

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования



**Пермский национальный исследовательский
политехнический университет**

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной
деятельности

 А.Б. Петроченков

« 15 » февраля 20 23 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина: Оптимизация на графах
(наименование)

Форма обучения: очная
(очная/очно-заочная/заочная)

Уровень высшего образования: магистратура
(бакалавриат/специалитет/магистратура)

Общая трудоёмкость: 108 (3)
(часы (ЗЕ))

Направление подготовки: 01.04.02 Прикладная математика и информатика
(код и наименование направления)

Направленность: Математическая кибернетика
(наименование образовательной программы)

1. Общие положения

1.1. Цели и задачи дисциплины

Цель учебной дисциплины – ознакомление с основами теории графов, формирование алгоритмического мышления.

Задачи учебной дисциплины;
изучение основ теории графов и основных алгоритмов оптимизации на графах;
формирование умения исследовать графы, находить их основные характеристики;
формирование умения применять основные алгоритмы теории графов;
формирование навыков применения методов теории графов при решении прикладных задач.

1.2. Изучаемые объекты дисциплины

Граф. Матрица. Алгоритм.

1.3. Входные требования

Предварительные знания в объеме бакалаврской программы по этой или смежной тематике.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

| Компетенция | Индекс индикатора | Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть) | Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения | Средства оценки |
|-------------|-------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| ПК-1.3 | ИД-1ПК-1.3 | Знает основные определения теории графов; знает основные алгоритмы теории графов; знает методы и принципы моделирования бизнес-процессов. | Знает инструменты и методы моделирования бизнес-процессов | Собеседование |
| ПК-1.3 | ИД-2ПК-1.3 | Умеет применять оптимальные алгоритмы теории графов. Умеет аргументировано излагать свои представления о сути научной проблемы. | Умеет анализировать исходную документацию | Контрольная работа |
| ПК-1.3 | ИД-3ПК-1.3 | Владеет навыками применения методов теории графов при решении практических задач. Владеет навыками формирования основных положений и задач для коллективного обсуждения результатов научной деятельности. | Владеет навыками разработки и выбора инструментов и методов проектирования бизнес-процессов | Курсовая работа |

3. Объем и виды учебной работы

| Вид учебной работы | Всего часов | Распределение по семестрам в часах | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|------------------------------------|--|
| | | Номер семестра | |
| | | 1 | |
| 1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме: | 54 | 54 | |
| 1.1. Контактная аудиторная работа, из них: | | | |
| - лекции (Л) | 8 | 8 | |
| - лабораторные работы (ЛР) | | | |
| - практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ) | 44 | 44 | |
| - контроль самостоятельной работы (КСР) | 2 | 2 | |
| - контрольная работа | | | |
| 1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС) | 54 | 54 | |
| 2. Промежуточная аттестация | | | |
| Экзамен | | | |
| Дифференцированный зачет | | | |
| Зачет | 9 | 9 | |
| Курсовой проект (КП) | | | |
| Курсовая работа (КР) | 18 | 18 | |
| Общая трудоемкость дисциплины | 108 | 108 | |

4. Содержание дисциплины

| Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием | Объем аудиторных занятий по видам в часах | | | Объем внеаудиторных занятий по видам в часах |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|----|----|----------------------------------------------|
| | Л | ЛР | ПЗ | СРС |
| 1-й семестр | | | | |
| Математическая теория графов | 8 | 0 | 20 | 20 |
| Тема 1. Способы задания графов. Основные определения теории графов. Операции над графами. Способы задания графов. Метрические характеристики графов. Особенности алгоритмов на графе. Тема 2. Эйлеровы и гамильтоновы графы. Задача коммивояжера. Тема 3. Планарные графы. Алгоритм укладки графа на плоскость. Хроматические графы. Хроматическое число. Тема 4. Двудольный граф. Теория паросочетаний и ее применение. | | | | |

| Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием | Объем аудиторных занятий по видам в часах | | | Объем внеаудиторных занятий по видам в часах |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|----|----|----------------------------------------------|
| | Л | ЛР | ПЗ | СРС |
| Оптимальные алгоритмы на графах. | 0 | 0 | 24 | 34 |
| Тема 5. Экстремальные пути на графе. Упорядочивание дуг и вершин орграфа. Выявление маршрутов с заданным количеством ребер. Определение экстремальных путей на графах. Метод Шимбелла. Алгоритмы Дейкстры, Беллмана-Мура. Алгоритм нахождения максимального пути. Тема 6. Граф-дерево. Кодирование методом Пруффера. Нахождение минимального остовного дерева. Тема 7. Потoki в сетях. Потoki в сетях. Теорема Форда-Фалкерсона. Поток минимальной стоимости. Тема 8. Сетевое планирование. Основные понятия. Критические пути, работы, резервы. Линейные графики. | | | | |
| ИТОГО по 1-му семестру | 8 | 0 | 44 | 54 |
| ИТОГО по дисциплине | 8 | 0 | 44 | 54 |

Тематика примерных практических занятий

| № п.п. | Наименование темы практического (семинарского) занятия |
|--------|--------------------------------------------------------------------|
| 1 | Граф. Метрические характеристики графа. |
| 2 | Операции над графами. Изоморфизм графов. Представления графов. |
| 3 | Алгоритм. Особенности алгоритмов на графе. Метод поиска в глубину. |
| 4 | Компоненты связности. Метод поиска в ширину. |
| 5 | Эйлеровы графы. |
| 6 | Гамильтоновы графы. |
| 7 | Плоский и планарный граф. Алгоритм укладки графа на плоскость. |
| 8 | Хроматические графы. |
| 9 | Двудольный граф. Паросочетания. |
| 10 | Системы различных представителей. Задача о назначениях. |
| 11 | Упорядочение дуг и вершин орграфа. Матрица достижимости. |
| 12 | Алгоритм Дейкстры. Алгоритм Беллмана-Мура. |
| 13 | Алгоритм нахождения максимального пути. |
| 14 | Граф-дерево. Представление графа в компьютере. |
| 15 | Нахождение остова минимального веса. |

| № п.п. | Наименование темы практического (семинарского) занятия |
|---------------|---------------------------------------------------------------|
| 16 | Сети. Потоки в сетях. |
| 17 | Нахождение потока минимальной стоимости. |
| 18 | Критические пути. |
| 19 | Критические работы, резервы. |
| 20 | Линейные графики. |
| 21 | Защита курсовых работ. |
| 22 | Зачетное занятие. |

Тематика примерных курсовых проектов/работ

| № п.п. | Наименование темы курсовых проектов/работ |
|---------------|--------------------------------------------------------------------|
| 1 | Генерация сложных тестов для задачи коммивояжера. |
| 2 | Генетический алгоритм для задачи коммивояжера. |
| 3 | Алгоритм Кристофидиса для задачи коммивояжера. |
| 4 | Генерация сложных тестов для задачи о минимальном остовном дереве. |
| 5 | Двоичное кодирование дерева по заданной матрице смежности. |
| 6 | Генетический алгоритм для поиска максимальной клики. |
| 7 | Выделение максимального планарного подграфа в графе. |
| 8 | Плоские графы и их применение. |
| 9 | Задача раскраски графов и ее приложения. |
| 10 | Генетический алгоритм для поиска хроматического числа. |
| 11 | Дифференциальные уравнения на геометрическом графе. |

5. Организационно-педагогические условия

5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при которой учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала, а также на развитие логического мышления. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установления связей с ранее освоенным материалом.

Практические занятия проводятся на основе реализации метода обучения действием: определяются проблемные области, формируются группы. При проведении практических занятий преследуются следующие цели: применение знаний отдельных дисциплин и креативных методов для решения проблем и принятия решений; отработка у обучающихся навыков командной работы, межличностных коммуникаций и развитие лидерских качеств; закрепление основ теоретических знаний.

При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинги и анализ ситуаций и имитационных моделей.

