

Федеральное государственное образовательное бюджетное учреждение
высшего образования

**«ФИНАНСОВЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ПРИ ПРАВИТЕЛЬСТВЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ»
(Финансовый университет)
Липецкий филиал**

Кафедра «Учет и информационные технологии в бизнесе»

Черпаков И. В.

Кластерный анализ

Рабочая программа дисциплины

для студентов, обучающихся по направлению
01.03.02 «Прикладная математика и информатика»
образовательная программа «Анализ данных»,
профиль «Анализ данных и принятие решений в экономике и финансах»
(программа подготовки бакалавров)

Липецк 2022

Рецензент: Пеньков В.Б., доктор физико-математических наук, профессор

Черпаков И. В.

Кластерный анализ. Рабочая программа

дисциплины предназначена для подготовки бакалавров, обучающихся по направлению 01.03.02 «Прикладная математика и информатика», образовательная программа «Технологии и алгоритмы анализа сетевых моделей», профиль «Анализ данных и принятие решений в экономике и финансах». — Л.: Липецкий филиал Финуниверситета, кафедра «Учет и информационные технологии в бизнесе», 2022. — 21 с.

Рабочая программа содержит: перечень планируемых результатов освоения образовательной программы (перечень компетенций) с указанием индикаторов их достижения и планируемых результатов обучения по дисциплине, место дисциплины в структуре образовательной программы, содержание дисциплины, семинаров, практических занятий, перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине, фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине, перечень основной и дополнительной учебной литературы, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» ресурсов, необходимых для освоения дисциплины и т.д.

Учебное издание

Черпаков Игорь Владимирович

Программа дисциплины

Компьютерный набор и верстка И. В. Черпаков

Формат 60×90/16. Гарнитура Times New Roman

Усл.п.л. . Изд. № - 2022. Тираж 30 экз.

Заказ №

© Черпаков И. В., 2022

© Липецкий филиал Финуниверситета, 2022

СОДЕРЖАНИЕ

1. Наименование дисциплины	4
2. Перечень планируемых результатов освоения образовательной программы с указанием индикаторов их достижения, соотнесенных с планируемыми результатами обучения по дисциплине	4
3. Место дисциплины в структуре образовательной программы	5
4. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах и академических часах с выделением объема аудиторной (лекции, семинары) и самостоятельной работы обучающихся	5
5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) дисциплины с указанием их объемов (в академических часах) и видов учебных занятий	6
5.1. Содержание дисциплины	6
5.2. Учебно-тематический план	7
5.3. Содержание семинаров, практических занятий	9
6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине	11
6.1. Перечень вопросов, отводимых на самостоятельное освоение дисциплины, формы внеаудиторной самостоятельной работы	11
6.2. Перечень вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю	12
7. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине:	16
8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины	18
9. Перечень ресурсов информационно-коммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины	19
10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины	19
11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень необходимого программного обеспечения и информационных справочных систем	21
12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине	21

1. Наименование дисциплины

Кластерный анализ.

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

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции	Результаты обучения (умения и знания), соотнесенные с компетенциями/индикаторами достижения компетенции
ПКП-5	Способен применять и модифицировать математические модели для решения задач в области профессиональной деятельности	1. Владеет знаниями в области теории и методологии математического моделирования.	<i>1. Знать:</i> особенности математического моделирования. <i>Уметь:</i> аргументированно переходить от первоначальной субъективной формулировки проблемы к целостному структурированному описанию проблемной ситуации в виде математической модели.
		2. Демонстрирует умение строить и модифицировать математические модели в области экономики и финансов.	<i>2. Знать:</i> алгоритмы математических моделей в экономике и финансах. <i>Уметь:</i> выполнять построение и модификацию математических моделей.
		3. Осуществляет решение задач в области экономики и финансов с применением математических моделей.	<i>3. Знать:</i> алгоритмы решения задач в области экономики и финансов <i>Уметь:</i> решать задачи в области экономики и финансов с применением математических моделей.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Кластерный анализ»

является дисциплиной блока дисциплин модуля «Технологии машинного обучения» образовательной программы по направлению 01.03.02 «Прикладная математика и информатика», профиль «Анализ данных и принятие решений в экономике и финансах».

Освоение дисциплины базируется на знаниях, навыках и умениях, полученных при изучении дисциплины: «Алгоритмы и структуры данных в языке Python», «Машинное обучение», «Глубокое обучение».

Требования к входным, умениям и владениям студентов:

Для освоения дисциплины «Кластерный анализ» студент должен:

Знать – теоретические основы теории машинного обучения;

Уметь – формировать алгоритмы, связанные с анализом и обработкой массивов данных и реализовывать их на языке программирования;

Владеть - навыками работы с системами программирования.

Теоретические знания и практические навыки, полученные студентами при изучении дисциплины «Кластерный анализ», могут быть использованы при подготовке курсовых работ, выпускной квалификационной работы, а также при практическом применении в профессиональной деятельности.

4. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах и академических часах с выделением объема аудиторной (лекции, семинары) и самостоятельной работы обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины – 3 зачетные единицы (108 часов).

Вид промежуточной аттестации – зачет.

