

Федеральное государственное образовательное бюджетное
учреждение высшего образования
**«ФИНАНСОВЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПРИ
ПРАВИТЕЛЬСТВЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ»**
(Финансовый университет)
Департамент анализа данных, принятия решений
и финансовых технологий

УТВЕРЖДАЮ

проректор по развитию
образовательных программ

Каша Е.А. Каменева
«22» октября 2019 г.

**ТЕХНОЛОГИИ И АЛГОРИТМЫ АНАЛИЗА СЕТЕВЫХ
МОДЕЛЕЙ**

Рабочая программа дисциплины

Для студентов, обучающихся по направлению подготовки
09.03.03 «Прикладная информатика
профиль «ИТ-сервисы и технологии обработки данных в экономике и
финансах»

*Рекомендовано Ученым советом факультета
«Прикладная математика и информационные технологии»
(протокол № 3 от 15 октября 2019 г.)*

*Одобрено Советом учебно-научного департамента анализа данных,
принятия решений и финансовых технологий
(протокол № 18 от 15 октября 2019 г.)*

Москва 2019

Федеральное государственное образовательное бюджетное
учреждение высшего образования
**«ФИНАНСОВЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПРИ
ПРАВИТЕЛЬСТВЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ»**
(Финансовый университет)
Департамент анализа данных, принятия решений
и финансовых технологий

Кочкаров А.А., Кочкаров Р.А.

ТЕХНОЛОГИИ И АЛГОРИТМЫ АНАЛИЗА СЕТЕВЫХ МОДЕЛЕЙ

Рабочая программа дисциплины

для студентов, обучающихся по направлению подготовки
09.03.03 «Прикладная информатика»
профиль «ИТ-сервисы и технологии обработки данных в экономике и
финансах»

Москва 2019

УДК 330.45(073) 520344
ББК 22.18я73
Г 65

Рецензент: **В. Г. Феклин** – к. ф-м. н., доцент департамента анализа данных, принятия решений и финансовых технологий.

Кочкаров А.А., Кочкаров Р.А. «Технологии и алгоритмы анализа сетевых моделей». Рабочая программа дисциплины для студентов, обучающихся по направлению подготовки 09.03.03 «Прикладная информатика, профиль «ИТ-сервисы и технологии обработки данных в экономике и финансах» (программа подготовки бакалавриата). – М.: Финансовый университет, 2019. – 29 с.

Дисциплина «Технологии и алгоритмы анализа сетевых моделей» относится к Модулю дисциплин по выбору, углубляющих освоение профиля «ИТ-сервисы и технологии обработки данных в экономике и финансах» (2019, 2020 год приема), к Профильному блоку дисциплин по выбору (2017, 2018 год приема), направление подготовки 09.03.03 «Прикладная информатика».

Рабочая программа содержит требования к уровню освоения содержания дисциплины, объем дисциплины и виды учебной работы, программу дисциплины и тематику практических занятий, учебно-методическое и информационное обеспечение.

УДК 330.45(073) 520344
ББК 22.18я73

Учебное издание

Азрет Ахматович Кочкаров

Расул Ахматович Кочкаров

Технологии и алгоритмы анализа сетевых моделей

Рабочая программа дисциплины

Компьютерный набор, верстка И.С. Демин
Формат 60x90/16. Гарнитура *Times New Roman*

Усл. п.л. 0,8. Изд. № - 2019. Тираж - экз.

Заказ № _____

Отпечатано в Финансовом университете

© **Кочкаров Азрет Ахматович,
Кочкаров Расул Ахматович, 2019**

© **Финансовый университет, 2019**

Содержание

1. Наименование дисциплины	5
2. Перечень планируемых результатов освоения образовательной программы (перечень компетенций) с указанием индикаторов их достижения и планируемых результатов обучения по дисциплине.....	5
3. Место дисциплины в структуре образовательных программ.....	7
5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) дисциплины с указанием их объемов (в академических часах) и видов учебных занятий.....	8
5.1. Содержание дисциплины	8
5.2. Учебно-тематический план.....	10
5.3. Содержание практических и семинарских занятий	13
6. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины:	16
7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения литературы.....	17
8. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.....	18
9. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень необходимого программного обеспечения и информационных справочных систем.....	18
10. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине	18

1. Наименование дисциплины

«Технологии и алгоритмы анализа сетевых моделей».

