

Федеральное государственное образовательное бюджетное учреждение
высшего образования

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

Краснодарский филиал Финуниверситета

Кафедра «Математика и информатика»

СОГЛАСОВАНО

ООО «Портал-Юг»
Генеральный директор



Е.В. Мостовой

«17» февраля 2026 г.

УТВЕРЖДАЮ

Краснодарский филиал
Финуниверситета

Директор



Э.В. Соболев

Э.В. Соболев

«17» февраля 2026 г.

Пьянкова Н.Г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ПРИКЛАДНЫЕ МОДЕЛИ И МЕТОДЫ ТЕОРИИ СЛОЖНЫХ СЕТЕЙ**

для студентов, обучающихся по направлению подготовки
01.04.02 Прикладная математика и информатика,
ОП магистратуры: Анализ больших данных и машинное обучение
в экономике и финансах

*Одобрено кафедрой «Математика и информатика»
(протокол № 12 от 10.02.2026)*

*Рекомендовано Ученым советом Краснодарского филиала Финуниверситета
(протокол № 36 от 17.02.2026)*

Краснодар 2026

УДК519.17(075.8)
ББК22.176я73
П96

Рецензенты: Кирий В.А., доцент кафедры «Математика и информатика», канд. физ.-мат. наук, Калайдин Е.Н., профессор кафедры «Математика и информатика», д-р физ.-мат. наук.

Пьянкова Н.Г. Рабочая программа дисциплины «Прикладные модели и методы теории сложных систем» для обучающихся по направлению 01.04.02 Прикладная математика и информатика, профиль «Анализ больших данных и принятие решений в экономике и финансах». – Краснодар: Краснодарский филиал Финуниверситета, кафедра «Математика и информатика», 2026.

Дисциплина «Прикладные модели и методы теории сложных систем» относится к модулю профиля по направлению подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика.

В рабочей программе дисциплины определены ее цель, требования к результатам освоения дисциплины, содержание программы, тематика аудиторных занятий, формы самостоятельной работы, оценочные средства для текущего контроля и промежуточной аттестации, учебно-методическое и информационное обеспечение.

Рабочая программа дисциплины
Технология сложных сетей в экономике
Учебное издание

*Формат 60*90/16. Гарнитура Times New Roman*

Усл. п.л. 2,0. Изд. № __от.

Тираж 100 экз.

Заказ № _____.

Отпечатано в Краснодарском филиале Финуниверситета

© Пьянкова Н.Г.
© Краснодарский филиал Финуниверситета,
2026

Содержание

- 1 Наименование дисциплины PAGEREf _Toc171502775 \h 4
- 2 Перечень планируемых результатов освоения образовательной программы с указанием индикаторов их достижения и планируемых результатов обучения по дисциплине PAGEREf _Toc171502776 \h 4
3. Место дисциплины в структуре образовательных программ PAGEREf _Toc171502777 \h 5
4. Объем дисциплины в зачетных единицах и в академических часах с выделением объема аудиторной (лекции, семинары) и самостоятельной работы обучающихся PAGEREf _Toc171502778 \h 6
5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) дисциплины с указанием их объемов (в академических часах) и видов учебных занятий PAGEREf _Toc171502779 \h 6
 - 5.1 Содержание дисциплины PAGEREf _Toc171502780 \h 6
 - 5.2 Учебно-тематический план PAGEREf _Toc171502781 \h 9
 - очная форма обучения PAGEREf _Toc171502782 \h 9
 - очно-заочная форма обучения PAGEREf _Toc171502783 \h Ошибка: источник перекрёстной ссылки не найден
 - 5.3 Содержание семинаров, практических занятий PAGEREf _Toc171502784 \h 11
6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине PAGEREf _Toc171502785 \h 14
 - 6.1 Перечень вопросов, отводимых на самостоятельное освоение дисциплины, формы внеаудиторной самостоятельной работы PAGEREf _Toc171502786 \h 14
 - 6.2 Перечень вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю PAGEREf _Toc171502787 \h 15
7. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по данной дисциплине PAGEREf _Toc171502788 \h 16
 - 7.1 Описание показателей и критериев оценивания компетенций PAGEREf _Toc171502789 \h 17
 - 7.2 Задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний и умений, характеризующих формирование компетенций в процессе освоения ОП ВО PAGEREf _Toc171502790 \h 24
 - 7.3 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний и умений, характеризующих степень сформированности компетенций PAGEREf _Toc171502791 \h 27
 - 7.4 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки индикаторов достижения компетенций, умений и знаний PAGEREf _Toc171502792 \h 28
8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины PAGEREf _Toc171502793 \h 34
10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины PAGEREf _Toc171502794 \h 35
11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении

образовательного процесса по дисциплине, включая перечень необходимого программного обеспечения и информационных справочных систем PAGEREF _Toc171502795 \h 37

11.1 Комплект лицензионного программного обеспечения: PAGEREF _Toc171502796 \h 37

11.2. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы PAGEREF _Toc171502797 \h 37

11.3 Сертифицированные программные и аппаратные средства защиты информации PAGEREF _Toc171502798 \h 38

12.Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине PAGEREF _Toc171502799 \h 38

1 Наименование дисциплины

Дисциплина Б1.В.01.01 «Прикладные модели и методы теории сложных сетей»

2 Перечень планируемых результатов освоения образовательной программы с указанием индикаторов их достижения и планируемых результатов обучения по дисциплине

Дисциплина «Прикладные модели и методы теории сложных систем» обеспечивает инструментарий формирования следующих компетенций: ПКП-4, ПК-1.

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции	Результаты обучения (знания и умения), соотнесённые с индикаторами достижения компетенций
ПКП-4	Способность применять математический аппарат при разработке вычислительных алгоритмов для решения задач в области экономики и финансов	1. Выбирает математический аппарат в зависимости от специфики решаемой прикладной задачи и доступных данных.	Знать: основные подходы к решению прикладных задач методами теории сложных сетей Уметь: идентифицировать прикладные задачи теории сложных сетей, использовать методы и инструменты теории сложных сетей
		2. Применяет актуальные инструментальные средства для решения задач в области экономики и финансов.	Знать: актуальные алгоритмы для решения задач анализа сетевых структур их преимущества и недостатки, основные приложения для моделей теории сложных сетей, Уметь: делать рациональный выбор наиболее эффективных алгоритмов анализа сетевых структур для решения задач в области экономики и финансов

		3. Определяет условия применения различных моделей и их интерпретации, в том числе выявления ситуации переобучения модели при разработке вычислительных алгоритмов для решения задач в области экономики и финансов	<u>Знать:</u> современные методы и инструменты машинного обучения для создания, обучения и оценки качества прикладных моделей сетевых структур. <u>Уметь:</u> использовать современные методы и инструменты машинного обучения для создания, обучения и оценки качества прикладных моделей сетевых структур при решении задач в области экономики и финансов
ПК-1	Способность ставить и решать оптимизационные задачи в различных сферах экономики и финансов	1. Демонстрирует знание архитектур современных инструментальных средств реализации оптимизационных задач в различных сферах экономики и финансов.	<u>Знать:</u> методы решения оптимизационные задачи на основе теории сложных сетей. <u>Уметь:</u> решать оптимизационные задачи на основе сложных сетей
		2. Владеет практическим навыком решения оптимизационных задач.	<u>Знать:</u> основные подходы к решению прикладных задач в сфере экономики и финансов с использованием методологии теории сложных сетей <u>Уметь:</u> решать практико-ориентированные задачи в сфере экономики и финансов
		3. Определяет условия применения оптимизационные задачи в различных сферах экономики и финансов.	<u>Знать:</u> способы решения оптимизационных задач на основе применения методов теории сложных сетей. <u>Уметь:</u> решать оптимизационные задачи в различных сферах экономики и финансов

3. Место дисциплины в структуре образовательных программ

Дисциплина «Прикладные модели и методы теории сложных сетей» относится к Модулю профиля «Анализ данных и принятие решений в экономике и финансах», направление подготовки 01.04.02 «Прикладная математика и информатика».

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

Очная форма обучения

Вид учебной работы	Часы:	
	Всего	Модуль 5
Общая трудоемкость дисциплины	144	144
Контактная работа - Аудиторные занятия	40	40
Лекции	10	10
Семинарские занятия в т. ч. занятия в интерактивных формах	30	30
Самостоятельная работа	104	104
Контроль	-	-
Вид промежуточной аттестации	Экзамен	Экзамен

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. Базовые понятия теории сложных сетей и введение в библиотеку NetworkX

Введение в предметную область теории сложных сетей: объект исследования, история возникновения, прикладные области и основные задачи теории. Соотнесения понятий теории графов и теории сложных сетей, базовые понятия теории сложных сетей.