Вид учебной работы по дисциплине	01.03.02 «Прикладная математика и информатика», профиль «Анализ данных и принятие решений в экономике и финансах»
	Семестр 6
Общая трудоемкость дисциплины	108
<i>Контактная работа Аудиторные занятия</i>	34
Лекции	16
Семинары, практические занятия	18
<i>Самостоятельная работа</i>	74
Вид текущего контроля	контрольная работа
Вид промежуточной аттестации	зачет

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) дисциплины с указанием их объемов (в академических часах) и видов учебных занятий

5.1. Содержание дисциплины

Тема 1. Основы прикладной теории графов

Определение графа. Вершины и ребра графа. Графическое представление графа. Ориентированные графы. Путь, цепь и цикл на графе.9
Связные графы. Эйлеровы цепь и цикл. Задача о кенигсбергских мостах. Матрицы смежности и инцидентности. Дерево. Остовное дерево графа. Метрические и топологические характеристики графов. Эксцентриситет, радиус, и диаметр графа. Плоские и планарные графы. Формула Эйлера.

Тема 2. Сетевые системы. Основные подходы к их моделированию.

Сетевые модели. Понятие сетевой системы и сетевой модели. Модели клеточных автоматов. Перколяционные модели. Модели случайных и эволюционных графов.

Тема 3. Сетевые системы большой размерности.

Анализ интенсивных и больших потоков данных. Динамические графы и графы большой размерности.

Тема 4. Оптимизационные задачи на графах

Алгоритмы поиска остовного дерева минимального веса. Покрытия графов. Алгоритм Дейкстры поиска кратчайшего пути между двумя вершинами. Модифицированный алгоритм Дейкстры (алгоритм Форда). Наилучшая стратегия размещения капитала как задача о кратчайшем пути.

Алгоритмы Флойда и Данцига поиска всех кратчайших путей на графе. Поточковые алгоритмы. Задача о максимальном потоке в сети. Алгоритм Форда-Фалкерсона. Решение задачи о поиске потока минимальной стоимости. Задача о почтальоне для ориентированного и неориентированного графов. Задача о коммивояжере. Гамильтонов контур. Оптимальный гамильтонов контур. Методы решения задачи о коммивояжере. Задачи о покрытиях на графах.

Общая постановка многокритериальной задачи дискретной оптимизации. Парето-оптимальные решения многокритериальных задач дискретной оптимизации. Сведение задач комбинаторной оптимизации к задачам линейного программирования.

Тема 5. Асимптотический и вероятностный анализ алгоритмов.

Трудоемкость алгоритмов. Алгоритмы с полиномиальной и экспоненциальной трудоемкостью. NP-трудные и NP-полные задачи комбинаторной оптимизации.

Тема 6. Балансовые и функциональные графы.

Знаковые графы и теория структурного баланса. Применение взвешенных орграфов и импульсных процессов для моделирования сложных систем. Когнитивные карты.

Тема 7. Моделирование транспортно-логистических систем10

Транспортно-логистические системы большой размерности. Сетевое представление транспортной задачи. Многопродуктовые сети и их анализ.

Тема 8. Моделирование социальных сетей и сетей взаимодействия

Модели влияния. Моделирование социальных сетей. Малые миры и безмасштабные сети. Гипотеза «семи рукопожатий». Модели информационного влияния. Модель информационной конкуренции.

Тема 9. Алгоритмы и технологии анализа криптовалютных платежных систем.

Понятия систем с распределенным реестром. Система блокчейн. Возникновение криптовалют. Сетевые модели криптовалютных платежных систем. Элементы анализа криптовалютной платежной системы Биткойн.

Тема 10. Сетевые модели банковского взаимодействия и фондового рынка.

Дискретные модели финансовых систем и криптовалютных платежных систем. Граф фондового рынка. Теоретико-графовый подход к формированию оптимального портфеля ценных бумаг. Модель взаимодействия в межбанковской сети.

Тема 11. Структурные характеристики крупномасштабных сетевых систем.

Метрики сетевого анализа: распределения степеней вершин, центральность по близости, центральность по посредничеству, коэффициент кластеризации, коэффициент ассортативности, концентрация связей и индекс Херфиндаля. Элементы анализа глобальной торговой сети.

Тема 12. Визуализация сетей и графов большой размерности

Проблема визуализации сетей. Критерии эффективности визуализации. Выразительные возможности при визуализации, интерактивная визуализация и визуализация фрагментов сети. Потребности в визуализации атрибутов элементов сети.

Тема 13. Сетевые модели инфраструктурных проектов.

Модели взаимодействия участников институтов производственных технологий. Сетевые модели Индустрии 4.0.

Тема 14. Сетевые модели сложных технических систем.

Многоагентные системы. Модели искусственной жизни. Управление многопроцессорными системами. Модели взаимодействия в группах роботизированных систем. Сенсорные системы мониторинга. Адаптивные сети связи.