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

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции	Результаты обучения (владения, умения и знания), соотношенные с компетенциями/индикаторами достижения компетенции
2019, 2020 год приема			
ОПК-7	Способен разрабатывать алгоритмы и программы, пригодные для практического применения	1. Разрабатывает алгоритмы решения прикладных задач с использованием математических и современных аналитических методов.	Знать основные понятия, терминологию, методы и методики для проведения анализа моделей сетевых систем. Уметь разрабатывать оптимизационные алгоритмы решения прикладных задач на динамических графах большой размерности и применять современные инструменты программного обеспечения для их реализации.
		2. Реализует алгоритмы с использованием современных средств разработки прикладного программного обеспечения	Знать методы, методики, алгоритмы и библиотеки современного программного обеспечения (языков программирования R и Python) для проведения анализа динамических сетевых систем большой размерности. Уметь использовать библиотеки языков программирования R и Python, а также встроенные функции MS Excel для анализа сетевых моделей.
		3. Владеет навыками тестирования программного обеспечения, необходимыми для создания программных продуктов промышленного качества	Знать технологии и методы структурирования и визуального представления разнородной информации на основе сетевых моделей. Уметь использовать библиотеки современного программного обеспечения (языков программирования R и Python) а также встроенные функции MS Excel для визуализации результатов анализа сетевых моделей.

ПКП-4	Способность применять технологии моделирования и анализа процессов в сфере экономики и финансов	1. Демонстрирует знания в области теории и методологии моделирования и анализа в сфере экономики и финансов.	Знать методы прикладной теории графов, методики анализа графов большой размерности, методы анализа интенсивных потоков данных. Уметь проводить структурное моделирование сетевых систем большой размерности, а также рассчитывать метрические и статистические характеристики сложных сетевых систем.
		2. Строит математические модели в сфере экономики и финансов	Знать основные методы и подходы к моделирования сетевых финансово-экономических и современных онлайн-овых систем – многоагентное моделирование, структурно-динамическое моделирование, информационное моделирование. Уметь использовать методы и алгоритмы анализа классической теории графов и современной сетевой науки для исследования пространственно-распределенных финансово-экономических систем.
2017, 2018 год приема			
ПК-14	Способность осуществлять ведение базы данных и поддержку информационного обеспечения решения прикладных задач	-	Знать методы, методики, алгоритмы и библиотеки современного программного обеспечения для проведения анализа динамических сетевых систем большой размерности. Уметь использовать встроенные функции MS Excel для анализа сетевых моделей. Владеть инструментами анализа прикладных задач и поиска решений оптимизационных задач
ПК-23	Способность применять системный подход и математические методы в формализации решения прикладных задач	-	Знать основные положения теории системного анализа, методы и алгоритмы прикладной теории графов, методики анализа графовых задач. Уметь решать типовые задачи, связанные поиском оптимальных покрытий динамических графов, создавать вероятностные

			<p>модели, описывающие их поведение и применять различные математические методы для их решения.</p> <p>Владеть методами построения и анализа математических моделей сетевых систем, навыками применения инструментария теоретико-графового исследования для решения поставленных финансово-экономических задач.</p>
ПКП-4	Способность применять технологии моделирования и анализа процессов в сфере экономики и финансов	-	<p>Знать методы прикладной теории графов, методики анализа графов большой размерности, методы анализа интенсивных потоков данных.</p> <p>Уметь проводить структурное моделирование сетевых систем большой размерности, а также рассчитывать метрические и статистические характеристики сложных сетевых систем.</p> <p>Владеть инструментами построения моделей прикладных финансово-экономических задач</p>

3. Место дисциплины в структуре образовательных программ

Дисциплина «Технологии и алгоритмы анализа сетевых моделей» относится к Модулю дисциплин по выбору, углубляющих освоение профиля «ИТ-сервисы и технологии обработки данных в экономике и финансах» (2019, 2020 год приема) и к Профильному блоку дисциплин по выбору (2017, 2018 год приема) направление подготовки 09.03.03 «Прикладная информатика».

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

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 5 зачётных единицы.

Вид промежуточной аттестации – зачет.

Вид текущего контроля – контрольная работа.

