
УТВЕРЖДЕНА

Решением Ученого совета
АНО ВО «Центральный университет»
«25» мая 2026 г.
Протокол №2

**Рабочая программа дисциплины (модуля)
«Анализ графов»**

Направление подготовки: 02.03.01 Математика и компьютерные науки

Направленность (профиль) подготовки: Прикладной искусственный интеллект

Квалификация (степень) выпускника: бакалавр

Форма обучения: очная

Срок освоения программы: 4 года

Год набора: 2026

**Москва
2026**

Содержание

1. Краткая характеристика дисциплины (модуля)	3
2. Перечень планируемых результатов обучения	5
3. Тематический план	7
4. Содержание дисциплины (модуля)	7
5. Учебно-методическое обеспечение	9
6. Материально-техническое обеспечение	9
7. Методические и оценочные материалы	11

1. Краткая характеристика дисциплины (модуля)

Рабочая программа дисциплины (модуля) «Анализ графов» составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования – бакалавриат по направлению 02.03.01 «Математика и компьютерные науки», профиль «Прикладной искусственный интеллект», утвержденный приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № 807 от 23.08.2017 года.

Изучение дисциплины (модуля) «Анализ графов» является фундаментальным инструментом в математике и компьютерных науках, позволяющим эффективно решать задачи оптимизации, поиска и структурного анализа в различных областях, включая сети, алгоритмы и базы данных. Владение методами графового анализа расширяет возможности студентов в разработке современных информационных систем и научных исследований.

Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Настоящая дисциплина (модуль) включена в учебный план по программе подготовки бакалавриата по направлению 02.03.01 «Математика и компьютерные науки», профиль «Прикладной искусственный интеллект» и входит в вариативную часть Блока 1, формируемую участниками образовательных отношений, как дисциплина по выбору.

Дисциплина (модуль) изучается на 3 или в 6 семестре. Доступна к изучению после успешного освоения дисциплины (модуля) «Глубокое обучение».

Цель изучения дисциплины (модуля): освоение методов представления, исследования и моделирования структурированных данных с помощью теории графов для решения прикладных и теоретических задач.

Задачи изучения дисциплины (модуля):

- изучить основные понятия и свойства графов, включая типы графов, меры центральности и алгоритмы поиска, для понимания их роли в представлении и анализе данных в системах искусственного интеллекта;
- освоить алгоритмические методы анализа графов, такие как алгоритмы обхода, поиска кратчайших путей и кластеризации, с целью применения их в задачах машинного обучения и оптимизации;
- разработать навыки практического применения графовых моделей в областях искусственного интеллекта, включая социальные сети, рекомендательные системы и обработку больших данных, с использованием современных инструментов и технологий;
- сформировать умение оценивать эффективность графовых алгоритмов и выбирать оптимальные решения для комплексных задач, учитывая требования к вычислительной сложности и масштабируемости.

В результате освоения дисциплины (модуля) обучающийся должен:

знать:

- основные понятия теории графов (типы, связность, представление) и классические алгоритмы (кратчайшие пути, остовные деревья, потоки, паросочетания);
- ключевые метрики центральности и методы выделения сообществ, их применение для анализа реальных сетей;
- структурные свойства эмпирических графов и основные генеративные модели случайных графов;
- модели распространения влияния и алгоритмы максимизации охвата;
- принципы графовых эмбедингов и архитектуры графовых нейронных сетей (GCN, GAT, GraphSAGE);
- подходы к масштабированию GNN и библиотеки PyTorch Geometric/DGL.

уметь:

- загружать, предобрабатывать и анализировать графовые данные с использованием NetworkX, igraph, PyTorch Geometric;

- реализовывать и применять алгоритмы обхода, поиска кратчайших путей и построения минимальных остовных деревьев;
- вычислять и интерпретировать различные меры центральности, выполнять детекцию сообществ и оценивать качество разбиения;
- визуализировать графы, выявлять паттерны и аномалии;
- обучать графовые эмбединги (Node2Vec) и графовые нейронные сети для задач классификации узлов и предсказания связей;
- строить конвейеры анализа от сырого графа до обученной модели и представления результатов.

владеть:

- инструментарием NetworkX, igraph для алгоритмической работы с графами и анализа структуры;
- методами расчёта сетевых метрик и обнаружения сообществ в больших разреженных сетях;
- навыками обучения графовых нейронных сетей с помощью PyTorch Geometric/DGL, включая создание кастомных моделей и сэмплирование;
- техниками интерпретации эмбедингов и предсказаний графовых моделей;
- умением применять анализ графов для решения прикладных задач в социологии, рекомендательных системах, биологии, логистике.