Технологический стек работы с сетевыми моделями, построенный на базе языка программирования Python и библиотеки NetworkX. Общие положения о языке программирования Python и знакомство с используемым программным инструментарием (версией языка программирования Python, дистрибутивом Anaconda). Интерактивная оболочка Jupyter notebook: принципы работы и применение для решения задач анализа сетей.

Знакомство с библиотекой NetworkX. Базовые операции в NetworkX: создание сети, оперирование с узлами и связями, базовая визуализация сетей. Обзор структуры библиотеки NetworkX.

Тема 2. Базовые метрики и свойства сетей и модели формирования случайных сетей

Локальные и интегральные свойства в сетях, метрики сетей: путь (крат-

чайший путь), связность сети, связные компоненты сети, средняя длина пути в сети, диаметр сети; коэффициент кластеризации для узла и средний коэффициент кластеризации в сети; степени узлов сети, функция распределения степеней узлов сети.

Модели формирования случайных сетей: модель Эрдёша-Реньи (Erdos-Renyi) и родственные модели. Распределения степеней узлов для случайных сетей. Фазовый переход при возникновении связанной компоненты сети. Диаметр и коэффициент кластеризации для случайных сетей.

Тема 3. Модели роста сетей

Модели роста сетей: модель Барабаши-Альберта (Barabasi-Albert) и модель случайного роста сети. Распределения степеней узлов для рассматриваемых моделей, безмасштабные сети, содержательная интерпретация хвоста распределения степеней узлов. Универсальность моделей роста сетей для большого класса эмпирически наблюдаемых сложных сетей.

Ассортативность, коэффициент ассортативности, визуализация ассортативности на диаграммах, ассортативность в рассмотренных моделях роста сетей.

Тема 4. Модели тесного мира и самоподобные сети

Сети в виде регулярных решеток. Размерность и другие параметры решеток. Свойства решеток.

Феномен «тесного мира» и модель Ваттса-Строгатца (Watts- Strogats). Переход от регулярного графа к случайному: динамика изменения кластерного коэффициента и средней длины пути. Проблема построения критерия принадлежности сети к сетям «тесного мира». Алгоритм латтисизации и его адаптации.

Самоподобные (фрактальные) сети. Алгоритмы построения самоподобных сетей. Фрактальная размерность и фрактальная размерность в сетях. Ассортативность в самоподобных сетях.

Тема 5. Работа с данными о сетях и графовые базы данных

Источники данных о сетях. Проблемы искажения информации при сборе данных о больших сетях. Обмен данными о сетях с помощью популярных форматов файлов. Возможности интеграции NetowrkX с инструментами анализа графов на примере интеграции с пакетом Gephi.

Модель данных property graph. Графовые базы данных: обзор решений, языки запросов и интерфейсы для работы с сетями. Сильные стороны графовых баз данных и их области применения. Введение в работу с графовой базой данных neo4j и языком запросов Cypher.

Тема 6. Метрики центральности в сетях

Понятие центральности узлов в сети. Модельные графы для сравнения различных метрик центральности. Центральность по степени (degree centrality),

центральность по близости (closeness centrality), центральность по посредничеству (betweenness centrality), центральность по собственному вектору (eigenvector centrality).

Алгоритм PageRank. Стохастические матрицы. Теорема Фробениуса-Перрона. Нахождение собственного вектора и итерационный подход. Алгоритм HITS, выявление хабов.

Тема 7. Сообщества в сетях

Понятие сетевых сообществ (network communities). Плотность связей в сети. Разделение сети на части (graph partitioning), разрезы в графе, минимальные разрезы в графе. Кластеризация и корреляционная матрица.

Степень посредничества связей, алгоритм Гирвана-Ньюмана (Girvin-Newman). Спектральные методы.

Мера Модулярности. Алгоритм Лоувэйна.

Тема 8. Визуализация сетей

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

Различные размещения узлов при визуализации: случайное размещение, круговое размещение и его модификации, радиальное размещение, размещение, определенное привязкой узлов к метрическому пространству. Силовые размещения: алгоритм Фрюхтермана-Рейнгольда, алгоритм Камада-Кавай, алгоритм GraphOpt. Спектральные размещения. Матричная визуализация. Подходы к визуализации больших графов. Алгоритм LGL (Large Graph Layout).

Инструменты визуализации сетей.

Тема 9. Процессы в сетях: диффузия и пороговые модели

Случайное блуждание в сетях. Процессы в сетях: отказы и надежность, эпидемии и слухи. Анализ надежности сетей. Модели эпидемий: SI, SIS, SIR. Модели распространения инфекций.

Пороговые модели коллективного действия. Каскадные явления в сетях.

5.2 Учебно-тематический план
очная форма обучения

№ п/ п	Наименование тем (разделов) дисциплины	Трудоёмкость в часах					Формы текущего контроля успеваемости
		Всего	Аудиторная работа			Самостоятельная работа	
			Общ., в т. ч.:	Лекции	Семинары, практические занятия		
1.	Базовые понятия теории сетей и введение в библиотеку NetworkX	12	4	2	4	10	Устный опрос, проверка практических заданий
2.	Базовые метрики и свойства сетей и модели формирования случайных сетей	12	4	2	4	10	Устный опрос, проверка практических заданий
3.	Модели роста сетей	12	4	2	4	10	Устный опрос, проверка практических заданий
4.	Модели тесного мира и самоподобные сети	12	4	2	4	10	Устный опрос, проверка практических заданий
5.	Работа с данными о сетях и графовые базы данных	12	4	2	4	10	Устный опрос, проверка практических заданий
6.	Метрики центральности в сетях	12	4	2	4	10	Устный опрос, проверка практических заданий
7.	Сообщества в сетях	12	4	2	2	10	Устный опрос, проверка практических заданий
8.	Визуализация сетей	12	8	2	2	10	Устный опрос, про-

							верка прак- тических за- даний
9.	Процессы в сетях: диффу- зия и порого- вые модели	12	6	2	2	24	Устный опрос, про- верка прак- тических за- даний
Контроль		-				-	
В целом по дисци- плине		144	40	10	30	104	Контрольная работа
Итого в %		100	48	24	24	52	

5.3 Содержание семинаров, практических занятий

Наименование темы (раздела) дисциплины	Перечень вопросов для обсуждения на семинарских, практических занятиях, рекомендуемые источники из разделов 8, 9 (указывается раздел и порядковый номер источника)	Формы проведения занятий
Тема 1. Базовые понятия теории сложных сетей и введение в библиотеку NetworkX	Знакомство с базовыми понятиями теории сложных сетей информационными технологиями анализа сложных сетей Входной контроль. Изучение технологического стека анализа сложных сетей, построенного на базе языка программирования Python и библиотеке NetworkX. Рекомендуемые источники: п. 8 [6-11], 9 [1-4]	Индивидуальное выполнение заданий, групповой разбор результатов выполнения заданий (33% времени на интерактивные технологии)
Тема 2 Базовые метрики и свойства сетей и модели формирования случайных сетей	Локальные и интегральные свойства в сетях, метрики сетей, модели формирования случайных сетей, анализ распределения степеней узлов. Решение задач по генерации сетей по модели Эрдёша-Реньи (Erdos-Renyi) и родственным моделям. Решение задач на получение для сетей: кратчайшего пути, поиска связных компонент сети, средней длины пути в сети, децентрализации для узлов и сети. Рекомендуемые источники: п. 8 [6-11], 9 [1-4]	Индивидуальное выполнение заданий, групповой разбор результатов выполнения заданий (33% времени на интерактивные технологии)
Тема 3 Модели роста сетей	Модели роста сетей, содержательная интерпретация хвоста распределения степеней узлов для этих моделей. Ассортативность, коэффициент ассортативности. Решение задач построения сетей по моделям Барабаши-Альберта (Barabasi-Albert) и модель случайного роста сети. Построение распределения степеней узлов для этих моделей и поиск хабов в сети Рекомендуемые источники: п. 8 [6-11], 9 [1-4]	Индивидуальное выполнение заданий, групповой разбор результатов выполнения заданий (33% времени на интерактивные технологии)