5.2. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

6. Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

6.1. Печатная учебно-методическая литература

| № п/п | Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц) | Количество экземпляров в библиотеке |
|---------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| 1. Основная литература | | |
| 1 | Акимов О. Е. Дискретная математика: логика, группы, графы / О. Е. Акимов. - Москва: Лаб. Базовых Знаний, 2003. | 168 |
| 2 | Акимов О. Е. Дискретная математика: логика, группы, графы, фракталы : учебное пособие / О. Е. Акимов. - Москва: Изд. Акимова, 2005. | 10 |
| 3 | Гонина Е.Е. Элементы теории графов : учебное пособие / Е.Е. Гонина. - Пермь: Изд-во ПГТУ, 2006. | 65 |
| 4 | Шапорев С.Д. Дискретная математика. Курс лекций и практических занятий : учебное пособие для вузов. - СПб: БХВ-Петербург, 2006. | 30 |
| 2. Дополнительная литература | | |
| 2.1. Учебные и научные издания | | |

| | | |
|---------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1 | Алексеев В. Е. Графы и алгоритмы. Структуры данных. Модели вычислений : учебник для вузов / В. Е. Алексеев, В. А. Таланов. - Москва: ИНТУИТ, БИНОМ. Лаб. знаний, 2006. | 16 |
| 2 | Иванов Б. Н. Дискретная математика. Алгоритмы и программы / Б. Н. Иванов. - М.: Лаб. Базовых Знаний, 2001. | 26 |
| 3 | Тюрин С. Ф. Теория графов и её приложения : практикум / С. Ф. Тюрин. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2017. | 12 |
| 4 | Управление проектами : учебное пособие для вузов / И. И. Мазур [и др.]. - Москва: Омега-Л, 2014. | 6 |
| 2.2. Периодические издания | | |
| | Не используется | |
| 2.3. Нормативно-технические издания | | |
| | Не используется | |
| 3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины | | |
| | Не используется | |
| 4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента | | |
| 1 | Басакер Р. Конечные графы и сети : пер. с англ. / Р. Басакер, Т. Саати. - Москва: Наука, 1974. | 3 |
| 2 | Блох А. Ш. Граф-схемы и алгоритмы : учебное пособие / А. Ш. Блох. - Минск: Вышэйш. шк., 1987. | 5 |
| 3 | Диагностирование на граф-моделях : на примерах авиационной и автомобильной техники / Я. Я. Осис [и др.]. - Москва: Транспорт, 1991. | 2 |
| 4 | Колчин В. Ф. Случайные графы / В. Ф. Колчин. - Москва: Физматлит, 2004. | 4 |

6.2. Электронная учебно-методическая литература

| Вид литературы | Наименование разработки | Ссылка на информационный ресурс | Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ) |
|------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов | Викентьева О. Л. Дискретная математика : учебное пособие / О. Л. Викентьева, А. Е. Соловьев, Р. А. Файзрахманов. - Пермь: Изд-во ПГТУ, 2009. | http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib2928 | сеть Интернет; авторизованный доступ |
| Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов | Тюрин С. Ф. Дискретная математика: тест-драйв по дискретной математике и математической логике : учебное пособие / С. Ф. Тюрин, Ю. А. Аляев. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2014 | http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib4109 | сеть Интернет; авторизованный доступ |

| Вид литературы | Наименование разработки | Ссылка на информационный ресурс | Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ) |
|------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов | Тюрин С. Ф. Теория графов и её приложения : учебное пособие / С. Ф. Тюрин. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2015. | http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib3806 | сеть Интернет; авторизованный доступ |

6.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

| Вид ПО | Наименование ПО |
|------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| Операционные системы | Windows 10 (подп. Azure Dev Tools for Teaching) |
| Офисные приложения. | Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567 |
| Прикладное программное обеспечение общего назначения | Dr.Web Enterprise Security Suite, 3000 лиц, ПНИПУ ОЦНИТ 2017 |

6.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

| Наименование | Ссылка на информационный ресурс |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета | http://lib.pstu.ru/ |
| Электронно-библиотечная система Лань | https://e.lanbook.com/ |
| Электронно-библиотечная система IPRbooks | http://www.iprbookshop.ru/ |
| Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс | http://www.consultant.ru/ |

7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине

| Вид занятий | Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения | Количество единиц |
|----------------------|---------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| Курсовая работа | Проектор, экран, ноутбук | 1 |
| Лекция | Проектор, экран, ноутбук | 1 |
| Практическое занятие | Проектор, экран, ноутбук | 1 |

8. Фонд оценочных средств дисциплины

Описан в отдельном документе

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«Пермский национальный исследовательский политехнический
университет»**

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

**для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине
«Оптимизация на графах»**

Приложение к рабочей программе дисциплины

| | |
|----------------------------------------|----------------------------------------------|
| Направление: | 01.04.02 Прикладная математика и информатика |
| Профиль программы магистратуры: | Математическая кибернетика |
| Квалификация выпускника: | «Магистр» |
| Выпускающая кафедра: | Высшая математика |
| Форма обучения: | Очная |

Курс: 1 Семестр: 1

Трудоёмкость:

Кредитов по рабочему учебному плану: 3 ЗЕ

Часов по рабочему учебному плану: 108 ч.