5.2. Учебно-тематический план

№ п/п	Наименование разделов	Всего часов	Аудиторные занятия, в т.ч.			Из них в интерактивной форме	Самостоятельная работа	Форма текущего контроля
			Общее	Лекции	Практические занятия			
1	Тема 1. Основы прикладной теории графов	10	6	1	5	4	4	Выполнение контрольных тестовых заданий
2	Тема 2. Сетевые системы. Основные	3	2	1	1	0	1	Выполнение лабораторных работ

№ п/п	Наименование разделов	Всего часов	Аудиторные занятия, в т.ч.			Из них в интеракт ивной форме	Самостоя тельная работа	Форма текущего контроля
			Общие	Лекц ии	Практи ческие занятия			
	подходы к их моделированию.							
3	Тема 3. Сетевые системы большой размерности.	5	3	2	1	1	2	Выполнение лабораторных работ
4	Тема 4. Оптимизационные задачи на графах	11	4	1	3	2	7	Выполнение лабораторных работ
5	Тема 5. Асимптотический и вероятностный анализ алгоритмов.	6	5	2	3	1	1	Выполнение лабораторных работ
6	Тема 6. Балансовые и функциональные графы.	11	7	2	5	4	4	Выполнение лабораторных работ
7	Тема 7. Моделирование транспортно- логистических систем ¹⁰	6	2	0	2	1	4	Выполнение лабораторных работ
8	Тема 8. Моделирование социальных сетей и сетей взаимодействия	10	5	3	2	1	5	Выполнение лабораторных работ
9	Тема 9. Алгоритмы и технологии анализа криптовалютных платежных систем.	6	2	0	2	2	4	Выполнение лабораторных работ
10	Тема 10. Сетевые модели банковского взаимодействия и фондового рынка.	10	2	0	2	1	8	Выполнение лабораторных работ
11	Тема 11. Структурные характеристики крупномасштабных сетевых систем.	8	2	0	2	2	6	Выполнение лабораторных работ
12	Тема 12. Визуализация сетей и графов большой размерности	3	1	1	0	0	2	Выполнение лабораторных работ
13	Тема 13. Сетевые модели инфраструктурных проектов.	10	4	2	2	1	6	Выполнение лабораторных работ
14	Тема 14. Сетевые модели сложных технических систем.	9	5	1	4	3	4	Выполнение лабораторных работ
	ИТОГО:	108	50	16	34	67%	58*	Согласно учебному плану: контрольная работа

*в том числе промежуточная аттестация -2 часа

5.3. Содержание семинаров, практических занятий

Наименование темы (раздела) дисциплины	Перечень вопросов для обсуждения на семинарах, практических занятиях, рекомендуемые источники из разделов 8, 9 (указывается раздел и порядковый номер источника)	Формы проведения занятий
Тема 1. Основы прикладной теории графов	Связные графы. Эйлеровы цепь и цикл. Задача о кенигсбергских мостах. Матрицы смежности и инцидентности <i>Рекомендуемая литература - 8.1-8.2</i>	Изучение теоретического материала, рекомендуемой литературы и интернет-источников, разбор ситуационных и типовых заданий
Тема 2. Сетевые системы. Основные подходы к их моделированию.	Понятие сетевой системы и сетевой модели. Модели клеточных автоматов. <i>Рекомендуемая литература - 8.1-8.2</i>	Изучение теоретического материала, рекомендуемой литературы и интернет-источников, разбор ситуационных и типовых заданий
Тема 3. Сетевые системы большой размерности.	Динамические графы и графы большой размерности. <i>Рекомендуемая литература - 8.1-8.2</i>	Изучение теоретического материала, рекомендуемой литературы и интернет-источников, разбор ситуационных и типовых заданий
Тема 4. Оптимизационные задачи на графах	Алгоритм Дейкстры поиска кратчайшего пути между двумя вершинами. Модифицированный алгоритм Дейкстры (алгоритм Форда). <i>Рекомендуемая литература - 8.1-8.2</i>	Изучение теоретического материала, рекомендуемой литературы и интернет-источников, разбор ситуационных и типовых заданий
Тема 5. Асимптотический и вероятностный анализ алгоритмов.	NP-трудные и NP-полные задачи комбинаторной оптимизации. <i>Рекомендуемая литература - 8.1-8.2</i>	Изучение теоретического материала, рекомендуемой литературы и интернет-источников, разбор ситуационных и типовых заданий
Тема 6. Балансовые и функциональные графы.	Применение взвешенных орграфов и импульсных процессов для моделирования сложных систем. <i>Рекомендуемая литература - 8.1-8.2</i>	Изучение теоретического материала, рекомендуемой литературы и интернет-источников, разбор ситуационных и типовых заданий
Тема 7. Моделирование транспортно-логистических систем	Сетевое представление транспортной задачи. <i>Рекомендуемая литература - 8.1-8.2</i>	Изучение теоретического материала, рекомендуемой литературы и интернет-источников, разбор ситуационных и типовых заданий

