарских занятиях, зачете, экзамене; анализ докладов на семинарских занятиях; анализ защиты рефератов; анализ решения конкретных практико-ориентированных ситуаций и профессионально-прикладных задач, анализ выполнения контрольных работ</p> |

|  |      |   |  |
|--|------|---|--|
|  | ния. | построение максимального потока. Алгоритм Форда-Фолкерсона. Пример.<br>17. Применение графов для задач программирования, графы как модели программ, процессов, информационных структур.<br>18. СМО с очередью |  |
|--|------|---|--|

## **7.2. Перечень вопросов для подготовки к промежуточной аттестации (зачёт)**

1. История возникновения и развития теории графов: задача о кенигсбергских мостах, головоломка Гамильтона, задача о раскраски карт. Работы Кэли и Кирхгофа.
2. Основные понятия и определения теории графов: понятие графа, вершины, ребра, дуги, ориентированные и неориентированные графы, простой граф, петли, кратные ребра, виды графов, подграфы и дополнения, операции над графами. Примеры.
3. Понятие графа. Способы задания графов. Примеры.
4. Цепи, пути, циклы. Связность, компоненты связности. Примеры.
5. Обход в глубину: рекурсивная и нерекурсивная реализация. Пример.
6. Обход в ширину, реализация, пример.
7. Понятие дерева, теорема о характеристике деревьев. Примеры.
8. Покрывающее дерево, алгоритм построения. Примеры.
9. Планарные графы, плоские графы. Планарность деревьев.
10. Формула Эйлера, следствия. Критерий Понтрягина-Куратовского.
11. Понятие эйлерова пути, эйлерова цикла, эйлерова графа. Необходимые и достаточные условия существования. Примеры.
12. Понятие гамильтонова пути, гамильтонова цикла, гамильтонова графа. Достаточное условие гамильтоновости графа. Примеры.
13. Постановка задачи поиска кратчайших путей. Алгоритм Форда-Беллмана. Примеры.
14. Постановка задачи поиска кратчайших путей. Алгоритм Дейкстры. Примеры.
15. Кратчайшие пути между всеми парами вершин. Алгоритм Флойда. Пример.
16. Понятие сети. Задача о построение максимального потока. Алгоритм Форда-Фолкерсона. Пример.
17. Применение графов для задач программирования, графы как модели программ, процессов, информационных структур.
18. СМО с очередью

## **7.3. Описание показателей и критериев оценивания сформированности компетенций на различных этапах их формирования; шкалы и процедуры оценивания**

### **7.3.1. Оценивание ответов на вопросы и выполнения заданий для текущей и промежуточной аттестации**

При оценке знаний учитывается уровень сформированности компетенций:

1. Уровень усвоения теоретических положений дисциплины, правильность формулировки основных понятий и закономерностей.
2. Уровень знания фактического материала в объеме программы.
3. Логика, структура и грамотность изложения вопроса.
4. Умение связать теорию с практикой.
5. Умение делать обобщения, выводы.

## Шкала оценивания на зачете

| Оценка     | Критерии выставления оценки   |
|------------|---|
| Зачтено    | Обучающийся должен: <ul style="list-style-type: none"><li>- продемонстрировать общее знание изучаемого материала;</li><li>- показать общее владение понятийным аппаратом дисциплины;</li><li>- уметь строить ответ в соответствии со структурой излагаемого вопроса;</li><li>- знать основную рекомендуемую программой учебную литературу.</li></ul>  |
| Не зачтено | Обучающийся демонстрирует: <ul style="list-style-type: none"><li>- незнание значительной части программного материала;</li><li>- не владение понятийным аппаратом дисциплины;</li><li>- существенные ошибки при изложении учебного материала;</li><li>- неумение строить ответ в соответствии со структурой излагаемого вопроса;</li><li>- неумение делать выводы по излагаемому материалу.</li></ul> |

### **7.4. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ПРОЦЕДУРЫ ОЦЕНИВАНИЯ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, НАВЫКОВ И (ИЛИ) ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ.**

Качество знаний характеризуется способностью обучающегося точно, структурированно и уместно воспроизводить информацию, полученную в процессе освоения дисциплины, в том виде, в котором она была изложена в учебном издании или преподавателем.

Умения, как правило, формируются на занятиях семинарского типа. Задания, направленные на оценку умений, в значительной степени требуют от обучающегося проявления стереотипности мышления, т.е. способности выполнить работу по образцам, с которыми он работал в процессе обучения. Преподаватель же оценивает своевременность и правильность выполнения задания.