Очная/очно-заочная форма обучения – 2019, 2020 год приема

Вид учебной работы по дисциплине	Всего (в з/е и часах)	Семестр 6/7 (в часах)
Общая трудоемкость дисциплины	5/180	180
Контактная работа-Аудиторные занятия	50/34	50/34
<i>Лекции</i>	<i>16/16</i>	<i>16/16</i>
<i>Семинары, практические занятия</i>	<i>34/18</i>	<i>34/18</i>
Самостоятельная работа	130/146	130/146
Вид текущего контроля	Контрольная работа	Контрольная работа
Вид промежуточной аттестации	Зачет	Зачет

Очная форма обучения - 2017/2018 год приема

Вид учебной работы по дисциплине	Всего (в з/е и часах)	Семестр 6 (в часах)
Общая трудоемкость дисциплины	5/180	180
Контактная работа-Аудиторные занятия	90/86	90/86
<i>Лекции</i>	<i>36/34</i>	<i>36/34</i>
<i>Семинары, практические занятия</i>	<i>54/52</i>	<i>54/52</i>
Самостоятельная работа	90/94	90/94
Вид текущего контроля	Контрольная работа	Контрольная работа
Вид промежуточной аттестации	Зачет	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. 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.

Потоковые 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.

Трудоёмкость алгоритмов. Алгоритмы с полиномиальной и экспоненциальной трудоёмкостью. 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 систем

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

Очная/очно-заочная форма обучения - 2019, 2020 год приема

№ п/п	Наименование тем (разделов) дисциплины	Трудоемкость в часах						Формы текущего контроля успеваемости
		Всего	Аудиторная работа				Самостоятельная работа	
			Общая, в т.ч.:	Лекции	Семинары, практические занятия	Занятия в интерактивных формах		
1	Основы прикладной теории графов	16/16	6/4	2/2	4/2	1/1	10/12	Самостоятельные работы. Участие в решении задач на
2	Сетевые системы. Основные подходы к их моделированию. Сетевые модели.	16/16	6/4	2/2	4/2	1/1	10/12	

3	Сетевые системы большой размерности	11/12	3/2	1/1	2/1	1/1	8/10	практических занятиях. Собеседования по домашним заданиям.
4	Оптимизационные задачи на графах	15/15	5/3	1/1	4/2	1/1	10/12	
5	Асимптотический и вероятностный анализ алгоритмов	13/12	3/2	1/1	2/1	1/1	10/10	
6	Балансовые и функциональные графы	11/12	3/2	1/1	2/1	1/1	8/10	
7	Моделирование транспортно-логистических систем	11/12	3/2	1/1	2/1	1/1	8/10	
8	Моделирование социальных сетей и сетей взаимодействия	11/12	3/2	1/1	2/1	1/1	8/10	
9	Алгоритмы и технологии анализа криптовалютных платежных систем	11/12	3/2	1/1	2/1	1/1	8/10	
10	Сетевые модели банковского взаимодействия и фондового рынка	13/12	3/2	1/1	2/1	1/1	10/10	
11	Структурные характеристики крупномасштабных сетевых систем	13/12	3/2	1/1	2/1	1/1	10/10	
12	Визуализация сетей и графов большой размерности	13/12	3/2	1/1	2/1	1/1	10/10	
13	Сетевые модели инфраструктурных проектов	13/12	3/2	1/1	2/1	1/1	10/10	
14	Сетевые модели сложных технических систем	13/13	3/3	1/1	2/2	1/1	10/10	
	В целом по дисциплине	180/ 180	50/34	16/16	34/18	14/14	130/146	Контрольная работа
	Итогов %					28%/41%		

Очная форма обучения - 2017/2018 год приема

№ п/п	Наименование тем (разделов) дисциплины	Трудоемкость в часах					Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости
		Всего	Аудиторная работа					
			Общая, в т.ч.:	Лек- ции	Семи- нары,	Занятия в интер-		

					практи- ческие занятия	актив- ных формах		
1	Основы прикладной теории графов	16/16	8/8	4/4	4/4	2	8/8	Самосто- ятельные работы. Участие в решении задач на практиче- ских заня- тиях. Со- беседова- ния по до- машним заданиям.
2	Сетевые системы. Основные подходы к их моделированию. Сетевые модели.	16/16	8/8	4/4	4/4	2	8/8	
3	Сетевые системы большой размерно- сти	14/12	6/4	4/2	2/2	2	8/8	
4	Оптимизационные задачи на графах	14/16	8/8	4/4	4/4	2	6/8	
5	Асимптотический и вероятностный ана- лиз алгоритмов	12/10	6/4	2/2	4/2	2	6/6	
6	Балансовые и функ- циональные графы	12/12	6/6	2/2	4/4	2	6/6	
7	Моделирование транспортно-логи- стических систем	12/12	6/6	2/2	4/4	2	6/6	
8	Моделирование со- циальных сетей и се- тей взаимодействия	12/14	6/6	2/2	4/4	2	6/8	
9	Алгоритмы и техно- логии анализа крип- товалютных платеж- ных систем	12/12	6/6	2/2	4/4	2	6/6	
10	Сетевые модели бан- ковского взаимодей- ствия и фондового рынка	12/12	6/6	2/2	4/4	2	6/6	
11	Структурные харак- теристики крупно- масштабных сетевых систем	12/12	6/6	2/2	4/4	2	6/6	
12	Визуализация сетей и графов большой размерности	12/12	6/6	2/2	4/4	2	6/6	
13	Сетевые модели ин- фраструктурных проектов	12/12	6/6	2/2	4/4	2	6/6	
14	Сетевые модели сложных техниче- ских систем	12/12	6/6	2/2	4/4	2	6/6	
	В целом по дисци- плине	180/ 180	90/86	36/34	54/52	28 (31%)	90/94	Кон- трольная работа
	Итого в %							