Наименование темы (раздела) дисциплины	Перечень вопросов для обсуждения на семинарах, практических занятиях, рекомендуемые источники из разделов 8, 9 (указывается раздел и порядковый номер источника)	Формы проведения занятий
Тема 8. Моделирование социальных сетей и сетей взаимодействия	Гипотеза «семи рукопожатий». Модели информационного влияния. <i>Рекомендуемая литература - 8.1-8.2</i>	Изучение теоретического материала, рекомендуемой литературы и интернет-источников, разбор ситуационных и типовых заданий
Тема 9. Алгоритмы и технологии анализа криптовалютных платежных систем.	Система блокчейн. Возникновение криптовалют. Сетевые модели криптовалютных платежных систем. <i>Рекомендуемая литература - 8.1-8.2</i>	Изучение теоретического материала, рекомендуемой литературы и интернет-источников, разбор ситуационных и типовых заданий
Тема 10. Сетевые модели банковского взаимодействия и фондового рынка.	Граф фондового рынка. Теоретико-графовый подход к формированию оптимального портфеля ценных бумаг. <i>Рекомендуемая литература - 8.1-8.2</i>	Изучение теоретического материала, рекомендуемой литературы и интернет-источников, разбор ситуационных и типовых заданий
Тема 11. Структурные характеристики крупномасштабных сетевых систем.	Метрики сетевого анализа: распределения степеней вершин, центральность по близости. <i>Рекомендуемая литература - 8.1-8.2</i>	Изучение теоретического материала, рекомендуемой литературы и интернет-источников, разбор ситуационных и типовых заданий
Тема 12. Визуализация сетей и графов большой размерности	Критерии эффективности визуализации. Выразительные возможности при визуализации, интерактивная визуализация и визуализация фрагментов сети. <i>Рекомендуемая литература - 8.1-8.2</i>	Изучение теоретического материала, рекомендуемой литературы и интернет-источников, разбор ситуационных и типовых заданий
Тема 13. Сетевые модели инфраструктурных проектов.	Сетевые модели Индустрии 4.0. <i>Рекомендуемая литература - 8.1-8.2</i>	Изучение теоретического материала, рекомендуемой литературы и интернет-источников, разбор ситуационных и типовых заданий
Тема 14. Сетевые модели сложных технических систем.	Модели взаимодействия в группах роботизированных систем. <i>Рекомендуемая литература - 8.1-8.2</i>	Изучение теоретического материала, рекомендуемой литературы и интернет-источников, разбор ситуационных и типовых заданий

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

6.1. Перечень вопросов, отводимых на самостоятельное освоение дисциплины, формы внеаудиторной самостоятельной работы

Наименование темы (раздела) дисциплины	Указание разделов и тем, отводимых на самостоятельное освоением обучающимися	Формы внеаудиторной самостоятельной работы
Тема 1. Основы прикладной теории графов	Граф фондового рынка. Теоретико-графовый подход к формированию оптимального портфеля ценных бумаг.	Изучение теоретического материала по теме занятия. Работа с учебной литературой
Тема 2. Сетевые системы. Основные подходы к их моделированию.	Метрики сетевого анализа: распределения степеней вершин, центральность по близости	Изучение теоретического материала по теме занятия. Работа с учебной литературой
Тема 3. Сетевые системы большой размерности.	Критерии эффективности визуализации. Выразительные возможности при визуализации, интерактивная визуализация и визуализация фрагментов сети.	Изучение теоретического материала по теме занятия. Работа с учебной литературой
Тема 4. Оптимизационные задачи на графах	Сетевые модели Индустрии 4.0.	Изучение теоретического материала по теме занятия. Работа с учебной литературой
Тема 5. Асимптотический и вероятностный анализ алгоритмов.	Модели взаимодействия в группах роботизированных систем.	Изучение теоретического материала по теме занятия. Работа с учебной литературой
Тема 6. Балансовые и функциональные графы.	Связные графы. Эйлеровы цепь и цикл. Задача о кенигсбергских мостах. Матрицы смежности и инцидентности	Изучение теоретического материала по теме занятия. Работа с учебной литературой
Тема 7. Моделирование транспортно-логистических систем ¹⁰	Понятие сетевой системы и сетевой модели. Модели клеточных автоматов.	Изучение теоретического материала по теме занятия. Работа с учебной литературой
Тема 8. Моделирование социальных сетей и сетей взаимодействия	Динамические графы и графы большой размерности.	Изучение теоретического материала по теме занятия. Работа с учебной литературой
Тема 9. Алгоритмы и технологии анализа криптовалютных платежных систем.	Алгоритм Дейкстры поиска кратчайшего пути между двумя вершинами. Модифицированный алгоритм Дейкстры (алгоритм Форда).	Изучение теоретического материала по теме занятия. Работа с учебной литературой
Тема 10. Сетевые модели банковского взаимодействия и фондового рынка.	NP-трудные и NP-полные задачи комбинаторной оптимизации.	Изучение теоретического материала по теме занятия. Работа с учебной литературой

Наименование темы (раздела) дисциплины	Указание разделов и тем, отводимых на самостоятельное освоением обучающимися	Формы внеаудиторной самостоятельной работы
Тема 11. Структурные характеристики крупномасштабных сетевых систем.	Применение взвешенных оргграфов и импульсных процессов для моделирования сложных систем.	Изучение теоретического материала по теме занятия. Работа с учебной литературой
Тема 12. Визуализация сетей и графов большой размерности	Сетевое представление транспортной задачи.	Изучение теоретического материала по теме занятия. Работа с учебной литературой
Тема 13. Сетевые модели инфраструктурных проектов.	Гипотеза «семи рукопожатий». Модели информационного влияния.	Изучение теоретического материала по теме занятия. Работа с учебной литературой
Тема 14. Сетевые модели сложных технических систем.	Система блокчейн. Возникновение криптовалют. Сетевые модели криптовалютных платежных систем.	Изучение теоретического материала по теме занятия. Работа с учебной литературой