2. Перечень планируемых результатов обучения

Компетенции, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) при проведении учебных занятий в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками Университета и в форме самостоятельной работы обучающихся:

Код и содержание компетенции	Индикатор компетенции и перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)
ППК-Р4. Способен использовать базы данных при создании программных модулей и компонентов	ППК-Р4.1. Пишет программный код с использованием языков определения и манипулирования данными в базах данных (базовый) ППК-Р4.1. У-1. Умеет применять выбранные языки работы с базами данных
	ППК-Р4.3. Оптимизирует производительность работы с базами данных (средний) ППК-Р4.3. 3-1. Знает внутреннее устройство СУБД выбранной архитектуры ППК-Р4.3. У-2. Умеет вырабатывать варианты оптимизации производительности запросов в базе данных
ППК-Р5. Способен разрабатывать требования и проектировать программное обеспечение	ППК-Р5.3. Проектирует компьютерное программное обеспечение (продвинутый) ППК-Р5.3. 3-1. Знает принципы построения и виды архитектуры компьютерного программного обеспечения ППК-Р5.3. У-2. Умеет проектировать структуры данных
	ППК-Р5.4. Выполняет логическое проектирование системы (продвинутый) ППК-Р5.4. 3-3. Знает базовые технологии взаимодействия и интеграции систем и компонентов ППК-Р5.4. У-1. Умеет описывать интеграции со смежными системами на логическом уровне
ППК-Р6. Способен участвовать в промышленной разработке программного обеспечения	ППК-Р6.3. Разрабатывает масштабируемый и поддерживаемый код (продвинутый) ППК-Р6.3. 3-1. Знает принципы чистого кода, SOLID, DRY, KISS и др. ППК-Р6.3. У-1. Умеет разрабатывать модульный и тестируемый программный код
ППК-Р7. Способен применять искусственный интеллект (ИИ) для генерации и отладки программного кода	ППК-Р7.3. Оптимизирует код с помощью ИИ (продвинутый) ППК-Р7.3. 3-1. Знает методы ИИ-оптимизации ППК-Р7.3. У-2. Умеет проверять корректность оптимизаций, предложенных ИИ
ППК-ДА4. Способен выявлять бизнес-проблемы или бизнес-возможности	ППК-ДА4.1. Собирает информацию о бизнес-проблемах или бизнес-возможностях (средний) ППК-ДА4.1. 3-3. Знает инструменты, техники анализа бизнес-ситуации и предметной области ППК-ДА4.1. У-1. Умеет собирать, классифицировать, систематизировать и обеспечивать хранение и актуализацию информации для бизнес-анализа
ППК-ДА5. Способен применять методы статистического анализа и теорию эксперимента для планирования, проведения и интерпретации результатов экспериментов	ППК-ДА5.2. Проводит статистический анализ данных эксперимента (средний) ППК-ДА5.2. 3-1. Знает методы проверки гипотез (t-тест, χ^2 , ANOVA) ППК-ДА5.2. У-2. Умеет интерпретировать p-value и уровень значимости

МО-2. Способен проектировать и внедрять системы автоматизации жизненного цикла машинного обучения (MLOps)	МО-2.3. Внедряет системы мониторинга моделей в продуктивную эксплуатацию (средний) МО-2.3. 3-1. Знает метрики мониторинга моделей МО МО-2.3. У-1. Умеет развертывать системы мониторинга моделей МО
РГ-1. Способен руководить процессами разработки компьютерного программного обеспечения	РГ-1.3. Руководит интеграцией программных модулей и компонентов (продвинутый) РГ-1.3. 3-2. Знает методы и программные интерфейсы взаимодействия компьютерного программного обеспечения с внешними программными компонентами
РГ-2. Способен организовать процессы разработки компьютерного программного обеспечения	РГ-2.3. Управляет запросами на изменения, дефектами и проблемами (продвинутый) РГ-2.3. 3-1. Знает методы и средства выявления дефектов, проблем и причин их возникновения в компьютерном программном обеспечении
РГ-4. Способен организовать промышленную разработку программного обеспечения	РГ-4.3. Организует разработку масштабируемого и поддерживаемого кода (продвинутый) РГ-4.3. У-1. Умеет управлять разработкой модульного и тестируемого программного кода
РГ-5. Способен организовать процессы применения искусственного интеллекта (ИИ) для генерации и отладки программного кода	РГ-5.3. Организует оптимизацию кода с помощью ИИ (продвинутый) РГ-5.3. 3-1. Знает методы ИИ-оптимизации
УК-4. (УНК-01.) Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(ых) языке(ах) <i>(соответствует УНК-01 – Способен применять коммуникационные компетенции в профессиональной деятельности)</i>	УНК-01.01. Осуществляет коммуникации в профессиональной деятельности (базовый) УНК-01.01.01. У-1 Владеет навыками презентации и публичной дискуссии УНК-01.01.01. У-3 Способен формулировать и понимать технологические и бизнес-требования
УК-3. (УНК-02.) Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде <i>(соответствует УНК-02 – Способен применять методы коллективной работы в профессиональной деятельности)</i>	УНК-02.01. Принимает участие в групповом взаимодействии (базовый) УНК-02.01.01. У-5. Умеет работать в команде, проявлять инициативу и поддерживать коллег