5.3. Содержание практических и семинарских занятий

Наименование тем (разделов) дисциплины	Перечень вопросов для обсуждения на семинарских, практических занятиях, рекомендуемые источники из разделов 6,7 (указывается раздел и порядковый номер источника)	Формы проведения занятий
Тема 1. Основы прикладной теории графов	1. Определение графа. Вершины и ребра графа. Графическое представление графа. Ориентированные графы. Путь, цепь и цикл на графе. Связные графы. Эйлеровы цепь и цикл. Задача о кенигсбергских мостах. Матрицы смежности и инцидентности. Дерево. Остовное дерево графа. 2. Метрические и топологические характеристики графов. Эксцентриситет, радиус, и диаметр графа. Плоские и планарные графы. Формула Эйлера. <i>Рекомендуемые источники: основная 6.1-6.2, дополнительная 6.1-6.4</i>	Интерактивная форма, Практикум по решению задач по тематике занятия в малых группах (2-4 студента) и коллективное обсуждение решений
Тема 2. Сетевые системы. Основные подходы к их моделированию. Сетевые модели.	1. Понятие сетевой системы и сетевой модели. 2. Модели клеточных автоматов. 3. Перколяционные модели. 4. Модели случайных и эволюционных графов. <i>Рекомендуемые источники: Основная 6.1-6.2 Дополнительная 6.1-6.4</i>	Интерактивная форма, Практикум по решению задач по тематике занятия в малых группах (2-4 студента) и коллективное обсуждение решений
Тема 3. Сетевые системы большой размерности	1. Анализ интенсивных и больших потоков данных. 2. Динамические графы и графы большой размерности. <i>Рекомендуемые источники: Основная 6.1-6.2. Дополнительная 6.1-6.4</i>	Интерактивная форма, Практикум по решению задач по тематике занятия в малых группах (2-4 студента) и коллективное обсуждение решений
Тема 4. Оптимизационные задачи на графах	1. 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. 2. Поточковые алгоритмы. Задача о максимальном потоке в сети. Алгоритм Форда-Фалкерсона. Решение задачи о поиске по-	Интерактивная форма, Практикум по решению задач по тематике занятия в малых группах (2-4 студента) и коллективное обсуждение решений

	<p>тока минимальной стоимости. Задача о почтальоне для ориентированного и неориентированного графов. Задача о коммивояжере. Гамильтонов контур. Оптимальный гамильтонов контур. Методы решения задачи о коммивояжере.</p> <p>3. 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.</p> <p><i>Рекомендуемые источники:</i> <i>Основная 6.1-6.2</i> <i>Дополнительная 6.-6.4</i></p>	
Тема 5. Асимптотический и вероятностный анализ алгоритмов	<p>Трудоемкость алгоритмов. Алгоритмы с полиномиальной и экспоненциальной трудоемкостью. NP-трудные и NP-полные задачи комбинаторной оптимизации.</p> <p><i>Рекомендуемые источники:</i> <i>Основная: 6.1-6.2</i> <i>Дополнительная 61-6.4</i></p>	Интерактивная форма, Практикум по решению задач по тематике занятия в малых группах (2-4 студента) и коллективное обсуждение решений
Тема 6. Балансовые и функциональные графы	<p>Знаковые графы и теория структурного баланса. Применение взвешенных орграфов и импульсных процессов для моделирования сложных систем. Когнитивные карты.</p> <p><i>Рекомендуемые источники:</i> <i>Основная 6.1-6.2</i> <i>Дополнительная 6.1-6.4</i></p>	Интерактивная форма, Практикум по решению задач по тематике занятия в малых группах (2-4 студента) и коллективное обсуждение решений
Тема 7. Моделирование транспортно-логистических систем	<p>Транспортно-логистические системы большой размерности. Сетевое представление транспортной задачи. Многопродуктовые сети и их анализ.</p> <p><i>Рекомендуемые источники:</i> <i>Основная 6.1- 6.2.</i> <i>Дополнительная 6.1.-6.4.</i></p>	Интерактивная форма, Практикум по решению задач по тематике занятия в малых группах (2-4 студента) и коллективное обсуждение решений
Тема 8. Моделирование социальных сетей и сетей взаимодействия	<p>Модели влияния. Моделирование социальных сетей. Малые миры и безмасштабные сети. Гипотеза «семи рукопожатий». Модели информационного влияния. Модель информационной конкуренции.</p> <p><i>Рекомендуемые источники:</i> <i>Основная 6.1- 6.2.</i> <i>Дополнительная 6.1.-6.4.</i></p>	Интерактивная форма, Практикум по решению задач по тематике занятия в малых группах (2-4 студента)