Форма промежуточной аттестации:

Зачет: 1 семестр Курсовая работа: 1 семестр

Пермь, 2022

– **Фонд оценочных средств** для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине является частью (приложением) к рабочей программе дисциплины. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине разработан в соответствии с общей частью фонда оценочных средств для проведения промежуточной аттестации основной образовательной программы, которая устанавливает систему оценивания результатов промежуточной аттестации и критерии выставления оценок. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине устанавливает формы и процедуры текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.

1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине, объекты оценивания и виды контроля

Согласно РПД освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение одного семестра (1-го семестра учебного плана) и разбито на 2 учебных модуля. В каждом разделе предусмотрены аудиторские практические занятия, самостоятельная работа студентов. В рамках освоения учебного материала дисциплины формируются компоненты компетенций *знать, уметь, владеть*, указанные в РПД, которые выступают в качестве контролируемых результатов обучения (табл. 1.1).

Контроль уровня усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений осуществляется в рамках текущего, рубежного и промежуточного контроля при изучении теоретического материала, выполнении практических заданий, теоретического опроса, защиты докладов, контрольных работ, курсовой работы и зачета. Виды контроля сведены в таблицу 1.1.

Таблица 1.1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине

| Контролируемые результаты освоения дисциплины (ЗУВы) | Вид контроля | | | | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|-----|----------|-----|----------|-------|
| | Текущий | | Рубежный | | Итоговый | |
| | С | ТО | ЗД | КР | К | Зачет |
| Усвоенные умения | | | | | | |
| З.1 знать основные определения теории графов | | ТО1 | | | К | ТВ |
| З.2 знать основные алгоритмы теории графов | С1 | | ЗД | | К | ТВ |
| З.3 знать методы и принципы формирования новых подходов для решения научно-технических задач в сфере профессиональной деятельности. | С2 | | | | К | ТВ |
| Освоенные умения | | | | | | |
| У.1 уметь построить матрицы по заданным графам | | | | КР1 | | ПЗ |
| У.2 уметь применять алгоритмы теории графов | | | ЗД | КР2 | К | ПЗ |
| У.3 уметь аргументировано излагать свои представления о сути научной проблемы; | | | | | К | ПЗ |
| Приобретенные владения | | | | | | |
| В.1 владеть методами графического и матричного представления графа | | | | КР1 | | ПЗ |
| В.2 владеть навыками применения методов теории графов при решении практических задач; | | | ЗД | КР2 | К | ПЗ |
| В.3 владеть навыками формирования основных положений и задач для коллективного обсуждения результатов научной деятельности. | | | | | К | ПЗ |

С – собеседование по теме; ТО – коллоквиум (теоретический опрос); КР – текущий контроль в форме контрольных работ по практическим занятиям; ЗД – рубежный контроль в форме защиты докладов; К – курсовая работа; ТВ – теоретический вопрос; ПЗ – практическое задание.

Итоговой оценкой результатов обучения по дисциплине является промежуточная аттестация в виде зачета, проводимая с учетом результатов текущего и рубежного контроля.

2. Виды контроля, типовые контрольные задания и шкалы оценивания результатов обучения

Текущий контроль успеваемости имеет целью обеспечение максимальной эффективности учебного процесса, управление процессом формирования заданных компетенций обучаемых, повышение мотивации к учебе и предусматривает оценивание хода освоения дисциплины. В

соответствии с Положением о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, специалитета и магистратуры в ПНИПУ предусмотрены следующие виды и периодичность текущего контроля успеваемости обучающихся:

- входной контроль, проверка исходного уровня подготовленности обучающегося и его соответствия предъявляемым требованиям для изучения данной дисциплины;

- текущий контроль усвоения материала (уровня освоения компонента «знать» заданных компетенций) на каждом групповом занятии и контроль посещаемости лекционных занятий;

- промежуточный и рубежный контроль освоения обучающимися отдельных компонентов «знать», «уметь» заданных компетенций путем компьютерного или бланчного тестирования, контрольных опросов, контрольных работ (индивидуальных домашних заданий), защиты отчетов по лабораторным работам, рефератов, эссе и т.д.