3. Тематический план

№п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Трудоемкость, академические часы				ТКУ (текущий контроль успеваемости)
		Очная форма				
		Аудиторная работа		Контроль	Самостоятельная работа	
		Лекции	Практические занятия			
1	Основы теории графов и базовые алгоритмы	4	4			Домашнее задание
2	Классические алгоритмы на графах	8	8			Домашнее задание
3	Сетевые метрики и анализ структуры	8	8			Домашнее задание
4	Масштабный анализ и динамические процессы	6	6			Домашнее задание
5	Машинное обучение на графах	4	4			Домашнее задание
	Зачёт с оценкой			2		Проект
Итого:		30	30	2	128	
Объем дисциплины (модуля) (в ак. ч.)		190				
Объем дисциплины (модуля) (в зач. ед.)		5				

4. Содержание дисциплины (модуля)

№п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Содержание дисциплины (модуля) по темам
1	Основы теории графов и базовые алгоритмы	Определения и представление графов: ориентированные/неориентированные, взвешенные, двудольные. Способы хранения (матрица смежности, список рёбер, CSR). Работа с NetworkX и igraph. Обход и связность: BFS, DFS, компоненты связности, топологическая сортировка. Алгоритмы поиска кратчайших путей (Дейкстра, Беллман–Форд)
2	Классические алгоритмы на графах	Минимальные остовные деревья: алгоритмы Прима и Краскала. Применение для иерархической кластеризации и сегментации изображений. Потоки и разрезы: теорема Форда–Фалкерсона, алгоритм Эдмондса–Карпа. Приложение к задачам назначения и максимальному паросочетанию в двудольных графах. Сильная связность и паросочетания: алгоритмы Косарайю и Тарьяна. Введение в паросочетания общего вида и венгерский алгоритм (обзорно). Задачи маршрутизации: эйлеровы и гамильтоновы пути, задача коммивояжёра (приближённые методы). Связь с реальными логистическими задачами

3	Сетевые метрики и анализ структуры	Меры центральности: степень (degree), близость (closeness), посредничество (betweenness), собственный вектор (eigenvector), PageRank, HITS. Интерпретация и вычислительные аспекты. Обнаружение сообществ: модулярность, алгоритм Лувена, распространение меток (label propagation), спектральная кластеризация. Оценка качества разбиения. Структурные свойства реальных сетей: тесный мир, степенное распределение, коэффициент кластеризации, ассортативность. Модели случайных графов Визуализация графов: силовые и спектральные укладки, инструменты Gephi, Plotly, интерактивная визуализация на D3.js. Принципы визуальной аналитики
4	Масштабный анализ и динамические процессы	Обработка больших графов: разреженные форматы, параллельные и приближённые алгоритмы (GraphX, cuGraph). Оценка центральностей на масштабе. Модели распространения: SI, SIR, независимый каскад (Independent Cascade), линейный порог (Linear Threshold). Задача максимизации влияния и жадный алгоритм с оптимизацией CELF. Анализ временных и мультислойных графов: динамические сети, срезы, метрики изменчивости. Введение в графы знаний и мультиреляционные сети
5	Машинное обучение на графах	Графовые эмбединги: DeepWalk, node2vec, LINE. Методы на основе случайных блужданий. Обучение без учителя для предсказания связей Графовые нейронные сети (GNN): GCN, GraphSAGE, GAT. Классификация узлов и индуктивное обучение

5. Учебно-методическое обеспечение

Университет располагает полным набором лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, включая продукты отечественного производства.

Каждый студент в течение всего периода обучения получает индивидуальный неограниченный доступ к электронно-библиотечной системе и электронной информационно-образовательной среде университета. Эти системы предоставляют возможность доступа к ресурсам из любой точки, где есть подключение к сети Интернет, как на территории университета, так и за его пределами.

Студентам обеспечен удаленный доступ к современным профессиональным базам данных и информационным справочным системам.

Основная литература:

1. Березовская, Е. А. Теория и практика построения и применения сетей и графов : учебное пособие / Е. А. Березовская, С. В. Крюков ; Южный федеральный университет. - Ростов-на-Дону : Издательство Южного федерального университета, 2023. - 115 с. - ISBN 978-5-9275-4427-1. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.ru/catalog/product/2135849>.

2. Курейчик, В. М. Учебное пособие по курсу «Дискретная математика». Раздел «Теория графов» : учебное пособие / В. М. Курейчик, В. В. Курейчик, Е. Р. Мунтян ; Южный федеральный университет. - Ростов-на-Дону ; Таганрог : Издательство Южного федерального университета, 2022. - 164 с. - ISBN 978-5-9275-4257-4. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.ru/catalog/product/2039100>.

Дополнительная литература:

1. Захаров, Д. Д. Введение в теорию графов : учебно-методическое пособие к практическим занятиям по математике / Д. Д. Захаров. - Москва : РУТ (МИИТ), 2018. - 49 с. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1896868>.