6.2. Перечень вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю

Примеры тестовых вопросов для самостоятельной подготовки к текущему контролю

1. Проблемой использования сетевых моделей является:
 - а) проблема получения всех оценок продолжительности работ;
 - б) проблема получения всех оценок продолжительности потенциалов;
 - в) проблема получения всех оценок продолжительности событий.
2. Проблемой использования сетевых моделей является:
 - а) лицо, проводящее экспертную оценку, не понимающее статистической сути оценок продолжительности работ;
 - б) лицо, проводящее экспертную оценку, не понимающее статистической сути оценок продолжительности потенциалов;
 - в) лицо, проводящее экспертную оценку, не понимающее статистической сути оценок продолжительности событий.
3. Проблемой использования сетевых моделей является выполнение условий:
 - а) непрерывности, унимодальности, конечности и неотрицательности распределения продолжительности работ;
 - б) непрерывности, унимодальности, конечности и неотрицательности распределения продолжительности потенциалов;
 - в) непрерывности, унимодальности, конечности и неотрицательности распределения продолжительности событий.
4. Проблемой использования сетевых моделей является применение формул к расчету сетевых графиков:
 - а) с достаточно большим числом критических работ (более 30);

- б) с достаточно средним числом критических работ (менее 30);
 - в) с достаточно малым числом критических работ (от 10 до 15).
5. Проблемой использования сетевых моделей является:
- а) что дисперсии некритических работ существенно больше, чем дисперсии критических работ;
 - б) что дисперсии критических работ существенно больше, чем дисперсии некритических работ;
 - в) что дисперсии некритических работ равны дисперсии критических работ.
6. Оптимизация сетевой модели может проводиться:
- а) по стоимости работ;
 - б) по качеству материалов;
 - в) по трудовым ресурсам;
 - г) по информационным ресурсам;
 - д) по параметрам «время—стоимость»;
 - е) по параметрам «цена—качество».
7. Оптимизация сетевой модели может предполагать:
- а) приведение параметров сетевого графика к существующим ограничениям;
 - б) повышение качества производимой продукции;
 - в) повышение заработной платы исполнителей;
 - г) перепланирование работ по проекту
 - д) изменение топологии сетевого графика.
8. Главный вид оптимизации — это оптимизация:
- а) по стоимости;
 - б) по ресурсам;
 - в) по времени.
9. Оптимизация сетевого графика по времени производится в случаях:
- а) когда проект не укладывается в директивные сроки;
 - б) когда проект заканчивается раньше запланированного времени;
 - в) когда имеются бюджетные ограничения.
10. Методами оптимизации сетевого графика по времени являются:
- а) сокращение продолжительности критических работ;
 - б) перенос директивных сроков на более позднее время;
 - в) изменение топологии сетевого графика за счет изменения технологии работ

Примерные вопросы и задания контрольной работы

1. Какой наибольший диаметр может быть у графа с n вершинами? Сколько имеется (абстрактных) графов с таким диаметром?
2. Может ли радиус графа в результате добавления одного нового ребра
 - а) увеличиться; б) уменьшиться; в) остаться прежним?
3. Найдите диаметр и радиус графа $C_3 \times C_5$.
4. Сколько ребер в графе пересечений ребер графа K_n ?
5. Граф пересечений семейства интервалов на прямой называют графом

интервалов.

6. Сколько имеется неориентированных графов с n вершинами, в которых допускаются петли?

7. Сколько ребер в графе с n вершинами, если в нем имеется единственный цикл?

8. Перечислите все абстрактные деревья с 6 (7) вершинами.

9. В дереве имеется 40 вершин степени 4, все остальные вершины – листья. Сколько листьев в этом дереве?

10. В дереве имеется ровно три листа a, b, c , причем $d(b, c)=21$, $d(a, b)=37$, $d(a, c)=44$. Сколько всего вершин в этом дереве?

11. Дерево имеет две центральные вершины, а его радиус равен 6. Чему равен диаметр d дерева?

12. Найдите хроматическое число графа $C_4 \times C_7$

13. Для каких из следующих графов алгоритм последовательной раскраски дает точный результат при любом упорядочении вершин: P_3, P_4, C_4, C_6 .

14. Верно ли, что алгоритм последовательной раскраски, примененный к двудольному графу, всегда дает оптимальную раскраску?

15. Найдите хроматический индекс графов $C_6, C_7, K_{3,3}, K_{4,4}, K_4, K_5$.

16. Какие из следующих утверждений верны для любого взвешенного графа?

Если в графе имеется единственное ребро наименьшего веса, то оно принадлежит каждому оптимальному каркасу.

Если в графе имеются точно два ребра наименьшего веса, то они оба принадлежат каждому оптимальному каркасу.

Если в графе имеются точно три ребра наименьшего веса, то все они принадлежат каждому оптимальному каркасу.

Каждое ребро минимального веса принадлежит какому-нибудь оптимальному каркасу.