Рубежный контроль по дисциплине проводится на следующей неделе после прохождения модуля дисциплины, а промежуточный – во время каждого контрольного мероприятия внутри модулей дисциплины;

- межсессионная аттестация, единовременное подведение итогов текущей успеваемости не менее одного раза в семестр по всем дисциплинам для каждого направления подготовки (специальности), курса, группы;

- контроль остаточных знаний.

2.1. Текущий контроль

Текущий контроль усвоения материала в форме собеседования или выборочного теоретического опроса студентов проводится по каждой теме. Результаты по 4-балльной шкале оценивания заносятся в книжку преподавателя и учитываются в виде интегральной оценки при проведении промежуточной аттестации.

2.2. Рубежный контроль

Рубежный контроль для комплексного оценивания усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений (табл. 1.1) проводится в форме защиты докладов и рубежных контрольных работ (после изучения каждого модуля учебной дисциплины).

2.2.1. Защита докладов

Доклад – продукт самостоятельной работы обучающегося, представляющий собой публичное выступление по представлению полученных результатов решения определенной учебно-исследовательской или научной темы. Тематика докладов выдается на первом занятии, выбор темы осуществляется студентом самостоятельно. Подготовка осуществляется во внеаудиторное время. На подготовку дается одна неделя. Результаты озвучиваются на практическом занятии, регламент – 10 мин. на выступление. В оценивании результатов наравне с преподавателем принимают участие студенты группы.

Типовые шкала и критерии оценки защиты докладов приведены в общей части ФОС магистерской программы.

Типовые темы докладов

1. Двудольный граф. Практические задачи, для моделирования которых применяются двудольные графы.
2. Задача о назначениях и ее математическая модель.
3. Граф-дерево. Дерево принятия решений.
4. Сети Петри. Практические задачи, для решения которых применяются сети Петри.

2.2.2. Рубежная контрольная работа

Согласно РПД запланировано 2 рубежные контрольные работы (КР) после освоения студентами учебных модулей дисциплины. Первая КР по модулю 1 «Математическая теории графов», вторая КР – по модулю 2 «Оптимальные алгоритмы на графах».

Типовые задания первой КР:

1. По заданной матрице смежности вершин постройте граф и матрицу инцидентности. Дайте ответы на вопросы.

- | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| $\begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$ | а) Укажите степени вершин 1 и 4. |
| | б) Укажите вершины, степень которых равна 3. |
| | в) Сколько четных вершин в графе? Укажите их номера. |
| | г) Укажите висячие вершины. |
| | д) Сколько ребер содержит дополнение графа? |
| | е) Из заданного графа удалили вершину 2. Сколько в получившемся подграфе ребер? |

2. Постройте граф по заданной матрице инцидентности и дайте ответы на вопросы.

- | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| $\begin{pmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}$ | а) Сколько в графе ребер, инцидентных вершине 2? |
| | б) Укажите вершины со степенью 3. |
| | в) Укажите номера висячих вершин. |
| | г) Укажите номера четных вершин и их степени. |
| | д) Сколько ребер в дополнении графа? |

Типовые задания второй КР:

По заданной матрице весов:

- а) Найдите величину минимального пути и сам путь от вершины x_1 до вершины x_6 по алгоритму Дейкстры;
- б) Упорядочите вершины графа по алгоритму Фалкерсона; найдите величину максимального пути и сам путь между вершинами x_1 и x_6 .

$$\begin{pmatrix} - & 5 & 4 & \infty & 10 & \infty \\ \infty & - & \infty & 8 & \infty & 13 \\ \infty & 6 & - & 5 & 8 & \infty \\ \infty & \infty & \infty & - & \infty & 8 \\ \infty & \infty & \infty & 4 & - & 10 \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & - \end{pmatrix}$$

Типовые шкала и критерии оценки текущей контрольной работы приведены в общей части ФОС программы.