Навыки можно трактовать как автоматизированные умения, развитые и закрепленные осознанным самостоятельным трудом. Навыки формируются при самостоятельном выполнении обучающимися практико-ориентированных заданий, моделирующих решение им производственных и социокультурных задач в соответствующей области профессиональной деятельности, как правило, при выполнении домашних заданий, курсовых проектов (работ), научно-исследовательских работ, прохождении практик, при работе индивидуально или в составе группы и т.д.

Устный опрос - это процедура, организованная как специальная беседа преподавателя с группой обучающихся (фронтальный опрос) или с отдельными обучающимися (индивидуальный опрос) с целью оценки сформированности у них основных понятий и усвоения учебного материала. Устный опрос может использоваться как вид контроля и метод оценивания формируемых компетенций (как и качества их формирования) в рамках самых разных форм контроля, таких как: собеседование, коллоквиум, зачет, экзамен по дисциплине. Устный опрос (УО) позволяет оценить знания и кругозор обучающегося, умение логически построить ответ, владение монологической речью и иные коммуникативные навыки. УО обладает большими возможностями воспитательного воздействия преподавателя. Воспитательная функция УО имеет ряд важных аспектов: профессионально-этический и нравственный аспекты, дидактический (систематизация материала при ответе, лучшее запоминание материала при интеллектуальной концентрации), эмоциональный (радость от успешного прохождения собеседования) и др. Обучающая функция УО состоит в выявлении деталей, которые по каким-то причинам оказались недостаточно осмысленными в ходе учебных занятий и при подготовке к зачёту или экзамену. УО обладает также мотивирующей функцией: правильно организованные собеседование, коллоквиум, зачёт и экзамен могут стимулировать учебную деятельность студента, его участие в научной работе.

Тесты являются простейшей формой контроля, направленной на проверку владения терминологическим аппаратом, современными информационными технологиями и конкретными знаниями в области фундаментальных и прикладных дисциплин. Тест может предоставлять возможность выбора из перечня ответов (один или несколько правильных ответов).

Семинарские занятия. Основное назначение семинарских занятий по дисциплине – обеспечить глубокое усвоение обучающимися материалов лекций, прививать навыки самостоятельной работы с литературой, воспитывать умение находить оптимальные решения в условиях изменяющихся отношений, формировать современное профессиональное мышление обучающихся. На семинарских занятиях преподаватель

даватель проверяет выполнение самостоятельных заданий и качество усвоения знаний, умений, определяет уровень сформированности компетенций.

Коллоквиум может служить формой не только проверки, но и повышения производительности труда студентов. На коллоквиумах обсуждаются отдельные части, разделы, темы, вопросы изучаемого курса, обычно не включаемые в тематику семинарских и других практических учебных занятий, а также рефераты, проекты и иные работы обучающихся.

Доклад, сообщение - продукт самостоятельной работы студента, представляющий собой публичное выступление по представлению полученных результатов решения определенной учебно-практической, учебно-исследовательской или научной темы.

Контрольная работа - средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу.

Профессионально-ориентированное эссе – это средство, позволяющее оценить умение обучающегося письменно излагать суть поставленной проблемы, самостоятельно проводить анализ этой проблемы с использованием аналитического инструментария соответствующей дисциплины, делать выводы, обобщающие авторскую позицию по поставленной профессионально-ориентированной проблеме.

Реферат - продукт самостоятельной работы студента, представляющий собой краткое изложение в письменном виде полученных результатов теоретического анализа определенной научной (учебно-исследовательской) темы, где автор раскрывает суть исследуемой проблемы, приводит различные точки зрения, а также собственные взгляды на нее.

Ситуационный анализ - это комплексный анализ ситуации, имевший место в реальной практике профессиональной деятельности специалистов. Комплексный анализ включает в себя следующие составляющие: причинно-следственный анализ (установление причин, которые привели к возникновению данной ситуации, и следствий ее развертывания), системный анализ (определение сущностных предметно-содержательных характеристик, структуры ситуации, ее функций и др.), ценностно-мотивационный анализ (построение системы оценок ситуации, ее составляющих, выявление мотивов, установок, позиций действующих лиц); прогностический анализ (разработка перспектив развития событий по позитивному и негативному сценарию), рекомендательный анализ (выработка рекомендаций относительно поведения действующих лиц ситуации), программно-целевой анализ (разработка программ деятельности для разрешения данной ситуации).

Творческое задание – это частично регламентированное задание, имеющее нестандартное решение и позволяющее диагностировать умения интегрировать знания различных научных областей, аргументировать собственную точку зрения, доказывать правильность своей позиции. Может выполняться в индивидуальном порядке или группой обучающихся.