Тема 4 Модели тесного мира и самоподобные сети	Сети в виде регулярных решеток и их параметры. Феномен «тесного мира» и модели сетей «тесного мира». Проблема построения критерия принадлежности сети к сетям «тесного мира». Самоподобные (фрактальные) сети и фрактальная размерность сетей. Решение задач построения сетей в виде регулярных решеток. Построение сетей с помощью модели Ваттса-Строгатца (Watts-Strogats). Рекомендуемые источники: п. 8 [6-11], 9 [1-4]	Индивидуальное выполнение заданий, групповой разбор результатов выполнения заданий (33% времени на интерактивные технологии)
Тема 5 Работа с данными о сетях и графовые базы данных	Получение данных о сетях из различных источников. Интеграция по данным NetworkX с другими инструментами анализа сетей. Графовые базы данных: обзор решений, языки запросов и интерфейсы для работы с сетями. Решение задач экспорта и импорта данных о сетях, сбора данных о сетях из открытых источников. Работа с сетью как со структурой property graph. Рекомендуемые источники: п. 8 [6-11], 9 [1-4]	Индивидуальное выполнение заданий, групповой разбор результатов выполнения заданий (33% времени на интерактивные технологии)
Тема 6 Метрики центральности в сетях	Понятие центральности узлов в сети и различные метрики центральности. Алгоритм PageRank и родственные алгоритмы. Решение задач поиска значений метрик центральности для центральности по степени (degree centrality), центральности по близости (closeness centrality), центральности по посредничеству (betweenness centrality), центральности по собственному вектору (eigenvector centrality). Рекомендуемые источники: п. 8 [6-11], 9 [1-4]	Индивидуальное выполнение заданий, групповой разбор результатов выполнения заданий (33% времени на интерактивные технологии)

Тема 7. Сообщества в сетях	Понятие сетевых сообществ. Плотность связей в сети. Разделение сети на части. Степень посредничества связей, алгоритм Гирвана-Ньюмана и спектральные методы. Решение задач на выявление сетевых сообществ в сетях. Расчет плотности сети. Рекомендуемые источники: п. 8 [6-11], 9 [1-4]	Выполнение практических заданий на компьютере, работа в группах (33% времени на интерактивные технологии).
Тема 8. Визуализация сетей	Проблема визуализации сетей. Рассмотрение различных размещений узлов при визуализации. Знакомство с различными инструментами визуализации сетей. Решение задач визуализации сетей с помощью: случайного размещения, кругового размещения и его модификаций, радиального размещения, размещения, определенное привязкой узлов к метрическому пространству. Рекомендуемые источники: п. 8 [6-11], 9 [1-4]	Выполнение практических заданий на компьютере, работа в группах (33% времени на интерактивные технологии).
Тема 9. Процессы в сетях: диффузия и пороговые модели	Случайное блуждание в сетях. Процессы в сетях, пороговые и каскадные модели в сетях. Решение задач моделирования случайного блуждания в сетях, процессов эпидемий в сетях. Рекомендуемые источники: п. 8 [6-11], 9 [1-4]	Выполнение практических заданий на компьютере, работа в группах (33% времени на интерактивные технологии).

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	Вопросы для самостоятельной работы студентов	Формы внеаудиторной самостоятельной работы
Тема 1. Базовые понятия теории сложных сетей и введение в библиотеку NetworkX	Знакомство с интерактивной оболочкой Jupyter notebook. Изучение принципов работы и применения для решения задач анализа сложных сетей. Знакомство с базовыми возможностями библиотеки NetworkX и решение базовых задач подготовительных операций для выполнения анализа сложных сетей.	Работа с учебной литературой. Решение типовых задач. Разбор вопросов по теме занятия. Выполнение домашних заданий к каждому занятию.
Тема 2. Базовые метрики и свойства сетей и модели формирования случайных сетей	Решения задач определения степеней узлов сети, построения функции распределения степеней узлов сети и визуализации этого распределения.	Работа с учебной литературой. Решение типовых задач. Разбор вопросов по теме занятия. Выполнение домашних заданий к каждому занятию.
Тема 3. Модели роста сетей	Решение задач определения ассортативности в моделях роста сетей. Визуализация ассортативности на диаграммах.	Работа с учебной литературой. Решение типовых задач. Разбор вопросов по теме занятия. Выполнение домашних заданий к каждому занятию.
Тема 4. Модели тесного мира и самоподобные сети	Решение задач построения самоподобных сетей и расчёта их фрактальной размерности. Латтисизация сетей и расчет критерия принадлежности сети к сетям малого мира.	Работа с учебной литературой. Решение типовых задач. Разбор вопросов по теме занятия. Выполнение домашних заданий к каждому занятию.
Тема 5 Работа с данными о сетях и графовые базы данных	Решение задач по импорту данных о сети в графовую базу данных neo4j, построение простых запросов к данным в neo4j.	Работа с учебной литературой. Решение типовых задач. Разбор вопросов по теме занятия. Выполнение домашних заданий к каждому занятию.

Тема 6. Метрики центральности в сетях	Решение задач по применению алгоритма PageRank для реальных и сгенерированных сетей.	Работа с учебной литературой. Решение типовых задач. Разбор вопросов по теме занятия. Выполнение домашних заданий к каждому занятию.
Тема 7. Сообщества в сетях	Решение задач на выявление сообществ алгоритмом Гирвана-Ньюмена.	Работа с учебной литературой. Решение типовых задач. Разбор вопросов по теме занятия. Выполнение домашних заданий к каждому занятию.
Тема 8. Визуализация сетей	Решение задач визуализации сетей с помощью силового размещения: алгоритма Фрюхтермана-Рейнгольда, алгоритм Камада-Кавай, алгоритм GraphOpt.	Работа с учебной литературой. Решение типовых задач. Разбор вопросов по теме занятия. Выполнение домашних заданий к каждому занятию.
Тема 9. Процессы в сетях: диффузия и пороговые модели	Решение задач моделирования порогового коллективного действия.	Работа с учебной литературой. Решение типовых задач. Разбор вопросов по теме занятия. Выполнение домашних заданий к каждому занятию.

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

Примеры вопросов к контрольной работе

1. Построение сложной сети по модели Барабаши-Альберта и построение распределения степеней узлов сети.
2. Построение сложной сети по случайному росту сети и построение распределения степеней узлов сети.
3. Построение самоподобной сложной сети и анализ ассортативности узлов сети с помощью диаграмм.
4. Построение сложной сети по модели Ваттса-Строгатца и анализ кластеризации и диаметра и средней длины пути в сети.
5. Разбиение сложной сети на сообщества с помощью алгоритма Гирвана-Ньюмена.
6. Разбиение сложной сети на сообщества с помощью алгоритма Лувэйна, на основе меры модулярности.

Примеры заданий контрольной работы

1. Постройте сложную сеть по модели Барабаши-Альберта с 1000 узлов и средней степенью узла 2. Для сети постройте распределение степеней узлов сети.
2. Постройте сложную сеть по модели по случайного роста сети с 500 узлов и средней степенью узла 2. Для сети постройте распределение степеней узлов сети.
3. Постройте самоподобную сложную сеть по модели u, v -цветка с не менее чем 200 узлами. Проведите визуальный анализ ассортативности узлов сети с помощью диаграммы.
4. Построение сложной сети по модели Ваттса-Строгатца с 500 узлами и проведите анализ (с помощью диаграммы) изменения кластеризации и диаметра и средней длины пути в сети при изменении p в диапазоне от 0 до 1.
5. Для одной из эмпирических сетей из репозитория с количеством узлов от 200 до 2000 проведите разбиение сети на сообщества с помощью алгоритма Гирвана-Ньюмена.
6. Для одной из эмпирических сетей из репозитория с количеством узлов от 500 до 5000 проведите разбиение сложной сети на сообщества с помощью алгоритма Лоувэйна, на основе меры модулярности.

Критерии балльной оценки различных форм текущего контроля успеваемости

Критерии балльной оценки различных форм текущего контроля успеваемости содержатся в соответствующих методических рекомендациях кафедры «Математика и информатика».

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

Перечень компетенций с указанием индикаторов их достижения в процессе освоения образовательной программы содержится в разделе 1. «Перечень планируемых результатов освоения образовательной программы с указанием индикаторов их достижения и планируемых результатов обучения по дисциплине».

Паспорт фонда оценочных средств

Оценочные средства предназначены для контроля и оценки образовательных достижений обучающихся, освоивших программу учебной дисциплины «Прикладные модели и методы теории сложных сетей».

Фонд оценочных средств включает контрольные материалы для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации.