6. Материально-техническое обеспечение

Университет располагает материально-технической базой, соответствующей действующим противопожарным правилам и нормам и обеспечивающей проведение всех видов дисциплинарной и междисциплинарной подготовки, практической и научно-исследовательской работ обучающихся, предусмотренных учебным планом.

Помещения, которые представляют собой учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского (практического) типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы и помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования. Помещения укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Изучение дисциплины (модуля) обеспечивается в учебных аудиториях, оснащенных:

- столами и стульями;
- компьютерной техникой;
- механическими калькуляторами;
- специализированным оборудованием, включая демонстрационное оборудование.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся, в том числе приспособленные для использования инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья, оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Обучающимся предоставляется доступ (в том числе удаленный) к ресурсам информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», электронным ресурсам (в том числе электронным библиотечным системам, современным профессиональным базам данных и информационным справочным системам):

№	Наименование портала (издания, курса, документа)	Ссылка
1.	Научная электронная библиотека elibrary.ru библиотека	https://elibrary.ru/defaultx.asp
2.	База данных для IT-специалистов	https://habr.com
3.	База данных ScienceDirect	https://www.sciencedirect.com
4.	Официальный сайт Министерства науки и высшего образования Российской Федерации	https://minobrnauki.gov.ru/
5.	Федеральный портал «Российское образование»	https://www.edu.ru/
6.	Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам"	http://window.edu.ru/
7.	Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов	http://school-collection.edu.ru/
8.	Федеральный центр информационно - образовательных ресурсов	http://fcior.edu.ru/

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), в том числе комплект лицензионного программного обеспечения, современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы:

Наименование ПО	Производство	Лицензионное / свободно распространяемое
Операционные системы:		
Microsoft Imagine (Windows Client, Server)	зарубежное	лицензионное
Браузеры:		
Яндекс.Браузер	отечественное	свободно распространяемое
Google Chrome	зарубежное	свободно распространяемое
Офисные приложения:		
Microsoft Imagine (Visio, OneNote)	зарубежное	лицензионное
TeXstudio	зарубежное	свободно распространяемое
Adobe Acrobat Reader	зарубежное	свободно распространяемое
Программное обеспечение для планирования и учета времени:		
Toggle app	зарубежное	свободно распространяемое
Системы управления проектами:		
Microsoft Imagine (Project)	зарубежное	лицензионное
Системы управления базами данных:		
Microsoft Imagine (SQL Server)	зарубежное	лицензионное
Системы резервного копирования (backup):		
Acronis Backup Advanced for HyperV	зарубежное	лицензионное
Справочно-правовые системы:		
КонсультантПлюс: справочно-правовая система	отечественное	лицензионное
Средства антивирусной защиты:		
Kaspersky Endpoint Security для бизнеса Стандартный Russian Edition	отечественное	лицензионное
Среды разработки:		
Visual Studio Code	зарубежное	свободно распространяемое
Bash (Unix shell)	зарубежное	свободно распространяемое

Anaconda	зарубежное	свободно распространяемое
Robotic Operating System	зарубежное	свободно распространяемое
CopelliaSim	зарубежное	свободно распространяемое
Google Colaboratory	зарубежное	свободно распространяемое
Пакеты программных средств и библиотек:		
AutoPsy	зарубежное	свободно распространяемое
Interactive Disassembler (IDA)	зарубежное	свободно распространяемое
Системы управления библиографической информацией:		
Zotero	зарубежное	свободно распространяемое
Сервисы и службы:		
Bind	зарубежное	свободно распространяемое
Docker	зарубежное	свободно распространяемое

7. Методические и оценочные материалы

Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

В процессе изучения дисциплины (модуля) «Анализ графов» в рамках текущего контроля успеваемости используются такие виды учебной работы, как лекции, семинары, домашние задания, проект, а также различные виды самостоятельной работы обучающихся по заданию преподавателя, направленные на развитие навыков профессиональной лексики, закрепление практических профессиональных компетенций, поощрение инициатив.

Лекция – систематическое, последовательное, монологическое изложение преподавателем учебного материала, как правило, теоретического характера.

В процессе лекций рекомендуется вести конспект лекций: кратко и схематично фиксировать основные идеи, выводы и обобщения лекции; выделять важные мысли, ключевые слова и термины. Необходимо отметить вопросы или материалы, которые вызывают затруднения, и попытаться найти ответы в рекомендованной литературе. Если разобраться в материале не удастся, следует сформулировать вопрос и задать его преподавателю на консультации или во время семинарского (практического) занятия.

Семинар – это форма учебной деятельности, проводимая в учебном заведении под руководством преподавателя, где студенты активно участвуют в обсуждениях, практических заданиях и других формах взаимодействия.

Для успешной подготовки к семинару рекомендуется заранее ознакомиться с темой занятия и основными материалами, чтобы иметь возможность активно участвовать в обсуждении. Также полезно подготовить вопросы и идеи для обсуждения, что поможет глубже понять материал и продемонстрировать заинтересованность.

