

УТВЕРЖДЕНА

Решением Ученого совета
АНО ВО «Центральный университет»
«07» марта 2024 г.
Протокол №1

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

Направление подготовки: 02.03.01 Математика и компьютерные науки

Направленность (профиль) подготовки: Искусственный интеллект

Квалификация (степень) выпускника: бакалавр

Форма обучения: очная

Срок освоения программы: 4 года

Год набора: 2024

Москва
2024

Содержание

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

1. Краткая характеристика дисциплины (модуля)

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

Дисциплина (модуль) «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 Искусственный интеллект и входит в обязательную часть Блока 1.

Дисциплина (модуль) изучается на 3 или 4 курсе в 5, 6, 7 или 8 семестре на выбор, является выборной дисциплиной.

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):

- понимание структуры и свойств графов, включая узлы, рёбра, направленные и ненаправленные графы;
- формирование знания различных типов графов, таких как взвешенные, ориентированные, неориентированные, деревья и другие, знания основных алгоритмов на графах, включая поиск в глубину, поиск в ширину, алгоритмы Дейкстры и прочие; понимание методов кластеризации и разбиения графов;
- знание архитектур графовых нейронных сетей (GCN, GAT, GraphSAGE); знание областей применения графового машинного обучения, таких как социальные сети, биоинформатика, рекомендательные системы;
- понимание задач, решаемых с помощью графового машинного обучения, включая классификацию узлов, предсказание связей и кластеризацию.
- умение разрабатывать и обучать модели графового машинного обучения;
- умение настраивать гиперпараметры моделей для достижения оптимальных результатов;
- умение извлекать и подготавливать графовые данные для анализа и обучения моделей;
- умение проводить анализ структуры графа и выявление ключевых особенностей;
- использование библиотек и фреймворков для графового машинного обучения, таких как PyTorch Geometric и DGL;
- реализация моделей и проведение экспериментов с различными архитектурами GNN; оценка производительности моделей с использованием метрик точности, полноты, F1-меры;
- уверенное владение языком программирования Python и умение работать с библиотеками для обучения на графах;
- умение критически анализировать результаты и обосновывать выбор алгоритмов и методов, используемых в проекте;
- навык самообразования, включающий отслеживание новых исследований и тенденций в области обучения на графах.

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:

Компетенция	Содержание компетенции	Индикатор компетенции	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)
ОПК-1.	Способен консультировать и использовать фундаментальные знания в области математического анализа, комплексного и функционального анализа алгебры, аналитической геометрии, дифференциальной геометрии и топологии, дифференциальных уравнений, дискретной математики и математической логики, теории вероятностей, математической статистики и случайных процессов, численных методов, теоретической механики в профессиональной деятельности	ОПК-1.1.	Знает основные концепции и теории в области математического анализа и смежных дисциплин; методы и подходы, используемые в различных областях математики
		ОПК-1.2.	Умеет применять математические методы для решения профессиональных задач
		ОПК-1.3.	Имеет практический опыт разработки и реализации математических моделей в профессиональной деятельности
ПК-1.	Способен формулировать задачи с математической точностью, обосновывать утверждения строго и анализировать полученные результаты в области математики и компьютерных наук	ПК-1.1.	Знает методы и подходы к формулированию задач, а также основные принципы математического доказательства и анализа результатов.
		ПК-1.2.	Умеет корректно ставить и формулировать математические задачи, применять строгие методы доказательства и анализировать полученные результаты.
		ПК-1.3.	Имеет опыт работы с задачами в области математики и компьютерных наук, включая применение математических методов для решения практических задач
ПК-2.	Способен решать типовые задачи профессиональной деятельности в области искусственного интеллекта, опираясь на информационную и библиографическую культуру, используя информационно-коммуникационные технологии и учитывая основные требования информационной безопасности	ПК-2.1.	Знает основы информационной и библиографической культуры, а также принципы информационной безопасности и применения информационно-коммуникационных технологий в профессиональной деятельности
		ПК-2.2.	Умеет эффективно использовать информационно-коммуникационные технологии для решения стандартных задач

			профессиональной деятельности, учитывая требования информационной безопасности
		ПК-2.3.	Имеет опыт работы с информационными ресурсами и технологиями в области искусственного интеллекта, включая соблюдение норм информационной безопасности