2.3. Выполнение курсовой работы

Для оценивания навыков и опыта деятельности (владения), как результата обучения по дисциплине, используется курсовая работа студента.

Темы курсовых работ приведены в РПД, а задание на выполнение курсовой работы и требования к курсовой работе приведены в методических рекомендациях по выполнению курсовой работы. Методические рекомендации хранятся на выпускающей кафедре и кафедре, ведущей дисциплину.

Структура курсовой работы должна включать в себя титульный лист, оглавление, введение, основные разделы, заключение, библиографический список.

Во введении обосновывается актуальность темы, определяются существующие подходы к проблеме, формулируются цели и задачи исследования, структура работы. Основные разделы содержат теоретическую часть и практическую часть. В заключении формулируются обоснованные выводы по результатам проведенного исследования.

Содержание курсовой работы должно соответствовать следующим требованиям: самостоятельность исследования, наличие анализа специальной литературы по теме исследования, наличие в работе обоснованных суждений автора, логичность изложения результатов, убедительность представленного материала, аргументированность выводов.

Защита курсовой работы проводится с целью выяснения глубины знания по теме, уровень владения методикой исследования, умения излагать освоенный материал и формулировать сделанные выводы профессиональным языком.

По результатам защиты курсовой работы выставляется интегральная оценка по 4–х балльной шкале оценивания, которая распространяется на все запланированные образовательные результаты в форме *знать, уметь, владеть*, указанные в задании на курсовую работу.

Типовые шкала и критерии оценки результатов защиты курсовой работы приведены в общей части ФОС магистерской программы.

Полный перечень тем курсовых работ хранится на кафедре, обеспечивающей преподавание данной дисциплины.

2.4. Промежуточная аттестация (итоговый контроль)

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего и рубежного контроля. Условиями допуска являются успешная сдача курсовой работы и положительная интегральная оценка по результатам текущего и рубежного контроля.

2.4.1. Процедура промежуточной аттестации без дополнительного аттестационного испытания

Промежуточная аттестация проводится в форме зачета. Зачет по дисциплине основывается на результатах выполнения предыдущих индивидуальных заданий студента по данной дисциплине.

Критерии выведения итоговой оценки за компоненты компетенций при проведении промежуточной аттестации в виде зачета приведены в общей части ФОС образовательной программы.

2.4.2. Процедура промежуточной аттестации с проведением аттестационного испытания

В отдельных случаях (например, в случае переаттестации дисциплины) промежуточная аттестация в виде зачета по дисциплине может проводиться с проведением аттестационного испытания по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) для проверки усвоенных знаний, практические задания (ПЗ) для проверки освоенных умений и комплексные задания (КЗ) для контроля уровня приобретенных владений всех заявленных компетенций.

Билет формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические задания, контролирующие уровень сформированности *всех* заявленных компетенций.

2.4.2.1. Типовые вопросы и задания для зачета по дисциплине

Типовые вопросы для контроля усвоенных знаний:

1. Граф. Мультиграф. Псевдограф. Орграф.
2. Операции над графами.
3. Метрические характеристики графа.
4. Докажите, что для связного эйлера графа степени его вершин четны.

Типовые вопросы и практические задания для контроля освоенных умений:

1. Выполнить действия над графами.
2. Матрица инцидентности орграфа и ее свойства.
3. Постройте дополнение графа, заданного своей матрицей смежности.
$$\begin{pmatrix} 0 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

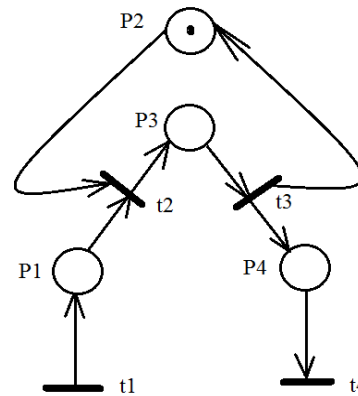
4. Задана матрица весов. Найдите минимальный путь по алгоритму Беллмана-Мура.
$$\begin{pmatrix} - & 3 & 5 & \infty & 4 & \infty & \infty \\ \infty & - & \infty & -8 & \infty & 9 & 15 \\ \infty & \infty & - & 4 & 6 & \infty & \infty \\ \infty & \infty & \infty & - & \infty & -7 & \infty \\ \infty & \infty & \infty & 8 & - & 3 & 11 \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & - & 8 \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & - \end{pmatrix}$$