		дента) и коллективное обсуждение решений
Тема 9. Алгоритмы и технологии анализа криптовалютных платежных систем	<p>Понятия систем с распределенным реестром. Система блокчейн. Возникновение криптовалют. Сетевые модели криптовалютных платежных систем. Элементы анализа криптовалютной платежной системы Биткойн.</p> <p><i>Рекомендуемые источники:</i> Основная 6.1- 6.2. Дополнительная 6.1.-6.4.</p>	Интерактивная форма, Практикум по решению задач по тематике занятия в малых группах (2-4 студента) и коллективное обсуждение решений
Тема 10. Сетевые модели банковского взаимодействия и фондового рынка	<p>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.</p> <p><i>Рекомендуемые источники:</i> Основная 6.1- 6.2. Дополнительная 6.1.-6.4.</p>	Интерактивная форма, Практикум по решению задач по тематике занятия в малых группах (2-4 студента) и коллективное обсуждение решений
Тема 11. Структурные характеристики крупномасштабных сетевых систем	<p>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.</p> <p><i>Рекомендуемые источники:</i> Основная 6.1- 6.2. Дополнительная 6.1.-6.4.</p>	Интерактивная форма, Практикум по решению задач по тематике занятия в малых группах (2-4 студента) и коллективное обсуждение решений
Тема 12. Визуализация сетей и графов большой размерности	<p>Проблема визуализации сетей. Критерии эффективности визуализации. Выразительные возможности при визуализации, интерактивная визуализация и визуализация фрагментов сети. Потребности в визуализации атрибутов элементов сети.</p> <p><i>Рекомендуемые источники:</i> Основная 6.1- 6.2. Дополнительная 6.1.-6.4.</p>	Интерактивная форма, Практикум по решению задач по тематике занятия в малых группах (2-4 студента) и коллективное обсуждение решений
Тема 13. Сетевые модели инфраструктурных проектов	<p>Модели взаимодействия участников институтов производственных технологий. Сетевые модели Индустрии 4.0.</p> <p><i>Рекомендуемые источники:</i> Основная 6.1- 6.2. Дополнительная 6.1.-6.4.</p>	Интерактивная форма, Практикум по решению задач по тематике занятия в малых группах (2-4 студента) и коллективное обсуждение решений

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. <i>Рекомендуемые источники:</i> <i>Основная 6.1- 6.2.</i> <i>Дополнительная 6.1.-6.4.</i>	Интерактивная форма, Практикум по решению задач по тематике занятия в малых группах (2-4 студента) и коллективное обсуждение решений
--	---	--

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

Нормативно-правовые акты

- 8.1. Гражданский Кодекс Российской Федерации (часть четвертая) № 30-ФЗ от 18.12.2006 г. (в редакции последующих законов).
- 8.2. Закон Российской Федерации «О государственной тайне» № 5485-1 от 21.07.1993 г. (в редакции последующих законов).
- 8.3. Федеральный Закон Российской Федерации «О коммерческой тайне» № 98-ФЗ от 29.07.2004 г. (в редакции последующих законов).
- 8.4. Федеральный Закон Российской Федерации «Об информации, информационных технологиях и о защите информации» № 149-ФЗ от 27.07.2006 г.

Основная:

1. Кочкаров, А.А. Теория графов и классические задачи прикладной математики в экономике: учебное пособие / А.А. Кочкаров, Д.В.Яцкин. – Москва: КноРус, 2019. – 248 с. – ЭБС BOOK.ru. - URL: <https://www.book.ru/book/932443> (дата обращения: 21.01.2020). - Текст : электронный.
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.