Домашнее задание – набор задач по темам недели.

При работе над домашними заданиями важно внимательно ознакомиться с требованиями и сроками выполнения. Рекомендуется разбивать задания на этапы, чтобы избежать перегрузки и лучше усвоить материал. Использовать различные источники информации, включая учебники и онлайн-ресурсы, для более глубокого понимания темы.

Проект – исследовательская работа по дисциплине (модулю) и презентация результатов.

Для успешной подготовки к проекту рекомендуется: четко определить цели и задачи проекта; составить план работы, разбив проект на этапы с указанием сроков выполнения каждого из них; использовать разнообразные источники информации и инструменты для исследования темы; регулярно проверять прогресс и вносить коррективы в план, если это необходимо.

Самостоятельная работа – работа студентов, направленная на углубленное изучение отдельных тем и вопросов учебной дисциплины (модуля).

В процессе самостоятельной работы студенты взаимодействуют с рекомендованными материалами при минимальном участии преподавателя. Задачи студента включают работу с конспектами лекций (обработка текста), повторное изучение учебных материалов планов и тезисов ответов, изучение дополнительных тем, выполнение учебно-исследовательских заданий и другое.

Система оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю)

Критерии получения уровня и оценивания сформированности компетенций по дисциплине (модулю) «Анализ графов»

Оценивание уровня учебных достижений, обучающихся по дисциплине (модулю), осуществляется в виде текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Промежуточная аттестация по дисциплине (модулю) осуществляется в форме *зачёта с оценкой*, при этом проводится оценка компетенций, сформированных по дисциплине.

Для оценивания текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации используется десятибалльная шкала оценивания, которая соотносится с традиционной пятибалльной шкалой следующим образом, если иное не указано в силлабусе дисциплины:

Десятибалльная оценка	Пятибалльная оценка	Общая характеристика результата обучения по дисциплине (модулю)
10	Отлично	Студент полностью владеет знаниями, изложенными в рабочей программе, и глубоко осмысляет дисциплину. Он самостоятельно и логически последовательно отвечает на все вопросы, акцентируя внимание на наиболее важном. Умеет анализировать, сравнивать, классифицировать, обобщать, конкретизировать и систематизировать изученный материал, выделяя ключевые моменты и устанавливая причинно-следственные связи. Четко формулирует ответы, уверенно интерпретирует результаты анализов и других исследований, а также решает сложные задачи. Студент хорошо знаком с методами исследования, необходимыми для практической деятельности, и умеет связывать теоретические аспекты дисциплины (модуля) с практическими задачами.
9	Отлично	
8	Отлично	
7	Хорошо	Студент обладает знаниями предмета почти в полном объеме рабочей программы и самостоятельно, логически последовательно и всесторонне отвечает на все вопросы, акцентируя внимание на наиболее значимых моментах. Он умеет анализировать, сравнивать, классифицировать, обобщать, конкретизировать и систематизировать изученный материал, выделяя его ключевые аспекты и устанавливая причинно-следственные связи. Формулирует свои ответы, уверенно интерпретирует результаты анализов и других исследований, а также решает сложные ситуационные задачи. Студент хорошо знаком с методами исследования, необходимыми для практической
6	Хорошо	

Десятибалльная оценка	Пятибалльная оценка	Общая характеристика результата обучения по дисциплине (модулю)
		деятельности, и умеет связывать теоретические аспекты предмета с практическими задачами.
5	Удовлетворительно	Студент обладает базовыми знаниями по дисциплине (модулю), но испытывает трудности при самостоятельных ответах и использует неточные формулировки. В ходе ответов он допускает ошибки, касающиеся сути вопросов. Студент способен решать только самые простые задачи и владеет лишь минимальным набором методов исследования.
4	Удовлетворительно	
3	Не сдан	Студент не овладел обязательным минимумом знаний по предмету и не может ответить на вопросы, даже если преподаватель задает дополнительные наводящие вопросы.
2	Не сдан	
1	Не сдан	

Дисциплина (модуль) «Анализ графов» оценивается следующим образом:

Активность	Вес	Количество	Описание
Домашние задания	40%	13	Набор задач по темам недели
Проект	30%	1	Исследовательская работа по дисциплине (модулю) и презентация результатов
Зачёт с оценкой	30%	1	Письменная или устная работа над заданием, направленным на проверку полученных знаний и навыков по дисциплине (модулю)

Формула расчёта итоговой оценки по дисциплине (модулю) «Анализ графов»:
« $0,4 \times \text{среднее за домашние задания} + 0,3 \times \text{проект} + 0,3 \times \text{зачёт с оценкой}$ ».

Текущий контроль успеваемости обучающихся по дисциплине (модулю)

Примерные домашние задания

Домашнее задание 1.