Деловая и/или ролевая игра - совместная деятельность группы обучающихся и преподавателя под управлением преподавателя с целью решения учебных и профессионально-ориентированных задач путем игрового моделирования реальной проблемной ситуации. Позволяет оценивать умение анализировать и решать типичные профессиональные задачи.

«Круглый стол», дискуссия – интерактивные оценочные средства, позволяющие включить обучающихся в процесс обсуждения спорного вопроса, проблемы и оценить их умение аргументировать собственную точку зрения. Занятие может проводиться по традиционной (контактной) технологии, либо с использованием телекоммуникационных технологий.

Проект - конечный профессионально-ориентированный продукт, получаемый в результате планирования и выполнения комплекса учебных и исследовательских заданий. Позволяет оценить умения обучающихся самостоятельно конструировать свои знания в процессе решения практических задач и проблем, ориентироваться в информационном пространстве и уровень сформированности аналитических, исследовательских навыков, навыков практического и творческого мышления. Может выполняться в индивидуальном порядке или группой обучающихся.

## **РАЗДЕЛ 8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

При организации процесса изучения дисциплины «Алгоритмы анализа графов» обучающемуся рекомендуется придерживаться следующих указаний:

1. Ознакомиться с общим тематическим планом лекционных, практических и лабораторных занятий;
2. Самостоятельно прорабатывать уже пройденный материал лекционных, практических и лабораторных занятий. При необходимости составить список вопросов и обратиться к преподавателю;
3. Перед изучением нового теоретического материала желательно заранее ознакомиться с содержанием предстоящей лекции. При необходимости составить список вопросов и обратиться к преподавателю.

4. Если в ходе рассмотрения нового теоретического или практического материала преподаватель ссылается на полученные ранее знания, умения или навыки, то рекомендуется их повторить;
5. Выполнять индивидуальные задания желательно не только в рамках учебных занятий;
6. Ознакомиться со списком литературы и интернет-ресурсов, рекомендуемых преподавателем для углубленного изучения либо дисциплины в целом, либо отдельных разделов.

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов по дисциплине включает:

1. 1. Бурков, В. Н. Теория графов в управлении организационными системами : учебное пособие / В. Н. Бурков, А. Ю. Заложнев, Д. А. Новиков. — Москва : СИНТЕГ, 2001. — 124 с. — ISBN 5-89638-55-0. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprsmarthop.ru/8532.html>
2. Годунова, Е. К. Введение в теорию графов. Индивидуальные задания / Е. К. Годунова. — Москва : Прометей, 2012. — 44 с. — ISBN 978-5-4263-0104-7. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprsmarthop.ru/23979.html>
3. Полякова, О. Р. Элементы теория графов и комбинаторики : учебное пособие / О. Р. Полякова. — Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2017. — 84 с. — ISBN 978-5-9227-0750-3. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprsmarthop.ru/74358.html>

#### **РАЗДЕЛ 9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

##### *Основная литература<sup>1</sup>*

1. Бурков, В. Н. Теория графов в управлении организационными системами : учебное пособие / В. Н. Бурков, А. Ю. Заложнев, Д. А. Новиков. — Москва : СИНТЕГ, 2001. — 124 с. — ISBN 5-89638-55-0. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprsmarthop.ru/8532.html>
2. Годунова, Е. К. Введение в теорию графов. Индивидуальные задания / Е. К. Годунова. — Москва : Прометей, 2012. — 44 с. — ISBN 978-5-4263-0104-7. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprsmarthop.ru/23979.html>

##### *Дополнительная литература<sup>2</sup>*

3. Полякова, О. Р. Элементы теория графов и комбинаторики : учебное пособие / О. Р. Полякова. — Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2017. — 84 с. — ISBN 978-5-9227-0750-3. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprsmarthop.ru/74358.html>
4. Князьков, В. С. Введение в теорию графов : учебное пособие / В. С. Князьков, Т. В. Волченская. — 3-е изд. — Москва : Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), Ай Пи Ар Медиа, 2021. — 76 с. — ISBN 978-5-4497-0917-2. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprsmarthop.ru/102006.html>

*Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине: интернет-ресурсы, современные профессиональные базы данных, информационные справочные системы*

##### **Интернет-ресурсы**

URL: <https://www.iprsmarthop.ru/> – электронно-библиотечная система Iprsmart.