7.1 Описание показателей и критериев оценивания компетенций

Планируемые результаты освоения компетенции (индикатора достижения компетенции)	Уровень освоения				Оценочное средство
	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«отлично»	
ПКП-4 Способность применять математический аппарат при разработке вычислительных алгоритмов для решения задач в области экономики и финансов					
Выбирает математический аппарат в зависимости от специфики решаемой прикладной задачи и доступных данных					
Знать: - основные подходы к решению прикладных задач методами теории сложных сетей	Фрагментарное представление об основных подходах к решению прикладных задач методами теории сложных сетей	Неполные представления об основных подходах к решению прикладных задач методами теории сложных сетей	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы представления об основных подходах к решению прикладных задач методами теории сложных сетей	Сформированные систематические представления об основных подходах к решению прикладных задач методами теории сложных сетей	Вопросы для оценки знаний и умений, задания в виде расчетных задач, тестовые задания
Уметь: - идентифицировать прикладные задачи теории сложных сетей, использовать методы и инструменты теории сложных сетей	Фрагментарное умение идентифицировать прикладные задачи теории сложных сетей, использовать методы и инструменты теории сложных сетей	Несистематическое применение умений идентифицировать прикладные задачи теории сложных сетей, использовать методы и инструменты теории сложных сетей	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение идентифицировать прикладные задачи теории сложных сетей, использовать методы и инструменты теории сложных сетей	Сформированное умение идентифицировать прикладные задачи теории сложных сетей, использовать методы и инструменты теории сложных сетей	Вопросы для оценки знаний и умений,
Участвует в научных исследованиях в профессиональной области.					
Знать: методы математического прогнозиро-	Фрагментарное представление об основных понятиях и ме-	Неполные представления об основных понятиях и ме-	Сформированные, но содержащие отдельные	Сформированные систематические пред-	Вопросы для оценки знаний

Планируемые результаты освоения компетенции (индикатора достижения компетенции)	Уровень освоения				Оце- ночное сред- ство
	«неудовлетво- рительно»	«удовлетвори- тельно»	«хорошо»	«отлично»	
вания, си- стемного анализа, вы- числительно- го экспери- мента для исследования больших си- стем	тодах матема- тического прогнозирована- ния, систем- ного анализа, вычислитель- ного экспери- мента для ис- следования больших си- стем	тодах матема- тического прогнозирована- ния, систем- ного анализа, вычислитель- ного экспери- мента для ис- следования больших си- стем	пробелы в основных по- нятиях и ме- тодах мате- матического прогнозирована- ния, си- стемного ана- лиза, вычис- лительного эксперимента для исследо- вания больших си- стем	ставления об основных по- нятиях и ме- тодах мате- матического прогнозирована- ния, си- стемного ана- лиза, вычис- лительного эксперимента для исследо- вания больших си- стем	и уме- ний, задания в виде расчет- ных за- дач, те- стовые задания
Уметь: строить и применять математиче- ские модели в социаль- ных, эконо- мических и технологиче- ских сферах	Фрагментарное представление об основных понятиях и ме- тодах примене- ния математи- ческих моделей в социальных, экономических и технологиче- ских сферах	Неполные представления об основных понятиях и ме- тодах примене- ния математи- ческих моделей в социальных, экономических и технологиче- ских сферах	Сформиро- ванные, но содержащие отдельные пробелы в основных по- нятиях и ме- тодах при- менения ма- тематических моделей в социальных, экономиче- ских и техно- логических сферах	Сформиро- ванные си- стематиче- ские пред- ставления об основных по- нятиях и ме- тодах при- менения ма- тематических моделей в социальных, экономиче- ских и техно- логических сферах	Вопро- сы для оценки знаний и уме- ний
Участвует в научных исследованиях в профессиональной области.					
Знать: мето- ды матема- тического прогнозирована- ния, си- стемного анализа, вы- числительно- го экспери- мента для исследования больших си- стем	Фрагментарное представление об основных понятиях и ме- тодах матема- тического прогнозирована- ния, систем- ного анализа, вычислитель- ного экспери- мента для ис- следования	Неполные представления об основных понятиях и ме- тодах матема- тического прогнозирована- ния, систем- ного анализа, вычислитель- ного экспери- мента для ис- следования	Сформиро- ванные, но содержащие отдельные пробелы в основных по- нятиях и ме- тодах мате- матического прогнозирована- ния, си- стемного ана- лиза, вычис-	Сформиро- ванные си- стематиче- ские пред- ставления об основных по- нятиях и ме- тодах мате- матического прогнозирована- ния, си- стемного ана- лиза, вычис-	Вопро- сы для оценки знаний и уме- ний, задания в виде расчет- ных за- дач, те- стовые задания

Планируемые результаты освоения компетенции (индикатора достижения компетенции)	Уровень освоения				Оце- ночное сред- ство
	«неудовлетво- рительно»	«удовлетвори- тельно»	«хорошо»	«отлично»	
	больших си- стем	больших си- стем	лительного эксперимента для исследо- вания больших си- стем	лительного эксперимента для исследо- вания больших си- стем	
Уметь: строить и применять математиче- ские модели в социаль- ных, эконо- мических и технологиче- ских сферах	Фрагментарное представление об основных понятиях и ме- тодах примене- ния математи- ческих моделей в социальных, экономических и технологиче- ских сферах	Неполные представления об основных понятиях и ме- тодах примене- ния математи- ческих моделей в социальных, экономических и технологиче- ских сферах	Сформиро- ванные, но содержащие отдельные пробелы в основных по- нятиях и ме- тодах при- менения ма- тематических моделей в социальных, экономиче- ских и техно- логических сферах	Сформиро- ванные си- стематиче- ские пред- ставления об основных по- нятиях и ме- тодах при- менения ма- тематических моделей в социальных, экономиче- ских и техно- логических сферах	Вопро- сы для оценки знаний и уме- ний
ПК-1 Способность применять передовые методы использования больших наборов данных текстового и сетевого характера для задач интеллектуального анализа и моделей машинного обучения					
Демонстрирует знание архитектур современных инструментальных средств реализации оптимизационных задач в различных сферах экономики и финансов					
Знать: - методы ре- шения опти- мизационные задачи на основе тео- рии сложных сетей	Фрагментарное представление о методах ре- шения опти- мизационных задач на основе теории слож- ных сетей	Неполные представления о методах ре- шения опти- мизационных задач на основе теории слож- ных сетей	Сформиро- ванные, но содержащие отдельные пробелы представле- ния о мето- дах решения оптимизаци- онных задач на основе теории слож- ных сетей	Сформиро- ванные си- стематиче- ские пред- ставления о методах ре- шения опти- мизационных задач на основе тео- рии сложных сетей	Вопро- сы для оценки знаний и уме- ний, задания в виде расчет- ных за- дач, те- стовые задания
Уметь: решать опти- мизационные задачи на основе слож-	Фрагментарное умение решать оптимизацион- ные задачи на основе слож-	Несистемати- ческое при- менение уме- ний решать оптимизацион-	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы ре-	Сформиро- ванное ре- шать опти- мизационные задачи на	Вопро- сы для оценки знаний и уме-

Планируемые результаты освоения компетенции (индикатора достижения компетенции)	Уровень освоения				Оце- ночное сред- ство
	«неудовлетво- рительно»	«удовлетвори- тельно»	«хорошо»	«отлично»	
ных сетей	ных сетей	ные задачи на основе слож- ных сетей	шать опти- мизационные задачи на основе слож- ных сетей	основе слож- ных сетей	ний, задания в виде расчет- ных за- дач, те- стовые задания
Владеет практическим навыком решения оптимизационных задач					
Знать: - основные подходы к решению прикладных задач в сфе- ре экономи- ки и финан- сов с ис- пользовани- ем методо- логии тео- рии слож- ных сетей	Фрагментарное представление об основных подходах к ре- шению при- кладных задач в сфере эконо- мики и финан- сов с исполь- зованием мето- дологии теории сложных сетей	Неполные представления об основных подходах к ре- шению при- кладных задач в сфере эконо- мики и финан- сов с исполь- зованием ме- тодологии тео- рии сложных сетей	Сформиро- ванные, но содержащие отдельные пробелы представле- ния об основ- ных подхо- дах к реше- нию при- кладных за- дач в сфере экономики и финансов с использова- нием методо- логии теории сложных се- тей	Сформиро- ванные си- стематиче- ские пред- ставления об основных подходах к решению прикладных задач в сфере экономики и финансов с использова- нием методо- логии теории сложных се- тей	Вопро- сы для оценки знаний и уме- ний, задания в виде расчет- ных за- дач, те- стовые задания
Уметь: решать прак- тико-ориен- тированные задачи в сфе- ре экономики и финансов с использова- нием методов теории слож- ных сетей	Фрагментарное умение решать практико-ори- ентированные задачи в сфере экономики и финансов с ис- пользованием методов теории сложных сетей	Несистемати- ческое при- менение уме- ний решать практико-ори- ентированные задачи в сфере экономики и финансов с использовани- ем методов теории слож- ных сетей	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы уме- ние решать практико- ориентиро- ванные зада- чи в сфере экономики и финансов с использова- нием методов теории слож- ных сетей	Сформиро- ванное уме- ние решать практико- ориентиро- ванные зада- чи в сфере экономики и финансов с использова- нием методов теории слож- ных сетей	Вопро- сы для оценки знаний и уме- ний, задания в виде расчет- ных за- дач, те- стовые задания
Определяет условия применения оптимизационные задачи в различных сферах экономики					