1. Опишите различия между ориентированным и неориентированным графом, приведите примеры их применения в реальных системах;
2. Реализуйте представление графа в виде матрицы смежности и списка смежности, сравните их по памяти и эффективности для разреженных графов;
3. Реализуйте алгоритмы BFS и DFS на выбранном графе, сравните их поведение при поиске кратчайшего пути и обходе компонент связности;
4. Выполните топологическую сортировку для заданного ориентированного ациклического графа и объясните её применение в планировании задач;
5. Примените алгоритм Дейкстры для поиска кратчайших путей от одной вершины до всех остальных и проанализируйте его работу на взвешенном графе.

Домашнее задание 2.

1. Реализуйте алгоритм Краскала для построения минимального остовного дерева и примените его к графу, моделирующему дорожную сеть;
2. Сравните алгоритмы Прима и Краскала по сложности и применимости в различных типах графов;

3. Решите задачу о максимальном потоке с помощью алгоритма Эдмондса–Карпа и интерпретируйте результат в контексте распределения ресурсов;
4. Примените венгерский алгоритм (или его библиотечную реализацию) для решения задачи оптимального назначения в двудольном графе;
5. Оцените сложность нахождения гамильтонова цикла и реализуйте приближённый алгоритм для задачи коммивояжёра (TSP) на основе жадного подхода или ближайшего соседа.

Домашнее задание 3.

1. Вычислите степени, близость, посредничество и PageRank для узлов в выбранном графе и сравните результаты по их интерпретации;
2. Примените алгоритм Лувена для выделения сообществ и оцените качество разбиения с помощью модулярности;
3. Реализуйте спектральную кластеризацию на графе и сравните её с label propagation по скорости и устойчивости к шуму;
4. Проанализируйте реальный граф на наличие свойств "тесного мира" и степенного распределения степеней;
5. Визуализируйте граф с помощью силовой укладки (force-directed layout) в Gephi или Plotly, выделите центральные узлы и сообщества.

Примерное описание задания и критерии оценивания к проекту

Цель проекта: разработать и протестировать комплексную систему анализа графовых данных, демонстрирующую применение классических алгоритмов, метрик центральности, выявления сообществ, моделирования динамических процессов и методов машинного обучения на графах для решения прикладной задачи.

Задачи проекта:

- Выбрать или построить реальный, или синтетический граф (например, социальная сеть, транспортная сеть, граф цитирований) и представить его в подходящем формате (матрица смежности, CSR, список рёбер) с использованием библиотек NetworkX или igraph;
- Реализовать анализ структуры графа: вычислить ключевые метрики центральности (степень, посредничество, PageRank), выделить центральные узлы и проанализировать их роль в сети;
- Применить алгоритмы обнаружения сообществ (например, Лувена, label propagation или спектральную кластеризацию) и оценить качество разбиения с помощью модулярности и других метрик;
- Провести анализ динамического или мультислойного графа (по выбору): выделить изменения структуры во времени, оценить устойчивость сообществ и визуализировать эволюцию сети;
- Реализовать моделирование процесса распространения влияния (например, Independent Cascade или SIR) и решить задачу максимизации охвата с помощью жадного алгоритма с оптимизацией CELF;
- Обучить графовые эмбединги (например, node2vec или DeepWalk) и применить их для задачи предсказания связей или классификации узлов;
- Построить и обучить графовую нейронную сеть (GNN) с использованием GCN, GraphSAGE или GAT для задачи классификации узлов или предсказания рёбер;
- Подготовить отчёт и презентацию, включающие визуализацию графа, интерпретацию результатов, сравнение методов и обсуждение применимости решений в реальных сценариях (социология, логистика, биоинформатика, рекомендательные системы).

Критерии оценивания проекта:

— Соответствие проекта изученным темам: применение базовых и продвинутых алгоритмов на графах, использование метрик, методов выявления сообществ и моделей машинного обучения;

— Глубина анализа: наличие комплексной обработки графа — от структурного анализа до динамического моделирования и GNN;

— Качество визуализации и интерпретации: наглядное представление структуры, центральностей, сообществ и динамики с помощью инструментов (Gephi, Plotly, D3.js);

— Обоснованность выбора и успешность применения методов машинного обучения на графах: корректность реализации эмбедингов и GNN, качество предсказаний;

— Полнота отчёта и презентации: логичная структура, визуализация ключевых этапов, обоснованные выводы и обсуждение ограничений, возможностей sim-to-real переноса (в контексте прикладной задачи).