17. Вершины полного графа $K_{p,q}$ размещаются в целочисленных точках прямоугольника $[1, p] \times [1, q]$. Вес каждого ребра равен евклидовой длине отрезка, соединяющего вершины этого ребра. Чему равен вес оптимального каркаса для этого графа? Каков будет вес оптимального каркаса, если из графа удалить все ребра длины 1? Каков будет вес оптимального каркаса, если из графа удалить все ребра с длинами 1, 2 и $\sqrt{2}$, а $p=q=8$? Каков будет вес оптимального каркаса, если из графа удалить все ребра с длинами 1 и $\sqrt{2}$, а $p=q=8$?

18. Каркасы, построенные для некоторого графа с помощью алгоритмов Прима, Краскала и Дейкстры, имеют соответственно веса a, b и c . Какое из следующих соотношений обязательно выполняются для этих чисел?

1) $a \geq c$; 2) $a=b$; 3) $b \leq c$; 4) $b=c$.

19. Построить предфрактальный граф GL , порожденный затравкой $K_{1,3}$.

20. Определить количество вершин и ребер предфрактального графа GL , порожденного двумя затравками с чередованием K_3 и K_4 . $G_1=K_3$

21. Построить предфрактальный граф GL , порожденный затравкой P_3 .

22. Определить количество вершин и ребер предфрактального графа G_L , порожденного двумя затравками с чередованием P_3 и P_4 . $G_1=P_4$

23. При каких условиях порождения будут равны диаметры предфрактальных графов G_{1L} , порожденного K_n и G_{2L} , порожденного множеством затравок $H=\{K_1, K_2, K_3\}$

24. При каких условиях порождения будут равны диаметры предфрактальных графов G_{1L} , порожденного K_n и G_{2L} , порожденного множеством затравок $H=\{K_1, K_2, \dots, K_n\}$

25. Знаковый граф называется -сбалансированным, если каждый цикл длины, не превосходящей k , положителен. Привести пример 3-сбалансированного знакового графа, который не является 4-сбалансированным.

26. Знаковый граф называется локально сбалансированным в вершине u , если каждый содержащий u цикл положителен. Привести пример локально сбалансированного графа, который не является сбалансированным [глобально].

27. Изобразить знаковый граф, представляющий некоторую политическую ситуацию. Обсудить вопросы сбалансированности.

28. Изобразить знаковые графы, представляющие отношения симпатии (антипатии) в различных частях некоторого литературного произведения (достаточно высокого уровня). Обсудить вопросы баланса.

29. Сформулировать аналог теоремы Харари для орграфов.

30. В качестве меры сбалансированности орграфа наряду с величиной $b(G)$ можно использовать величину $b'(G) = p$, где p – число положительных элементов в графе G , n – число отрицательных циклов.

а) исследовать свойства меры $b'(G)$;

б) показать, что меры $b(G)$ и $b'(G)$ по существу совпадают, т.е. $\forall G_1, G_2$
 $b(G_1) \geq b(G_2) \Leftrightarrow b'(G_1) \geq b'(G_2)$;

31. Предложить $\frac{1}{2}$ - приближенный алгоритм для решения следующей задачи. В ориентированном графе $G=(V, E)$ выбрать максимальное по мощности множество дуг, такое, что полученный подграф не содержит циклов. (Для произвольного множества вершин выбрать наибольшее из множеств, содержащее либо входящие, либо выходящие дуги. Какую схему можно использовать для верхней оценки оптимума?)

32. Разработать 2-приближенный алгоритм для задачи поиска максимального паросочетания минимального веса в неориентированном графе. (Использовать тот факт, что произвольное максимальное паросочетание не меньше половины максимального паросочетания.) 33. Рассмотрим следующий 2-приближенный алгоритм для задачи о вершинном покрытии наименьшей мощности. С помощью поиска в глубину построить в графе G дерево и выдать множество внутренних вершин S этого дерева. Показать, что S действительно является вершинным покрытием в G и $|S|$ меньше либо равно $2 \cdot \text{OPT}$. (Показать, что G имеет паросочетание мощности $|S|/2$).

34. Рассмотрим следующий жадный алгоритм для решения задачи о

вершинном покрытии наименьшей мощности. На каждом шаге выбираем вершину максимальной степени, добавляем её в покрытие и удаляем её и все смежные ей ребра. Продолжаем, пока не удалим все ребра. Доказать, что этот алгоритм для графа с n вершинами всегда выдает решение, стоимость которого не более чем в $\ln n$ раз больше оптимального. Построить пример, на котором решение, полученное жадным алгоритмом, в 100 раз хуже, чем оптимальное

Критерии балльной оценки различных форм текущего контроля успеваемости содержатся в соответствующих методических рекомендациях кафедры.

7. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине:

Перечень планируемых результатов освоения образовательной программы (перечень компетенций) с указанием индикаторов их достижения и планируемых результатов обучения по дисциплине содержится в разделе 2 «Перечень планируемых результатов освоения образовательной программы (перечень компетенций) с указанием индикаторов их достижения и планируемых результатов обучения по дисциплине».

Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений

Компетенция	Типовые контрольные задания
ОПК-3. Способен применять и модифицировать математические модели для решения задач в области профессиональной деятельности	<p>1. Владеет знаниями в области теории и методологии математического моделирования.</p> <p style="text-align: center;">Задание 1</p> <p>Разработайте 2-приближенный алгоритм для задачи поиска максимального паросочетания минимального веса в неориентированном графе.</p> <p>2. Демонстрирует умение строить и модифицировать математические модели в области экономики и финансов.</p> <p style="text-align: center;">Задание 2</p> <p>Проведите расчет алгоритма Дейкстры для заданного графическим способом графа в среде Python</p> <p>3. Осуществляет решение задач в области экономики и финансов с применением математических моделей.</p> <p style="text-align: center;">Задание 3</p> <p>Проведите расчет алгоритма Дейкстры для заданного графическим способом графа в среде MS Excel.</p>
ПКП-4. Способен применять	1. Владеет математическим аппаратом, необходимым для разработки вычислительных алгоритмов.

математический аппарат при разработке вычислительных алгоритмов для решения задач в области экономики и финансов	<p style="text-align: center;">Задача 1</p> <p>Предложить $\frac{1}{2}$ - приближенный алгоритм для решения следующей задачи. В ориентированном графе $G=(V, E)$ выбрать максимальное по мощности множество дуг, такое, что полученный подграф не содержит циклов. (Для произвольного множества вершин выбрать наибольшее из множеств, содержащее либо входящие, либо выходящие дуги. Какую схему можно использовать для верхней оценки оптимума?</p> <p>2. Разрабатывает вычислительные алгоритмы для решения задач в области экономики и финансов.</p> <p style="text-align: center;">Задание 2</p> <p>Разработать 2-приближенный алгоритм для задачи поиска максимального паросочетания минимального веса в неориентированном графе. (Использовать тот факт, что произвольное максимальное паросочетание не меньше половины максимального паросочетания.)</p>
---	--

Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

1. Основные определения и обозначения, связанные с графами, орграфами и мультиграфами. Способы задания графов.
2. Матрицы смежности и инцидентности, их свойства.
3. Леса и деревья. Эквивалентные определения дерева. Корневые и остовные деревья.
4. Алгоритмы Прима и Краскала нахождения минимального остова.
5. Бинарные деревья. Хранение и поиск информации в бинарных деревьях. Добавление и удаление элементов.
6. Деревья, сбалансированные по высоте (AVL-деревья) и по весу
7. Поиск по графу в ширину и глубину. Свойства дерева поиска. Связь поиска в ширину с кратчайшими цепями графа.
8. Структурные характеристики графов. Точки сочленения, мосты и блоки графа. Вершинная и реберная k-связность.
9. Взаимное расположение двух блоков в графе. Дерево блоков и точек сочленения. Алгоритм поиска блоков.
10. Кратчайшие пути во взвешенных орграфах. Алгоритмы Дейкстры и Флойда-Уоршелла. Сети и потоки в сетях.
11. Задача о максимальном потоке. Остаточные сети, дополняющие пути и разрезы.
12. Теорема и обобщенный алгоритм Форда-Фалкерсона.
13. Анализ работы алгоритма в случае целых и рациональных пропускных способностей.
14. Метод кратчайших путей.
15. Визуализация графов. Плоские и планарные графы.

16. Нормальные карты и эйлеровы многогранники. Формула Эйлера и ее следствия.
17. Критерий планарности Понтрягина-Куратовского.
18. Алгоритм укладки графа на плоскости.
19. Понятие геометрически двойственного графа.
20. Многокритериальные задачи дискретной оптимизации. Задачи о покрытиях.
21. Графический метод решения двукритериальной задачи на графах.
22. Труднорешаемые задачи на графах. Классы P, NP, NPC. Связь между задачами “Клика” и “Выполнимость”. Некоторые NP-полные задачи на графах (“Изоморфный подграф”, “Независимость”, “Вершинное покрытие”, “Гамильтонов цикл”, “3-раскрашиваемость” и другие).
23. 10.Динамические графы и графы большой размерности. Понятие динамического графа и его характеристики.
24. 11.Применение знаковых и функциональных графов для проведения сценарного анализа развития сетевых систем.
25. 12.Применение динамических графов и графов большой размерности для моделирования и анализа сетевых систем.
26. Сетевые модели инфраструктурных проектов. Сетевые модели сложных технических систем.
27. Сетевые модели банковского взаимодействия и фондового рынка.
28. Алгоритмы и технологии анализа криптовалютных платежных систем.
29. Моделирование социальных сетей и сетей взаимодействия. Моделирование транспортно-логистических систем.
30. Современные технологии и специальное программное обеспечение для анализа сетевых систем

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений

Соответствующие приказы, распоряжения ректората о контроле уровня освоения дисциплин и сформированности компетенций студентов.

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

Основная литература:

1. Гданский, Н. И. Основы теории и алгоритмы на графах: учебное пособие / Н. И. Гданский. — Москва: ИНФРА-М, 2020. — 206 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-014386-6. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/978686>, (дата обращения: 01.04.2021).

Дополнительная литература:

2. Асанов, М.О. Дискретная математика: графы, матроиды, алгоритмы: учебное пособие / М.О. Асанов, В.А. Баранский, В.В. Расин. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2020. — 364 с. — ЭБС Лань. — URL:

<https://e.lanbook.com/book/130477> (дата обращения: 21.01.2020). — Текст: электронный

9. Перечень ресурсов информационно-коммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

1. Сетевые модели. — <https://www.google.com/search?q=%D1%81%D0%B5%D1%82%D0%B5%D0%B2%D1%8B%D0%B5%20%D0%BC%D0%BE%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D0%B8>.
2. Сетевые модели планирования и управления проектами. — http://math.nsc.ru/LBRT/k4/or/or_part3.pdf.
3. Вероятностные сетевые модели и решаемые на них задачи. — <http://www.stroitelstvo-new.ru/proizvodstvo/verojatnostnye-setevye-modeli.shtml>.