Планируемые результаты освоения компетенции (индикатора достижения компетенции)	Уровень освоения				Оце- ночное сред- ство
	«неудовлетво- рительно»	«удовлетвори- тельно»	«хорошо»	«отлично»	
и финансов					
Знать: - способы решения оп- тимизацион- ных задач на основе при- менения ме- тодов теории сложных се- тей	Фрагментарное представление о способах ре- шения опти- мизационных задач на основе применения методов теории сложных сетей	Неполные представления о способах ре- шения опти- мизационных задач на основе применения методов теории сложных сетей	Сформиро- ванные, но содержащие отдельные пробелы представле- ния о спосо- бах решения оптимизаци- онных задач на основе применения методов тео- рии сложных сетей	Сформиро- ванные си- стематиче- ские пред- ставления о способах ре- шения опти- мизационных задач на основе при- менения ме- тодов теории сложных се- тей	Вопро- сы для оценки знаний и уме- ний, задания в виде расчет- ных за- дач, те- стовые задания
Уметь: решать опти- мизационные задачи в раз- личных сфе- рах экономи- ки и финан- сов	Фрагментарное умение решать оптимизацион- ные задачи в различных сфе- рах экономики и финансов	Несистемати- ческое при- менение уме- ний решать оптимизацион- ные задачи в различных сфе- рах экономики и финансов	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы уме- ние решать оптимизаци- онные задачи в различных сферах эко- номики и фи- нансов	Сформиро- ванное уме- ние решать оптимизаци- онные задачи в различных сферах эко- номики и фи- нансов	Вопро- сы для оценки знаний и уме- ний, задания в виде расчет- ных за- дач, те- стовые задания
ПК-5 Способность применять прикладные средства анализа сетевых структур с использованием методов машинного обучения, в том числе методов глубокого обучения					
Демонстрирует знание архитектур современных инструментальных средств реализации оптимизационных задач в различных сферах экономики и финансов					
Знать: - методы ре- шения опти- мизационные задачи на основе тео- рии сложных сетей	Фрагментарное представление о методах ре- шения опти- мизационных задач на основе теории слож- ных сетей	Неполные представления о методах ре- шения опти- мизационных задач на основе теории слож- ных сетей	Сформиро- ванные, но содержащие отдельные пробелы представле- ния о мето- дах решения оптимизаци- онных задач на основе теории слож-	Сформиро- ванные си- стематиче- ские пред- ставления о методах ре- шения опти- мизационных задач на основе тео- рии сложных сетей	Вопро- сы для оценки знаний и уме- ний, задания в виде расчет- ных за- дач, те- стовые

Планируемые результаты освоения компетенции (индикатора достижения компетенции)	Уровень освоения				Оце- ночное сред- ство
	«неудовлетво- рительно»	«удовлетвори- тельно»	«хорошо»	«отлично»	
			ных сетей		задания
Уметь: решать опти- мизационные задачи на основе слож- ных сетей	Фрагментарное умение решать оптимизацион- ные задачи на основе слож- ных сетей	Несистемати- ческое при- менение уме- ний решать оптимизацион- ные задачи на основе слож- ных сетей	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы ре- шать опти- мизационные задачи на основе слож- ных сетей	Сформиро- ванное ре- шать опти- мизационные задачи на основе слож- ных сетей	Вопро- сы для оценки знаний и уме- ний, задания в виде расчет- ных за- дач, те- стовые задания
Владеет практическим навыком решения оптимизационных задач					
Знать: - основные подходы к решению прикладных задач в сфе- ре экономи- ки и финан- сов с ис- пользовани- ем методо- логии тео- рии слож- ных сетей	Фрагментарное представление об основных подходах к ре- шению при- кладных задач в сфере эконо- мики и финан- сов с исполь- зованием мето- дологии теории сложных сетей	Неполные представления об основных подходах к ре- шению при- кладных задач в сфере эконо- мики и финан- сов с исполь- зованием ме- тодологии тео- рии сложных сетей	Сформиро- ванные, но содержащие отдельные пробелы представле- ния об основ- ных подхо- дах к реше- нию при- кладных за- дач в сфере экономики и финансов с использова- нием методо- логии теории сложных се- тей	Сформиро- ванные си- стематиче- ские пред- ставления об основных подходах к решению прикладных задач в сфере экономики и финансов с использова- нием методо- логии теории сложных се- тей	Вопро- сы для оценки знаний и уме- ний, задания в виде расчет- ных за- дач, те- стовые задания
Уметь: решать прак- тико-ориен- тированные задачи в сфе- ре экономики и финансов с использова- нием методов теории слож- ных сетей	Фрагментарное умение решать практико-ори- ентированные задачи в сфере экономики и финансов с ис- пользованием методов теории сложных сетей	Несистемати- ческое при- менение уме- ний решать практико-ори- ентированные задачи в сфере экономики и финансов с использовани- ем методов	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы уме- ние решать практико- ориентиро- ванные зада- чи в сфере экономики и	Сформиро- ванное уме- ние решать практико- ориентиро- ванные зада- чи в сфере экономики и финансов с использова- нием методов	Вопро- сы для оценки знаний и уме- ний, задания в виде расчет- ных за- дач, те-

Планируемые результаты освоения компетенции (индикатора достижения компетенции)	Уровень освоения				Оце- ночное сред- ство
	«неудовлетво- рительно»	«удовлетвори- тельно»	«хорошо»	«отлично»	
		теории слож- ных сетей	финансов с использова- нием методов теории слож- ных сетей	теории слож- ных сетей	стовые задания
Определяет условия применения оптимизационные задачи в различных сферах экономики и финансов					
Знать: - способы решения оп- тимизацион- ных задач на основе при- менения ме- тодов теории сложных се- тей	Фрагментарное представление о способах ре- шения опти- мизационных задач на основе применения методов теории сложных сетей	Неполные представления о способах ре- шения опти- мизационных задач на основе применения методов теории сложных сетей	Сформиро- ванные, но содержащие отдельные пробелы представле- ния о спосо- бах решения оптимизаци- онных задач на основе применения методов тео- рии сложных сетей	Сформиро- ванные си- стематиче- ские пред- ставления о способах ре- шения опти- мизационных задач на основе при- менения ме- тодов теории сложных се- тей	Вопро- сы для оценки знаний и уме- ний, задания в виде расчет- ных за- дач, те- стовые задания
Уметь: решать опти- мизационные задачи в раз- личных сфе- рах экономи- ки и финан- сов	Фрагментарное умение решать оптимизацион- ные задачи в различных сфе- рах экономики и финансов	Несистемати- ческое при- менение уме- ний решать оптимизацион- ные задачи в различных сфе- рах экономики и финансов	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы уме- ние решать оптимизаци- онные задачи в различных сферах эконо- мики и фи- нансов	Сформиро- ванное уме- ние решать оптимизаци- онные задачи в различных сферах эконо- мики и фи- нансов	Вопро- сы для оценки знаний и уме- ний, задания в виде расчет- ных за- дач, те- стовые задания

7.2 Задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний и умений, характеризующих формирование компетенций в процессе освоения ОП ВО