Задания для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

№ п/п	Задание	Ответ	Компетенция	Индикатор
1.	Назовите основные способы представления графа в памяти компьютера.	Матрица смежности / Список смежности / Список рёбер / CSR	ППК-Р5	ППК-Р5.3. У-2
2.	Объясните, в чём разница между ориентированным и неориентированным графом.	В ориентированном рёбра имеют направление, в неориентированном — нет	ППК-Р5	ППК-Р5.3. 3-1
3.	Укажите, какая структура данных наиболее эффективна для хранения разреженных графов.	Список смежности или CSR (Compressed Sparse Row)	ППК-Р5	ППК-Р5.3. У-2
4.	Назовите алгоритм, используемый для обхода графа «в ширину» и поиска кратчайшего пути в невзвешенном графе.	BFS (Breadth-First Search)	ППК-Р5	ППК-Р5.3. 3-1
5.	Назовите алгоритм, позволяющий найти кратчайшие пути от одной вершины ко всем остальным в графе с неотрицательными весами.	Алгоритм Дейкстры	ППК-Р5	ППК-Р5.3. 3-1
6.	Объясните, как работает алгоритм Беллмана–Форда и в каких случаях он предпочтительнее Дейкстры.	Находит кратчайшие пути при наличии рёбер с отрицательным весом	ППК-Р5	ППК-Р5.3. У-2
7.	Назовите алгоритм, используемый для топологической сортировки ориентированного ациклического графа.	DFS с порядком завершения или алгоритм Кахна	ППК-Р5	ППК-Р5.3. 3-1
8.	Укажите, как определяется компонента связности в неориентированном графе.	Как подграф, в котором любые две вершины связаны путём	ППК-Р5	ППК-Р5.3. У-2
9.	Назовите библиотеки Python для работы с графами.	NetworkX / igraph / Graph-tool / SNAP	ППК-Р6	ППК-Р6.3. 3-1

10.	Объясните, зачем используется формат CSR для хранения графов.	Для эффективного хранения разреженных графов и ускорения обхода соседей	ППК-Р5	ППК-Р5.3. У-2
11.	Назовите алгоритм, строящий минимальное остовное дерево на основе жадного выбора рёбер по возрастанию веса.	Алгоритм Крускала	ППК-Р5	ППК-Р5.3. 3-1
12.	Объясните, как алгоритм Прима выбирает рёбра для построения минимального остовного дерева.	Добавляет ребро наименьшего веса, соединяющее текущее дерево с новой вершиной	ППК-Р5	ППК-Р5.3. У-2
13.	Назовите алгоритм, решающий задачу о максимальном потоке в сети с использованием увеличивающих путей.	Алгоритм Эдмондса–Карпа / Форда–Фалкерсона	ППК-Р5	ППК-Р5.3. 3-1
14.	Укажите, какая задача решается с помощью венгерского алгоритма в двудольном графе.	Задача оптимального назначения / Максимальное паросочетание с минимальной стоимостью	ППК-Р5	ППК-Р5.3. У-2
15.	Назовите алгоритмы для поиска компонент сильной связности в ориентированном графе.	Алгоритмы Косарайю / Тарьяна	ППК-Р5	ППК-Р5.3. 3-1
16.	Объясните, в чём заключается задача коммивояжёра и почему она NP-трудная.	Поиск кратчайшего гамильтонова цикла; перебор всех перестановок экспоненциален	ППК-Р5	ППК-Р5.3. У-2
17.	Назовите приближённые методы решения задачи коммивояжёра.	Жадный алгоритм / 2-opt / Метод муравьиной колонии / Генетические алгоритмы	ППК-Р5	ППК-Р5.3. 3-1
18.	Укажите, как минимальные остовные деревья применяются для иерархической кластеризации.	Последовательное удаление самых тяжёлых рёбер MST даёт кластеры	ППК-Р5	ППК-Р5.3. У-2
19.	Назовите применение задачи о максимальном потоке в реальных задачах.	Транспортные сети / Сетевые потоки / Matching / Image Segmentation	ППК-ДА4	ППК-ДА4.1. У-1
20.	Объясните, как паросочетания в двудольных графах применяются для задач назначения.	Сопоставление работников и задач / Рекламы и пользователей / Доноров и реципиентов	ППК-ДА4	ППК-ДА4.1. 3-3
21.	Назовите метрику центральности, которая учитывает степень влияния узла на основе его соседей.	Центральность по собственному вектору /	ППК-ДА5	ППК-ДА5.2. 3-1