5. Изобразите сеть Петри, для которой $P = \{P_1, P_2, P_3, P_4, P_5\}$, $T = \{t_1, t_2, t_3, t_4\}$.
Функция входов U : $U(t_1) = \{P_1\}$, $U(t_2) = \{P_2, P_3, P_5\}$, $U(t_4) = \{P_4\}$.
Функция выходов Y : $Y(t_1) = \{P_2, P_3, P_5\}$, $Y(t_2) = \{P_5\}$, $Y(t_3) = \{P_4\}$, $Y(t_4) = \{P_1, P_2, P_3\}$.
Начальная маркировка сети задается вектором $M_0 = (1, 0, 0, 2, 1)$, который реализует отображение $M_0: P_1 \rightarrow 1, P_2 \rightarrow 0, P_3 \rightarrow 0, P_4 \rightarrow 2, P_5 \rightarrow 1$. Определите разрешенные переходы и их непосредственно достижимые маркировки.

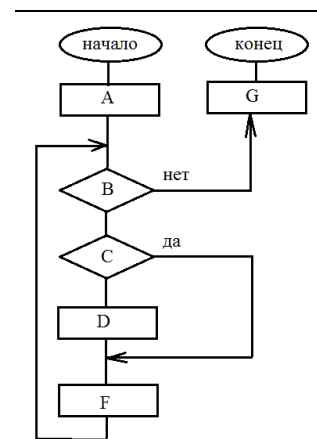
Типовые комплексные задания для контроля приобретенных владений:

1. Постройте дерево принятия решения о выборе профессии выпускником вашей специальности.
2. Для студентов вашей специальности выберите 5 возможных специализаций. Сформулируйте задачу о назначениях с помощью двудольного графа.
3. Постройте граф формирования чисел Фибоначчи.
4. Постройте граф процесса создания макета детали в конструкторском бюро.

5. На рисунке изображена сеть Петри, моделирующая работу вычислительного устройства, которое обрабатывает задание, поступающее с устройства входа, и выводит результаты на устройство выхода. В сети 4 позиции и 4 перехода: P1 – задание ждет обработки, P2 – процессор свободен, P3 – задание обрабатывается, P4 – задание ждет вывода, t1 – задание помещается в очередь, t2 – начало выполнения обработки, t3 – завершение обработки, t4 – задание выводится. Опишите функционирование сети из начального состояния $M_0 = (0,1,0,0)$.



6. На рисунке изображена блок-схема программы вычислений. Составьте сеть Петри, которая моделирует работу этой программы.



2.4.2.2. Шкалы оценивания результатов обучения на зачете

Оценка результатов обучения по дисциплине в форме уровня сформированности компонентов *знать*, *уметь*, *владеть* заявленных компетенций проводится по 4-х балльной шкале оценивания.

Типовые шкала и критерии оценки результатов обучения при сдаче зачета для компонентов *знать*, *уметь* и *владеть* приведены в общей части ФОС образовательной программы.

3. Критерии оценивания уровня сформированности компонентов и компетенций

3.1. Оценка уровня сформированности компонентов компетенций

При оценке уровня сформированности компетенций в рамках выборочного контроля при зачете считается, что *полученная оценка за компонент проверяемой в билете компетенции обобщается на соответствующий компонент всех компетенций, формируемых в рамках данной учебной дисциплины.*

Общая оценка уровня сформированности всех компетенций проводится путем агрегирования оценок, полученных студентом за каждый компонент формируемых компетенций, с учетом результатов текущего и рубежного контроля в виде интегральной оценки по 4-х балльной шкале. Все результаты контроля заносятся в оценочный лист и заполняются преподавателем по итогам промежуточной аттестации.

Форма оценочного листа и требования к его заполнению приведены в общей части ФОС образовательной программы.

При формировании итоговой оценки промежуточной аттестации в виде зачета используются типовые критерии, приведенные в общей части ФОС образовательной программы.