Вопросы для оценки знаний и умений, характеризующих формирование компетенций

Шифр компетенции	Вопросы	Правильный ответ
ПКП - 4	1 Как называется путь между вершинами а и b в неориентированном графе, содержащий наименьшее количество ребер.	Кратчайший путь
	2. Как называется минимальное число параллельных трактов между любой парой узлов?	Связность сети
	3. Что характеризует Связность сети?	устойчивость сети к повреждениям
	4. Как называется алгоритм отсечения отрезков произвольным выпуклым многоугольником?	Алгоритм Кируса — Бека
	5.Как называется Алгоритм, который используется в компьютерной графике для клиппинга (нахождения области пересечения) отсекаемого многоугольника по отсекающему многоугольнику?	Алгоритм Уайлера — Атертона
	6. Как каких фигур используется алгоритм Уайлера — Атертона?	Для плоских
	7. Что такое «графовая центральность» в контексте сложных сетей?	Идентификация важных узлов или рёбер в сети
	8. Как называется модель, которая является алгоритмом генерации случайных безмасштабных сетей с использованием принципа предпочтительного присоединения?	Модель Барабаши-Альберт
	9. Какие две важные общие концепции включает в себя Модель Барабаши-Альберт?	Рост сети, принцип предпочтительного присоединения
	10. Как называется модель генерации случайных графов, в которой все графы с фиксированным набором вершин и фиксированным набором рёбер одинаково вероятны? Существует два тесно связанных	Модель Эрдёша-Реньи
	11.Какие существуют варианты модели Эрдёша-Реньи	Биномиальная, равномерная.
	12. Как называется метрика, которая гласит, что два графа близки, когда их плотности ребер близки на всех соответствующих им подмножествах вершин?	Метрика расхождения ребер
	13.Как называется симметричная измеримая функция $W : [0, 1]^2 \rightarrow [0, 1]$?	Графон
	14 Как называется метрика, которая гласит, что два графа близки, если их распределения подграфов близки	Метрика выборки
	15. Как называется модель генерации случайных	Модель Уоттса–Стро-

	графов, которая создает графики со свойствами малого мира, включая малые средние длины путей и высокую кластеризацию?	гаца
	16. В каком году была предложена Модель Уоттса–Строгаца?	1998
	17. – Как называется математический граф, в котором большинство узлов не являются соседями друг друга, но соседи любого данного узла, вероятно, будут соседями друг друга?	Сеть малого мира
	18. Что такое развивающиеся сети?	Динамические сети, которые меняются с течением времени
	19Как называется <i>связный граф</i> , не содержащий <i>циклов</i> ?	Дерево
ПК-1	20. Как называется мера степени, в которой узлы графа имеют тенденцию группироваться вместе?	Коэффициент кластеризации
	21. Как называется коэффициент кластеризации вершины графа, который количественно определяет, насколько близки его соседи к тому, чтобы быть кликой (полным графом)?	Локальный
	22. Какие сети можно выделить по топологической структуре?	Случайные сети, сети свободного масштаба, сети малого мира, сети локального мира
	23. Какой алгоритм относится к семейству силовых алгоритмов укладки графов на плоскости, в котором используется пружинная физическая модель, где вершины определяются как тела системы, а ребра как пружины?	Алгоритм Камада-Кавай
	24.Как определяются ребро сети в модели Камада-Кавай?	Пружина
	25. Что является результатом алгоритма Камада-Кавай?	наглядное изображение графа на плоскости
	26Как называется класс алгоритмов визуализации графов в эстетически приятном виде, цель которого расположить узлы графа в двумерном или трёхмерном пространстве так, что все рёбра имели бы более-менее одинаковую длину, и свести к минимуму число пересечений рёбер путём назначения сил для множества рёбер и узлов основываясь на их относительных положениях?	Силовые алгоритмы визуализации графов
	27. Что такое тороидальный граф?	граф, который можно уложить на тор.
	28. Как называется граф, который можно нарисовать на торе так, что его рёбра пересекаются только по общим вершинам.	Тороидальный граф
	29. Какое значение не превышает хроматическое число любого тороидального графа?	7
	30. . Хроматическое число любого тороидально-	4

	го графа без треугольников не превосходит?	
	31 При визуализации графов два стандартных стиля представления графов?	дуговые диаграммы, круговые расположения
	32. Как называется наименьшее число пересечений рёбер плоского рисунка графа G.	Число пересечений
ПК-5	33. Чему равно число пересечений для планарным графа?	0
	34. Что такое нормированный граф?	Оориентированный граф без циклов.
	35. Как называется ребро, начало и конец которого находятся в одной и той же вершине.	Петля
	36 Как называется маршрут, в котором все вершины различны?	Простая цепь
	37.Как называется граф, в котором нет кратных рёбер и петель?	Простой граф
	38. Как называется простой цикл в графе, содержащий все вершины графа ровно по одному разу?	Гамильтонов цикл

Тесты

Шифр компетенции	Тестовые задания	Правильный ответ
ПКП- 4 ПК-1	1. Укажите определение «сложные сети в экономике»: а) Сети для подключения домашних устройств б) Сети, в которых все узлы взаимодействуют друг с другом, создавая сложные взаимосвязи с) Сети для передачи секретных данных	b
	2. Выберите примеры сложных сетей, которые можно найти в экономике: а) Сети социальных медиа б) Сети питания с) Сети планетарных систем	a , b
	3. Выберите понятия, которые связаны с теорией графов и сложными сетями: а) Теория цветов б) Маркетинговая стратегия с) Узлы, рёбра, граф, центральность и др.	c
	4. Укажите основные преимущества использования анализа сложных сетей в экономике: а) Увеличение сложности сетей б) Понимание взаимосвязей и структуры рынков, потребительских предпочтений и других аспектов экономики с) Уменьшение количества данных	b
ПК-1	5. Укажите определение «графовая центральность» в контексте сложных сетей: а) Оценка сложности графа б) Идентификация важных узлов или рёбер в сети с) Метод раскрашивания графов	b

	6. Выберите типы связей, которые могут существовать между узлами в сложных сетях экономики: а) Только физические связи б) Финансовые, информационные, транспортные и др. с) Личные связи	b
	7. Укажите инструмент, используемый для визуализации и анализа сложных сетей: а) Электрическая схема б) Столовая салфетка с) Графические программы и пакеты для анализа сетей	c
	8. Выберите экономические явления, которые могут быть изучены с помощью анализа сложных сетей? а) Изменение цвета доллара б) Финансовые кризисы, распределение доходов, влияние социальных групп на рынок и др. с) Смена времен года	b
ПК-1	9. Укажите определение «малый мир» (small world) эффект в сложных сетях: а) Это название интернет-магазина б) Эффект, при котором большинство узлов в сети связаны через небольшое число промежуточных узлов с) Эффект, при котором сеть становится слишком большой для анализа	b
	10. Выберите проблемы, которые могут возникнуть при анализе сложных сетей в экономике: а) Нехватка данных б) Слишком много данных с) Проблемы с электропитанием	b
	11. Укажите сети, которые могут быть подвержены «сетевому эффекту» (network effect)? а) Сети общественного транспорта б) Сети, в которых ценность для пользователя растет с увеличением числа пользователей с) Сети для обмена рецептами	b
	12. Укажите последствия, которые может иметь анализ сложных сетей для экономики: а) Всегда приводит к росту безработицы б) Улучшение стратегий управления, прогнозирование экономических явлений, выявление рисков и возможностей с) Снижение стоимости бензина	b

7.3 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний и умений, характеризующих степень сформированности компетенций

Форма промежуточной аттестации по дисциплине – экзамен.

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.

Критерии оценивания знаний и умений, характеризующих степень сформированности компетенций:

- **«зачтено»** выставляется в том случае, если компетенция по дисциплине освоена. Оценка выставляется при получении обучающимся более 50 баллов.

«Зачтено» выставляется обучающемуся, который показал знание основного материала учебной программы в объеме, достаточном и необходимым для дальнейшей учебы и предстоящей работы по специальности, справился с выполнением заданий, предусмотренных учебной программой, знаком с основной литературой, рекомендованной учебной программой.