		Eigenvector Centrality		
22.	Укажите, какая метрика используется для оценки влияния узла как «перевалочного пункта» в графе.	Центральность по посредничеству / Betweenness Centrality	ППК-ДА5	ППК-ДА5.2. У-2
23.	Назовите алгоритм выявления сообществ, основанный на оптимизации модулярности.	Алгоритм Лувена / Louvain Algorithm	ППК-ДА5	ППК-ДА5.2. 3-1
24.	Объясните, в чём заключается принцип визуализации графа с помощью силовой укладки.	Узлы отталкиваются, рёбра притягиваются — система стремится к равновесию	ППК-Р5	ППК-Р5.4. У-1
25.	Назовите метрику, оценивающую вероятность того, что два соседа узла связаны между собой.	Коэффициент кластеризации / Clustering Coefficient	ППК-ДА5	ППК-ДА5.2. У-2
26.	Укажите, что означает свойство «тесного мира» в реальных сетях.	Короткие средние пути между узлами при высоком кластеринге	ППК-ДА5	ППК-ДА5.2. 3-1
27.	Назовите инструменты для визуализации графов.	Gephi / Plotly / D3.js / NetworkX + Matplotlib / Cytoscape	ППК-Р6	ППК-Р6.3. У-1
28.	Объясните, как спектральная кластеризация использует матрицу Лапласа графа.	Собственные векторы Лапласиана дают координаты для кластеризации	ППК-Р5	ППК-Р5.3. У-2
29.	Назовите модель распространения информации, в которой каждый активный узел с некоторой вероятностью активирует своих соседей.	Модель независимого каскада / Independent Cascade	ППК-ДА5	ППК-ДА5.2. 3-1
30.	Укажите, какая задача решается с помощью жадного алгоритма с оптимизацией CELF.	Задача максимизации влияния / Выбор влиятельных узлов	ППК-ДА4	ППК-ДА4.1. У-1
31.	Назовите форматы для обработки больших графов в распределённых системах.	GraphX / cuGraph / Pregel / Giraph / DGL / PyG	ППК-Р4	ППК-Р4.3. 3-1
32.	Объясните, зачем используется партиционирование графов для параллельной обработки.	Для распределения вычислений между узлами кластера с минимизацией cut edges	ППК-Р4	ППК-Р4.3. У-2
33.	Назовите модели распространения эпидемий в сетях.	SI / SIR / SIS / SEIR	ППК-ДА5	ППК-ДА5.2. 3-1
34.	Укажите, как анализируются временные графы (dynamic graphs).	Через срезы (snapshots) / Темпоральные	ППК-Р5	ППК-Р5.4. 3-3

		рёбра / Метрики изменчивости		
35.	Назовите применение графов знаний в реальных системах.	Рекомендательные системы / Поисковые системы / Семантический веб / QA-системы	ППК-ДА4	ППК-ДА4.1. 3-3
36.	Объясните, чем мультислойные графы отличаются от обычных.	Несколько типов рёбер или отношений между одними и теми же узлами	ППК-Р5	ППК-Р5.3. 3-1
37.	Назовите метод обучения без учителя на графах, основанный на случайных блужданиях и аналогии с Word2Vec.	Node2Vec / DeepWalk / LINE	ППК-Р5	ППК-Р5.3. У-2
38.	Укажите, какая задача решается с помощью графовых эмбедингов.	Предсказание связей / Классификация узлов / Визуализация / Рекомендации	ППК-Р5	ППК-Р5.3. У-2
39.	Назовите архитектуру графовой нейронной сети, использующую механизм внимания для взвешивания соседей.	GAT / Graph Attention Network	ППК-Р5	ППК-Р5.3. 3-1
40.	Объясните, в чём заключается индуктивное обучение в GraphSAGE.	Модель обучается агрегировать признаки соседей, а не запоминать эмбединги узлов	ППК-Р5	ППК-Р5.3. У-2
41.	Какой тип базы данных подходит для хранения графовых данных с частыми запросами связей?	Graph DB (Neo4j / TigerGraph / ArangoDB) / PostgreSQL с расширениями	ППК-Р4	ППК-Р4.1. У-1
42.	Какой метод используется для оптимизации запросов к графовым данным?	Индексирование вершин и рёбер / Кэширование путей / Партиционирование	ППК-Р4	ППК-Р4.3. У-2
43.	Какая метрика важна для мониторинга качества графовых моделей в продакшене?	AUC-ROC / Precision@K / Link Prediction Accuracy / NDCG	МО-2	МО-2.3. 3-1
44.	Какой процесс позволяет автоматизировать переобучение графовых моделей?	Scheduled Retraining / Drift Detection / Pipeline Automation	МО-2	МО-2.3. У-1
45.	Какой навык необходим для распределения задач в команде разработки графовых алгоритмов?	Лидерство / Делегирование / Планирование / Sprint Planning	РГ-1	РГ-1.3. 3-2

46.	Как называется документ, описывающий архитектуру графовой системы для интеграции?	Техническая спецификация / API Documentation / System Design / Integration Plan	ППК-P5	ППК-P5.4. У-1
47.	Какой принцип чистого кода важен при разработке графовых пайплайнов?	DRY / SOLID / KISS / Modular Design / Reproducibility	ППК-P6	ППК-P6.3. 3-1
48.	Какой инструмент ИИ помогает генерировать код для анализа графов?	GitHub Copilot / ChatGPT / Cursor / Codeium	ППК-P7	ППК-P7.3. 3-1
49.	Какой навык важен для презентации результатов анализа графов заказчику?	Коммуникация / Визуализация / Презентация / Storytelling	УНК-01 (УК-4)	УНК-01.01.01. У-1
50.	Какое действие проявляет поддержку коллег в команде разработки графовых систем?	Наставничество / Code Review / Обратная связь / Knowledge Sharing	УНК-02 (УК-3)	УНК-02.01.01. У-5