3. Тематический план

№п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Трудоемкость, академические часы				ТКУ (текущий контроль успеваемости)
		Очная форма				
		Контактная работа		Контроль	Самостоятельная работа	
Лекции	Семинары (практические занятия)					
1	Основы анализа графов, сложные сети и их характеристики	7	7		31	Домашние задания Тест
2	Представления (эмбединги) графов, вершин, рёбер и задачи с графами	8	8		31	Домашние задания Тест
3	Графовые нейронные сети	8	8		31	Домашние задания
4	Динамические графы и будущее графов	7	7		31	Домашние задания
	<i>Зачет с оценкой</i>			6		
	Итого:	30	30	6	124	
	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 анализа графов, сложные сети и их характеристики	Введение в анализ графов: модели графов и их свойства. Алгоритмы на графах. Сложные сети: характеристики и модели, Социальные сети и графы
2	Представления (эмбединги) графов, вершин, рёбер и задачи с графами	Предсказание ссылок. Методы эмбединга графов. Обнаружение сообществ. Распространение информации в графах. Сравнение графов
3	Графовые нейронные сети	Введение в графовые нейронные сети, основные архитектуры графовых нейронных сетей. Обучение графовых нейронных сетей, применение GNN для задач классификации
4	Динамические графы и будущее графов	Моделирование динамики графов. Методы обработки временных графов. Графовый анализ в рекомендационных системах. Графы в обработке естественного языка. Будущее графового машинного обучения

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. Константинова, Е. В. Теория графов: алгебраическая теория : учебник для вузов / Е. В. Константинова. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 123 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-20172-7. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/569211>.

Дополнительная литература:

1. Клековкин, Г. А. Теория графов. Среда MaXIma : учебник для вузов / Г. А. Клековкин. — 2-е изд. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 133 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-10084-6. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/558469>.

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;
- 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 к 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, практические занятия, домашние задания, тест, контрольная работа, 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.

Участие в семинаре (практическом занятии) – активная работа студента на семинаре, его ответы на вопросы преподавателя и участие в дискуссии.

Для успешного участия в семинаре студентам рекомендуется заранее ознакомиться с темой обсуждения, прочитать необходимые материалы и подготовить вопросы. Важно активно слушать и вовлекаться в дискуссию, высказывая свои мнения и аргументируя их. При ответах на вопросы преподавателя стоит быть уверенным, четким и логичным, опираясь на изученный материал. Также полезно поддерживать диалог с однокурсниками, чтобы обогатить обсуждение и расширить свои знания.

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.

Тест – особая форма проверки знаний. Проводится после освоения одной или нескольких тем и свидетельствует о качестве понимания основных понятий изучаемого материала. Тестовые задания составлены к ключевым понятиям, основным разделам, важным терминологическим категориям изучаемой дисциплины (модуля).

Для подготовки к тесту необходимо знать терминологический аппарат дисциплины (модуля), понимать смысл научных категорий и уметь их использовать в профессиональной лексике. Владение понятийным аппаратом, включённым в тестовые задания, позволяет преподавателю быстро проверить уровень понимания студентами важных методологических категорий.

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 *зачета 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:

Десятибалльная оценка	Пятибалльная оценка	Оценка за зачет	Общая характеристика результата обучения по дисциплине (модулю)
10	Отлично	Зачтено	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	Зачтено	
8	Отлично	Зачтено	
7	Хорошо	Зачтено	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
6	Хорошо	Зачтено	

Десятибалльная оценка	Пятибалльная оценка	Оценка за зачет	Общая характеристика результата обучения по дисциплине (модулю)
			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 деятельности, и умеет связывать теоретические аспекты предмета с практическими задачами.
5	Удовлетворительно	Зачтено	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	Зачтено	
3	Не сдан	Не зачтено	Студент не овладел обязательным минимумом знаний по предмету и не может ответить на вопросы, даже если преподаватель задает дополнительные наводящие вопросы.
2	Не сдан	Не зачтено	
1	Не сдан	Не зачтено	

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

Активность	Вес	Описание
Домашние задания	50%	Набор задач по темам недели
Тест	50%	Набор заданий по теме на проверку знаний

Формула расчёта итоговой оценки по дисциплине (модулю) «Анализ графов»:
« $0,5 \times$ среднее за домашние задания + $0,5 \times$ за тест».

Текущий контроль успеваемости обучающихся по дисциплине (модулю)

Примерные домашние задания

Домашнее задание: Основы анализа графов, сложные сети и их характеристики

1. Определите и опишите основные модели графов (например, случайный граф Эрдёша-Реньи, граф Малера-Рэя, регулярные графы) и их ключевые свойства.
2. Реализуйте алгоритмы поиска в глубину (DFS) и поиска в ширину (BFS) на заданном графе и проанализируйте их временную сложность.

3. Исследуйте характеристики сложных сетей: вычислите коэффициент кластеризации, распределение степеней и среднюю длину кратчайшего пути для заданного социального графа.

4. Выполните анализ структуры социальной сети: выявите центральные узлы с помощью метрик центральности (степенная, близость, посредничество).