«Незачтено» выставляется обучающемуся, не знающему основной части материала учебной программы, допускающему принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных учебной программой заданий, неуверенно с большими затруднениями выполняющему практические работы. Как правило, оценка «незачтено» выставляется обучающемуся, который не может продолжить обучение или приступить к деятельности по специальности по окончании университета без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

7.4 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки индикаторов достижения компетенций, умений и знаний

Наименование компетенции	Наименование индикаторов достижения компетенции	Результаты обучения (умения и знания), соответствующие с индикаторами достижения компетенции	Типовые контрольные задания
ПКП-4 Способность применять математический аппарат при разработке вычислительных алгоритмов для решения задач в области эконо-	1. Выбирает математический аппарат в зависимости от специфики решаемой прикладной задачи и доступных данных.	Знать: основные подходы к решению прикладных задач методами теории сложных сетей Уметь: идентифицировать прикладные задачи теории сложных сетей, использовать методы и инструменты теории	Задание 1. Раскрыть суть локальных и интегральных свойств в сетях, понятие метрики сетей. Задание 2. С помощью аналитических инструментов теории сложных сетей выделите в сети

мики и финансов		сложных сетей	экономических транзакций узел, обладающий наибольшими возможностями по осуществлению арбитража.
	2. Применяет актуальные инструментальные средства для решения задач в области экономики и финансов.	Знать: актуальные алгоритмы для решения задач анализа сетевых структур их преимущества и недостатки, основные приложения для моделей теории сложных сетей Уметь: делать рациональный выбор наиболее эффективных алгоритмов анализа сетевых структур для решения задач в области экономики и финансов	Задание 1. Раскрыть суть модели Барабаши-Альберта, возможности применения данной модели для решения задач в области экономики и финансов. Задание 2. Сформулируйте задачу создания рекомендации товара для посетителя интернет-магазина на основе представления данных о товарах и покупках в виде сети.
	3. Определяет условия применения различных моделей и их интерпретации, в том числе выявления ситуации переобучения модели при разработке вычислительных алгоритмов для решения задач в области экономики и финансов	Знать: современные методы и инструменты машинного обучения для создания, обучения и оценки качества прикладных моделей сетевых структур. Уметь: использовать современные методы и инструменты машинного обучения для создания, обучения и оценки качества прикладных моделей сетевых структур при решении задач в области экономики и финансов	Задание 1. Раскрыть суть современных методов и инструментов машинного обучения для создания, обучения и оценки качества прикладных моделей сетевых структур Задание 2. Реализовать функцию определения центральности <i>связи</i> по посредничеству (можно использовать функции, определяющие кратчайший путь и длину пути между узлами). Сравнить реализации собственной и встроенной в NetworkX функции. Визуализировать размером (толщиной связи) центральность связи по посредничеству для 3х эмпирических сетей.
ПК-1 Способность ставить и решать оптимизационные задачи в различных сферах экономики и финансов	1. Демонстрирует знание архитектур современных инструментальных средств реализации оптимизационных задач в различных сферах	Знать: методы решения оптимизационных задачи на основе теории сложных сетей. Уметь: решать оптимизационные задачи на основе сложных сетей	Задание 1. Раскрыть суть алгоритмов решения оптимизационных задачи на основе теории сложных сетей. Задание 2. Из заданного класса (или конечного набора сетей)

	экономики и финансов.		сетей выбрать оптимальную сеть с точки зрения устойчивости к случайным атакам.
	2. Владеет практическим навыком решения оптимизационных задач.	Знать: основные подходы к решению прикладных задач в сфере экономики и финансов с использованием методологии теории сложных сетей Уметь: решать практико-ориентированные задачи в сфере экономики и финансов с использованием методов теории сложных сетей	Задание 1. Описать основные подходы к решению прикладных задач в сфере экономики и финансов с использованием методологии теории сложных сетей Задание 2. Используя данные эмпирической сети (отражающей экономические зависимости) имеющий не менее 200 и не более 1000 узлов выявить слабые связи (weak ties) в сети. Использовать для решения один из изученных алгоритмов выявления сообществ в сетях. Наглядно визуализировать результат: показать слабые связи на изображении сети; дать на изображении основание для выбора данных связей в качестве слабых связей. Реализовать базовый алгоритм расстановки меток с использованием случайного блуждания. Применить его для эмпирического графа, содержащего не менее 70 и не более 200 узлов.
	3. Определяет условия применения оптимизационные задачи в различных сферах экономики и финансов.	Знать: способы решения оптимизационных задач на основе применения методов теории сложных сетей. Уметь: решать оптимизационные задачи в различных сферах экономики и финансов	Задание 1. Выделить способы решения оптимизационных задач на основе применения методов теории сложных сетей Задание 2. Реализовать алгоритм локальной навигации в модели Клейнберга и визуализировать его результаты (на изображении сети показать путь, построенный с помощью навигации) и построить график, показывающий зависимость расстояния от количества шагов.

			яния до целевого узла в зависимости от номера шага алгоритма. Показать не менее 3х сценариев на 3х решетке с разным показателем α : {0,1,2}
ПК-5 Способность применять математический аппарат при разработке вычислительных алгоритмов для решения задач в области экономики и финансов	1. Демонстрирует знание архитектур современных инструментальных средств реализации оптимизационных задач в различных сферах экономики и финансов.	Знать: методы решения оптимизационные задачи на основе теории сложных сетей. Уметь: решать оптимизационные задачи на основе сложных сетей	Задание 1. Раскрыть суть алгоритмов решения оптимизационных задачи на основе теории сложных сетей. Задание 2. Из заданного класса (или конечного набора сетей) сетей выбрать оптимальную сеть с точки зрения устойчивости к случайным атакам.
	2. Владеет практическим навыком решения оптимизационных задач.	Знать: основные подходы к решению прикладных задач в сфере экономики и финансов с использованием методологии теории сложных сетей Уметь: решать практико-ориентированные задачи в сфере экономики и финансов с использованием методов теории сложных сетей	Задание 1. Описать основные подходы к решению прикладных задач в сфере экономики и финансов с использованием методологии теории сложных сетей Задание 2. Используя данные эмпирической сети (отражающей экономические зависимости) имеющий не менее 200 и не более 1000 узлов выявить слабые связи (weak ties) в сети. Использовать для решения один из изученных алгоритмов выявления сообществ в сетях. Наглядно визуализировать результат: показать слабые связи на изображении сети; дать на изображении основание для выбора данных связей в качестве слабых связей. Реализовать базовый алгоритм расстановки меток с использованием случайного блуждания. Применить его для эмпирического графа, содержащего не менее 70 и не более 200 узлов.
	3. Определяет	Знать: способы решения	Задание 1.

	условия применения оптимизационные задачи в различных сферах экономики и финансов.	оптимизационных задач на основе применения методов теории сложных сетей. Уметь: решать оптимизационные задачи в различных сферах экономики и финансов	Выделить способы решения оптимизационных задач на основе применения методов теории сложных сетей Задание 2. Реализовать алгоритм локальной навигации в модели Клейнберга и визуализировать его результаты (на изображении сети показать путь, построенный с помощью навигации) и построить график, показывающий зависимость расстояния до целевого узла в зависимости от номера шага алгоритма. Показать не менее 3х сценариев на 3х решетке с разным показателем α: $\{0,1,2\}$
--	---	--	---

Пример экзаменационного билета

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
ФИНАНСОВЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ПРИ ПРАВИТЕЛЬСТВЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
(Финансовый университет)**

Краснодарский филиал	Кафедра «Математика и информатика»
Дисциплина «Математические модели микро- и макроэкономики»	Форма обучения очная
Курс 4	Семестр 7
Направление 01.03.02 Прикладная математика и информатика	Профиль «Анализ данных и принятие решений в экономике и финансах»

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №

	Задания экзаменационного билета	Балы БРС
	Теоретические вопросы:	
1	Модель Барабаши-Альберта. Распределения степеней узлов в модели.	20
2	Алгоритм кластеризации (выявления сообществ) в сети label propagation.	20
	Практическое задание	
3	Постройте распределение степеней узлов заданной сети. Постройте график распределения узлов. Постройте график распределения узлов, позволяющий оценить принадлежность сети к безмасштабным. Устраните артефакты конечного количества узлов в сети с помощью визуализации графика распределения узлов сети с помощью лог-биннинга	20
	ИТОГО	60

Подготовил:

Н.Г. Пьянкова

На основе перечня теоретических вопросов и практико-ориентированных заданий, утвержденного на заседании кафедры (протокол № ____ от _____ 2026г.).

Утверждаю:

Заведующий кафедрой

А.С.Молчан

«_____» _____ 2026 г.

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

Нормативно-правовые акты

1. Гражданский Кодекс Российской Федерации (часть четвертая) № 30-ФЗ от 18.12.2006 г. (в редакции последующих законов).
2. Закон Российской Федерации «О государственной тайне» № 5485–1 от 21.07.1993 г. (в редакции последующих законов).
3. Федеральный Закон Российской Федерации «О коммерческой тайне»
4. № 98-ФЗ от 29.07.2004 г. (в редакции последующих законов).
5. Федеральный Закон Российской Федерации «Об информации, информационных технологиях и о защите информации» № 149-ФЗ от 27.07.2006 г.

Основная литература:

6. Кацупеев, А. А. Программирование на языке Python : учебное пособие / А. А. Кацупеев, С. Н. Широбокова. — Новочеркасск : ЮРГПУ (НПИ), 2024. — 123 с. — ISBN 978-5-9997-0937-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/494477> (дата обращения: 15.01.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
7. Жуков, Р. А. Язык программирования Python: практикум : учебное пособие / Р.А. Жуков. — Москва : ИНФРА-М, 2026. — 216 с. + Доп. материалы [Электронный ресурс]. — (Высшее образование). — DOI 10.12737/textbook_5cb5ca35aaa7f5.89424805. - ISBN 978-5-16-018516-3. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.ru/catalog/product/2241265> (дата обращения: 15.01.2026).