Дополнительная:

1. Шарков, Ф. И. Интерактивные электронные коммуникации (возникновение “Четвертой волны”) / Шарков Ф.И. - 3-е изд. - Москва: Дашков и К, 2017. - 260 с. – ЭБС ZNANIUM.com. - URL: <https://new.znanium.com/catalog/product/415250> (дата обращения: 21.01.2020). - Текст : электронный.

2. Маккинни, У. Python и анализ данных / У. Маккинни. - Москва: ДМК-Пресс, 2015. - 482 с. - Текст: непосредственный. - То же. - ЭБС ZNANIUM.com. - URL: <https://new.znanium.com/catalog/product/1027796> (дата обращения: 21.01.2020). - Текст : электронный.
3. Зададаев, С.А. Математика на языке R: учебник / С.А. Зададаев; Финансовый университет при Правительстве РФ, Департамент анализа данных, принятия решений и финансовых технологий. – Москва: Прометей, 2018. – 324 с. – Текст : непосредственный. – То же. - ЭБС Университетская библиотека online. - URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=494941&sr=1 (дата обращения: 21.01.2020). – Текст : электронный.
4. Соловьев, В.И. Анализ данных в экономике: теория вероятностей, прикладная статистика, обработка и визуализация данных в Microsoft Excel: учебник для направления бакалавриата "Экономика и управление" / В.И. Соловьев; Финуниверситет. - Москва: Кнорус, 2019. - 498 с. - Текст : непосредственный. - То же. - ЭБС BOOK.ru. - URL: <https://www.book.ru/book/930826> (дата обращения: 21.01.2020). – Текст : электронный.

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения литературы

- 9.1. Pylru 1.0.9 [Электронный ресурс]: сайт. – Режим доступа: <https://pypi.python.org/pypi/pylru>
- 9.2. Python Documentation [Электронный ресурс]: сайт. – Режим доступа: <http://python.org/doc/>
- 9.3. Python Standard Library [Электронный ресурс]: сайт. – Режим доступа: <https://docs.python.org/2/library/>
- 9.4. Деловая онлайн-библиотека Alpina Digital <http://lib.alpinadigital.ru/>
- 9.5. Научная электронная библиотека eLibrary.ru <http://elibrary.ru>
- 9.6. Национальная электронная библиотека <http://нэб.рф/>
- 9.7. Электронная библиотека Финансового университета (ЭБ) <http://elib.fa.ru/>
- 9.8. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека ОНЛАЙН» <http://biblioclub.ru/>
- 9.9. Электронно-библиотечная система BOOK.RU <http://www.book.ru>
- 9.10. Электронно-библиотечная система Znanium <http://www.znanium.com>
- 9.11. Электронно-библиотечная система издательства «Лань» <https://e.lanbook.com/>
- 9.12. Электронно-библиотечная система издательства «ЮРАЙТ» <https://www.biblio-online.ru/>

8. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

При изучении теоретического материала необходимо опираться на рабочую программу дисциплины и литературу из основного списка. Кроме этого материала, необходимо активно работать с Интернет-источниками и пособиями других авторов, помогающими усвоить материал отдельных разделов программы.

Практические занятия проводятся по следующей схеме:

Студенты в индивидуальном режиме выполняют задания в компьютерном классе. Существуют две основные формы заданий. В первом случае всем студентам предлагаются одинаковые исходные данные. После выполнения заданий устраивается обсуждение результатов в форме тематической дискуссии. Во втором случае каждому из студентов предлагается индивидуальное задание. В этом случае после выполнения задания организуется работа в группах: каждый из студентов анализирует и критически оценивает или же интерпретирует результаты одного или нескольких членов группы.

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

9.1. Комплект лицензионного программного обеспечения:

1. Windows, Microsoft Office.
2. Антивирус ESET Endpoint Security
3. ПО для программирования Python
4. ПО для программирования на R
5. Браузер Google Chrome.

9.2. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. Информационно-правовая система «Гарант»
2. Информационно-правовая система «Консультант Плюс»
3. Электронная энциклопедия: <http://ru.wikipedia.org/wiki/Wiki>
4. Система комплексного раскрытия информации «СКРИН» - <http://www.skrin.ru/>

9.3. Сертифицированные программные и аппаратные средства защиты информации - не используются

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

Для проведения занятий необходима аудитория, оснащенная проектором и компьютерами с постоянным подключением к сети Интернет.