5. Сравните модели сложных сетей по их применимости для моделирования социальных сетей и обоснуйте выбор конкретной модели для заданной задачи.

Домашнее задание: Представления (эмбединги) графов, вершин, рёбер и задачи с графами

1. Изучите и опишите методы эмбединга графов (например, DeepWalk, node2vec, GraphSAGE) и их отличия.

2. Реализуйте задачу предсказания ссылок на примере социального графа, используя один из методов эмбединга.

3. Выполните обнаружение сообществ в заданном графе с помощью алгоритма Louvain или другого метода кластеризации.

4. Смоделируйте распространение информации в графе, используя простую модель (например, модель независимого каскада), и проанализируйте результаты.

5. Проведите сравнение двух графов по выбранным метрикам сходства и объясните полученные результаты.

Домашнее задание: Графовые нейронные сети

1. Изучите и опишите основные архитектуры графовых нейронных сетей (GCN, GAT, GraphSAGE) и их особенности.

2. Реализуйте простую графовую нейронную сеть для задачи классификации узлов на заданном датасете.

3. Настройте гиперпараметры модели (число слоев, размер скрытого слоя, скорость обучения) и оцените влияние на качество классификации.

4. Проведите визуализацию эмбедингов узлов, полученных с помощью обученной GNN, и интерпретируйте результаты.

5. Выполните сравнение производительности GNN с классическими методами машинного обучения на той же задаче классификации.

Примерные задания для теста

Тест 1. Основы анализа графов, сложные сети и их характеристики

1. **Что такое граф в теории графов?**

- a) Набор точек без связей
- b) Множество вершин и рёбер между ними
- c) Последовательность чисел
- d) Множество функций

2. **Какая из следующих моделей графов описывает случайные связи между вершинами с фиксированной вероятностью?**

- a) Модель Барабаши–Альберта
- b) Модель Эрдёша–Реньи
- c) Модель Уоттса–Строгаца
- d) Полносвязный граф

3. **Что характеризует степень вершины в графе?**

- a) Количество рёбер, инцидентных вершине
- b) Вес ребра

- c) Длину пути
 - d) Цвет вершины
4. **Какая из следующих характеристик не относится к сложным сетям?**
- a) Малый мир
 - b) Степенной закон распределения
 - c) Полная связность
 - d) Кластеризация
5. **Какой алгоритм используется для поиска кратчайшего пути в графе с неотрицательными весами?**
- a) Алгоритм Дейкстры
 - b) Алгоритм Флойда–Уоршелла
 - c) Алгоритм Беллмана–Форда
 - d) Алгоритм Крускала
6. **Что такое социальная сеть в контексте графов?**
- a) Граф, где вершины — люди, рёбра — социальные связи
 - b) Граф с направленными рёбрами
 - c) Граф без циклов
 - d) Граф с равномерным распределением степеней
7. **Какая из моделей лучше всего описывает рост сети с предпочтительным присоединением?**
- a) Модель Эрдёша–Реньи
 - b) Модель Барабаши–Альберта
 - c) Модель Уоттса–Строгаца
 - d) Полносвязный граф
8. **Что такое кластеризация в сложных сетях?**
- a) Процесс разделения сети на сообщества
 - b) Мера вероятности того, что два соседа вершины связаны между собой
 - c) Количество рёбер в графе
 - d) Длина кратчайшего пути
9. **Алгоритм поиска в глубину (DFS) используется для:**
- a) Поиска кратчайшего пути
 - b) Обхода всех вершин графа
 - c) Сортировки вершин
 - d) Обнаружения циклов в графе
10. **Что из перечисленного является примером сложной сети?**
- a) Социальная сеть Facebook
 - b) Полносвязный граф из 5 вершин
 - c) Линейный граф
 - d) Дерево
11. **Какая характеристика сети описывает распределение степеней вершин?**
- a) Централизация
 - b) Степенной закон
 - c) Диаметр графа
 - d) Плотность графа

12. **Что такое диаметр графа?**
- a) Максимальное количество вершин
 - b) Максимальное расстояние между двумя вершинами
 - c) Среднее количество рёбер на вершину
 - d) Количество циклов в графе
13. **Алгоритм Крускала предназначен для:**
- a) Поиска кратчайшего пути
 - b) Построения минимального остовного дерева
 - c) Обнаружения сообществ
 - d) Поиска циклов
14. **Что из перечисленного является примером алгоритма кластеризации в графах?**
- a) Алгоритм PageRank
 - b) Алгоритм Лувена
 - c) Алгоритм Дейкстры
 - d) Алгоритм Форда–Фалкерсона
15. **Какая из следующих характеристик не относится к модели «малого мира»?**
- a) Низкий диаметр
 - b) Высокая кластеризация
 - c) Равномерное распределение степеней
 - d) Быстрая передача информации