Дополнительная литература:

8. Сузи, Р.А. Язык программирования Python: курс / Р. А. Сузи. – Москва: Интернет-Университет Информационных Технологий, 2021. – 327 с. – ЭБС Университетская библиотека online.— http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=233288&sr=1. (дата обращения: 29.08.2023).– Текст : электронный
9. Маккинни, У. Python и анализ данных. Первичная обработка данных с применением pandas, NumPy и Jupiter / У. Маккинни ; пер. А. А. Слинкина. - 3-е изд. -Москва : ДМК Пресс, 2023. - 537 с. - ISBN 978-5-93700-174-0. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.ru/catalog/product/2150530> (дата обращения: 15.01.2026). – Режим доступа: по подписке.
10. Клековкин, Г. А. Геометрическая теория графов : учебное пособие для вузов / Г. А. Клековкин, Л. П. Коннова, В. В. Коннов. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2026. — 165 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-21249-5. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/585648> (дата обращения: 15.01.2026).
11. Сорочан, С. В. Основы теории графов : учебно-методическое посо-

бие / С. В. Сорочан. — Нижний Новгород : ННГУ им. Н. И. Лобачевского, 2023. — 59 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/344828> — Режим доступа: для авториз. пользователей.

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

1. Pylru 1.0.9 [Электронный ресурс]: сайт. – Режим доступа: <https://pypi.python.org/pypi/pylru>
2. Python Documentation [Электронный ресурс]: сайт. – Режим доступа: <http://python.org/doc/>
3. Python Standard Library [Электронный ресурс]: сайт. – Режим доступа: <https://docs.python.org/2/library/>
4. NetworkX [Электронный ресурс]: сайт. – Режим доступа: <http://networkx.github.io/>
5. Электронная библиотека Финансового университета (ЭБ) <http://elib.fa.ru/>
6. Электронно-библиотечная система BOOK.RU <http://www.book.ru>
7. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека ОНЛАЙН» <http://biblioclub.ru/>
8. Электронно-библиотечная система Znanium <http://www.znaniy.com>
9. Электронно-библиотечная система издательства «ЮРАЙТ» <https://www.biblio-online.ru/>
10. Электронно-библиотечная система издательства «Лань» <https://e.lanbook.com/> 1
11. Деловая онлайн-библиотека Alpina Digital <http://lib.alpinadigital.ru/>
12. Научная электронная библиотека eLibrary.ru <http://elibrary.ru>
13. Национальная электронная библиотека <http://нэб.рф/>

10.Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Самостоятельная работа студентов проходит аудиторно и внеаудиторно. Организации самостоятельной работы служит календарно-тематический план изучения дисциплины. В этом плане указана тематика лекций, практических занятий, вопросы и задания для самостоятельного изучения.

При подготовке к лекции целесообразно предварительно познакомиться с ее содержанием по рекомендованным пособиям и выделить наиболее трудные вопросы. Во время лекций следует конспектировать содержание лекции. После занятий следует провести работу с конспектом: отредактировать записи, оформить конспект. При оформлении целесообразно выделять специальным образом названия тем и формулировки вопросов, основные определения, формулировки нормативных документов и примеры решения рассмотренных задач.

Сделанные записи нужно сверить с учебниками и учебными пособиями и в случае расхождений проконсультироваться с преподавателем.

Методические указания по проведению практических занятий

По структуре практические занятия следует разделить на учебные и контрольные.

Учебные практические занятия структурно состоят из следующих компонентов:

- 1) проверка наличия выполненного задания самостоятельной работы каждого студента;
- 2) коллективный разбор корректности выполнения домашнего задания;
- 3) разбор типичных ошибок, возникших в самостоятельной работе;
- 4) рассмотрение теоретических вопросов, связанных с текущим практическим занятием; Проведение тестирования или письменного опроса.
- 5) разбор методов выполнения практических заданий и решения задач;
- 6) корректировка заданий для самостоятельной работы студентов;
- 7) интерактивная форма – Практикум по решению задач по тематике занятия представляет собой решение списка задач, определенных преподавателем. В каждой группе есть «сильный» студент, который может выполнять функции консультанта и помощника преподавателю.

Контрольные практические занятия структурно состоят из следующих компонентов:

- 1) проверка наличия контрольной работы каждого студента;
- 2) разбор типичных ошибок, возникших при выполнении контрольной работы;
- 3) проведение аудиторной контрольной работы.

При подготовке к практическому занятию необходимо повторить или, если это требуется, изучить соответствующий теоретический материал. Во время занятия нужно точно записывать формулировки решаемых задач, вопросы, указания преподавателя к решению и разбираемые решения. После занятий необходимо просмотреть записанные решения и восстановить в решениях имеющиеся пробелы. В случае затруднений отметить соответствующие задания и обратиться за консультацией к преподавателю. Практические занятия проходят, как правило, в интерактивной форме и преподаватель учитывает активность студентов, направленную на решение предложенных задач, и в поиске ответов на вопросы. Не следует бояться дать неверный ответ или допустить иную ошибку: исправление и анализ ошибок в режиме общения с преподавателем и сокурсниками в ходе практического занятия способствуют освоению учебного материала и предупреждают появление ошибок в дальнейшем.

На практических занятиях реализуется деятельностный подход для решения практических задач. Сущность его заключается в том, что в процессе учебных занятий создаются специальные условия, в которых обучающийся, опираясь на приобретенные знания, мысленно и практически действует в целях поиска и обоснования оптимальных вариантов ее решения. Создается проблемная

задача, студенты знакомятся с задачей, анализируют ее, выделяют лежащее в ее основе противоречие, создают и обосновывают модель своих возможных действий по разрешению проблемной ситуации, пробуют разрешить возникшую проблему на основе имеющихся у них знаний, выстраивают модель своих действий по ее решению.

Домашние задания следует выполнять регулярно при подготовке к практическим занятиям. В большинстве своем задания являются типовыми, и образцы их решения содержатся в рекомендованных пособиях, в материалах лекций и практических занятий. Если то или иное задание вызвало затруднение необходимо обратиться к преподавателю на консультации или ближайшем практическом занятии. Регулярность в выполнении домашних заданий — важный фактор освоения дисциплины. Даже небольшие отклонения от графика могут спровоцировать серьезное отставание и в дальнейшем — риск получения неудовлетворительных оценок в ходе текущей и промежуточной аттестации. Для выполнения домашних заданий следует вести персональную ИБ в облачном сервисе <https://edu.lcfresh.com>. Контроль за выполнением домашних заданий осуществляется в ходе практических занятий и выборочного собеседования.

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. ОС Astra Linux,
2. LibreOffice
3. Антивирус Kaspersky

11.2. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. Информационно-образовательный портал Финуниверситета. <http://portal.ufrf.ru>
2. Электронная энциклопедия <http://ru.wikipedia.org/wiki/Wiki>
3. Система комплексного раскрытия информации «СКРИН» <http://www.skrin.ru/>
4. Электронно-библиотечная система BOOK.RU <http://www.book.ru>
5. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека ОНЛАЙН» <http://biblioclub.ru/>
6. Электронно-библиотечная система Znanium <http://www.znanium.com>.
7. Электронно-библиотечная система «Лань» <http://e.lanbook.com>.
8. Электронно-библиотечная система «Юрайт» www.biblio-online.ru.
9. ЭБС «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» <http://window.edu.ru>.

11.3 Сертифицированные программные и аппаратные средства защиты информации

Не предусмотрены

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

Для освоения дисциплины возможно использование вычислительных средств – компьютер, смартфон или планшет, в качестве дополнительных инструментов организации и осуществления образовательного процесса.

Материально-техническая база Краснодарского филиала Финансового университета соответствует действующим противопожарным правилам и нормам, обеспечивает проведение всех видов дисциплинарной и междисциплинарной подготовки, практической и научно- исследовательской работ обучающихся, предусмотренных учебным планом.

Образовательный процесс обеспечивается специальными помещениями, которые представляют собой аудитории для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, лабораторных работ, выполнения курсовых работ, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, помещения для самостоятельной работы студентов и помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования.

Специальные помещения укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, обеспечивающими представление учебной информации большой аудитории, демонстрационным оборудованием.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой, обеспечивающей доступ к сети Интернет и электронной информационно-образовательной среде Краснодарского филиала Финансового университета.

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.