10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Изучение дисциплины необходимо начинать с предварительного ознакомления с рабочей программой по дисциплине. Прежде всего, необходимо ознакомиться с содержанием рабочей программы дисциплины, с целями и задачами, сформулированными в данной дисциплине, ее связями с другими дисциплинами образовательной программы, методическими разработками по данной дисциплине, имеющимися на образовательном портале и сайте кафедры, с графиком консультаций преподавателей кафедры.

Рекомендации по подготовке к практическим (семинарским) занятиям.

Целью семинарских занятий является усвоение студентами теоретических основ изучаемой дисциплины.

В этой связи студентам необходимо: при подготовке к очередному семинарскому занятию по лекциям, монографиям и литературным источникам проработать теоретический материал, соответствующей темы занятия, обратив особое внимание на дискуссионные, проблемные вопросы;

- при подготовке к практическим занятиям следует обязательно использовать наряду с лекциями и рекомендованной литературой, методическими инструкциями.
- в начале занятий задать преподавателю вопросы по материалу, вызвавшему затруднения в его понимании, заданных для самостоятельного решения;
- в ходе семинара давать конкретные, четкие ответы по существу вопросов.

Методические рекомендации по выполнению различных форм самостоятельных домашних заданий

Самостоятельная работа студентов по дисциплине включает в себя выполнение следующих видов заданий: изучение методологии и методики анализа деятельности организаций; подготовку домашних заданий в виде решений задач и тестов, подготовку докладов по проблемным и

дискуссионным вопросам, решение ситуаций, способствующих приобретению практических навыков по проведению анализа для принятия управленческих решений.

Перечисленные задания ориентированы на более глубокое усвоение материала изучаемой дисциплины. В рабочей программе дисциплины по каждой теме названы виды заданий для самостоятельной работы.

К выполнению заданий для самостоятельной работы предъявляются следующие требования: задания должны исполняться самостоятельно и представляться в установленный срок, а также соответствовать установленным требованиям по оформлению. Студентам следует руководствоваться графиком самостоятельной работы, определенным РПД; выполнять все плановые задания, выдаваемые преподавателем для самостоятельного выполнения, и разбирать на семинарах и консультациях неясные вопросы; при подготовке к зачету параллельно прорабатывать соответствующие теоретические и практические разделы дисциплины, фиксируя неясные моменты для их обсуждения на плановой консультации.

Методические рекомендации по работе с литературой

Любая форма самостоятельной работы студента (подготовка к семинарскому занятию, написание эссе, курсовой работы, доклада и т.п.) начинается с изучения соответствующей литературы, как в библиотеке, так и дома. К каждой теме учебной дисциплины подобрана основная и дополнительная литература.

Основная литература — это нормативные акты и рекомендованные учебные пособия.

Дополнительная литература — это дополнительные монографии, сборники научных трудов, справочные материалы, энциклопедии, интернет ресурсы.

Рекомендации студенту:

- выбранную монографию или статью целесообразно внимательно просмотреть. В книгах следует ознакомиться с оглавлением и научно-справочным аппаратом, прочитать аннотацию и предисловие. Целесообразно ее пролистать, рассмотреть иллюстрации, таблицы, диаграммы, приложения. Такое поверхностное ознакомление позволит узнать, какие главы следует читать внимательно, а какие — прочитать быстро;

- в книге или журнале, принадлежащие самому студенту, ключевые позиции можно выделять маркером или делать пометки на полях. При работе с Интернет-источником целесообразно также выделять важную информацию;

- если книга или журнал не являются собственностью студента, то целесообразно записывать номера страниц, которые привлекли внимание. Позже следует возвратиться к ним, перечитать или переписать нужную информацию. Физическое действие по записыванию помогает прочно заложить данную информацию в «банк памяти».

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень необходимого программного обеспечения и информационных справочных систем

11.1. Комплект лицензионного программного обеспечения:

- 1) Продукты компании Microsoft, включая ОС Windows 7 и Office 2010
- 2) Kaspersky Endpoint Security
- 3) Среда программирования Python.

11.2. Современные профессиональные базы данных:

1) База данных Системы комплексного раскрытия информации «СКРИН» — <http://www.skrin.ru/>

2) База данных Федеральной службы государственной статистики: <http://www.gks.ru/>

11.3. Информационные справочные системы:

- 1) Электронный периодический справочник «Система ГАРАНТ»
- 2) Справочно-правовая система КонсультантПлюс
- 3) Официальный интернет-портал правовой информации <http://pravo.gov.ru> (доступ свободный).

11.4. Сертифицированные программы и аппаратные средства защиты информации

Не предусмотрены.

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

1. Учебная аудитория для проведения учебных занятий, предусмотренных программой бакалавриата, оснащенная оборудованием и техническими средствами обучения.

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