##### **Информационно-справочные и поисковые системы**

Справочная правовая система «КонсультантПлюс»: <http://www.con-sultant.ru>

##### **Современные профессиональные базы данных**

URL:<http://www.edu.ru/> – библиотека федерального портала «Российское образование»

URL:<http://www.prlib.ru/> – Президентская библиотека

URL:<http://www.rusneb.ru/> – Национальная электронная библиотека

URL:<http://elibrary.rsl.ru/> – сайт Российской государственной библиотеки (раздел «Электронная библиотека»)

URL:<http://elib.gnpbu.ru/> – сайт Научной педагогической электронной библиотеки им. К.Д. Ушинского

---

<sup>1</sup> Из ЭБС

<sup>2</sup> Из ЭБС

***Комплект лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства***

**Комплект лицензионного программного обеспечения**

Microsoft Open Value Subscription для решений Education Solutions № Tr000544893 от 21.10.2020 г. MDE Windows, Microsoft Office и Office Web Apps. (срок действия до 01.11.2023 г.)

Антивирусное программное обеспечение ESET NOD32 Antivirus Business Edition договор № ИС00-006348 от 14.10.2022 г. (срок действия до 13.10.2025 г.)

Программное обеспечение «Мираполис» система вебинаров - Лицензионный договор 244/09/16-к от 15.09.2016 (Спецификация к Лицензионному договору 244/09/16-к от 15.09.2016, от 11.05.2022 г. ) (срок действия до 10.07.2023 г.)

Электронная информационно-образовательная среда «1С: Университет» договор от 10.09.2018 г. №ПРКТ-18281 (бессрочно)

Информационная система «ПервыйБит» сублицензионный договор от 06.11.2015 г. №009/061115/003 (бессрочно)

Система тестирования Indigo лицензионное соглашение (Договор) от 08.11.2018 г. №Д-54792 (бессрочно)

Информационно-поисковая система «Консультант Плюс» - договор об информационно поддержке от 26.12.2014, (бессрочно)

Электронно-библиотечная система IPRsmart лицензионный договор от 01.09.2021 г. №8234/21С (срок действия до 31.08.2024 г.)

Научная электронная библиотека eLIBRARY лицензионный договор SCIENC INDEX № SIO - 3079/2022 от 12.01.2022 г. (срок действия до 27.01.2024 г.)

**Свободно распространяемое программное обеспечение**

Комплект онлайн сервисов GNU ImageManipulationProgram, свободно распространяемо программное обеспечение

Веб-браузер, Google Chrome, свободное ПО, ежегодно обновляемое ПО.

Пакет офисных приложений, Office 2016, лицензионное соглашение - Договор №Tr000544893 от 21/10/2020 – 3 года

Пакет офисных приложений, OpenOffice, свободное ПО, ежегодно обновляемое ПО

Просмотр файлов в формате PDF, Adobe Reader, свободно распространяемое ПО, ежегодно обновляемое ПО

Просмотр файлов в формате DJV, WinDjView, свободное ПО, ежегодно обновляемое ПО

Файловый архиватор, 7 Zip, свободное ПО, ежегодно обновляемое ПО

Файловый менеджер, Far, свободно распространяемое ПО, ежегодно обновляемое ПО

Anaconda: дистрибутив языков программирования Python и R.

***Программное обеспечение отечественного производства:***

Программное обеспечение «Мираполис» система вебинаров - Лицензионный договор 244/09/16-к от 15.09.2016 (Спецификация к Лицензионному договору 244/09/16-к от 15.09.2016, от 11.05.2022 г. ) (срок действия до 10.07.2023 г.)

Электронная информационно-образовательная среда «1С: Университет» договор от 10.09.2018 г. №ПРКТ-18281 (бессрочно)

Информационная система «ПервыйБит» сублицензионный договор от 06.11.2015 г. №009/061115/003 (бессрочно)

Система тестирования Indigo лицензионное соглашение (Договор) от 08.11.2018 г. №Д-54792 (бессрочно)

Информационно-поисковая система «Консультант Плюс» - договор МИ-ВИП-79717-56/2022 от 23.12.2021 (срок действия до 31.12.2022 г.)

Информационно-поисковая система «Консультант Плюс» - договор об информационно поддержке от 26.12.2014, (бессрочно)

Электронно-библиотечная система IPRsmart лицензионный договор от 01.09.2021 г. №8234/21С (срок действия до 31.08.2024 г.)

**РАЗДЕЛ 10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА**

|   |  |
|---|--|
| Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации | <u>Оборудование:</u> специализированная мебель (мебель аудиторная (9 столов, 9 стульев, доска аудиторная), стол преподавателя, стул преподавателя).<br><u>Технические средства обучения:</u> персональный компьютер преподавателя; 9 компьютеров, мультимедийное оборудование (проектор, экран). |
| Помещение для самостоятельной работы  | Специализированная мебель (10 столов, 10 стульев), персональные компьютеры с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду Университета  |