Тест 2. Представления (эмбединги) графов, вершин, рёбер и задачи с графами

1. **Что такое эмбединг вершины в графе?**
- a) Векторное представление вершины в пространстве признаков
 - b) Количество рёбер, инцидентных вершине
 - c) Путь между двумя вершинами
 - d) Вес ребра
2. **Какая задача решается при предсказании ссылок в графе?**
- a) Определение наличия рёбер между парами вершин
 - b) Классификация вершин
 - c) Обнаружение сообществ
 - d) Обход графа
3. **Метод Node2Vec основан на:**
- a) Случайных блужданиях и обучении представлений
 - b) Глубоком обучении на изображениях
 - c) Поиске кратчайших путей
 - d) Кластеризации вершин
4. **Что такое обнаружение сообществ в графах?**
- a) Группировка вершин с плотными внутренними связями
 - b) Поиск кратчайших путей
 - c) Определение центральных вершин
 - d) Удаление рёбер
5. **Какой из методов используется для распространения информации в графах?**
- a) Алгоритм PageRank

- b) Алгоритм Крускала
 - c) DFS
 - d) Алгоритм Беллмана–Форда
6. **Что из перечисленного относится к методам эмбединга графов?**
- a) DeepWalk
 - b) K-Means
 - c) SVM
 - d) PCA
7. **В задаче предсказания ссылок, что обычно является входом модели?**
- a) Пара вершин
 - b) Вес ребра
 - c) Кластер вершин
 - d) Количество рёбер
8. **Для чего используется алгоритм Louvain?**
- a) Для обнаружения сообществ
 - b) Для классификации вершин
 - c) Для предсказания ссылок
 - d) Для вычисления кратчайших путей
9. **Что такое распространение информации в графе?**
- a) Модель, описывающая, как информация или влияние распространяется между вершинами
 - b) Удаление рёбер
 - c) Поиск циклов
 - d) Обход графа
10. **Какая из задач не относится к анализу графов?**
- a) Классификация вершин
 - b) Предсказание ссылок
 - c) Обработка изображений
 - d) Обнаружение сообществ
11. **Что такое edge embedding?**
- a) Векторное представление ребра
 - b) Количество рёбер в графе
 - c) Длина пути между вершинами
 - d) Кластер вершин
12. **Какой из подходов используется для сравнения графов?**
- a) Графовое ядро (graph kernel)
 - b) KNN
 - c) Линейная регрессия
 - d) Алгоритм Крускала
13. **Что из перечисленного является примером задачи с графами?**
- a) Рекомендательные системы
 - b) Обработка текста
 - c) Обработка изображений
 - d) Классификация изображений

14. Что из следующего не является преимуществом эмбедингов графов?

- a) Сжатое представление информации
- b) Упрощение последующих задач машинного обучения
- c) Потеря структурной информации
- d) Возможность применения стандартных ML-алгоритмов

15. Какой метод эмбединга использует случайные блуждания для генерации контекстов?

- a) DeepWalk
- b) PCA
- c) K-Means
- d) SVM

Задания для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

№ п/п	Задание	Ответ	Компетенция
1.	Какая характеристика вершины графа определяется как количество рёбер, инцидентных этой вершине? а) Центральность б) Степень в) Кликовость г) Эксцентриситет	б	ОПК-1
2.	Какой основной механизм позволяет графовым нейронным сетям агрегировать информацию от соседних вершин? а) Свёртка (Convolution) б) Пулинг (Pooling) в) Сообщение (Message Passing) г) Нормализация (Normalization)	в	ОПК-4
3.	Для какой фундаментальной задачи в рекомендательных системах графы являются естественной моделью данных? а) Классификация изображений б) Предсказание связей (Link Prediction) в) Сегментация текста г) Распознавание речи	б	ОПК-6
4.	Как называется алгоритм поиска кратчайшего пути от одной вершины до всех остальных в взвешенном графе без рёбер отрицательного веса?	Алгоритм Дейкстры	ОПК-1
5.	Как называется популярный метод получения векторных представлений вершин графа, основанный на идеях из NLP (Word2Vec)?	Node2Vec	ОПК-4
6.	Назовите одну из самых известных и ранних архитектур графовых свёрточных сетей (GCN).	GCN (Kipf & Welling)	ОПК-6
7.	Какая модель случайного графа предполагает, что вероятность соединения двух вершин не зависит от вероятности соединения других пар вершин?	Модель Эрдёша-Реньи	ОПК-1
8.	Как называется задача выделения групп вершин в графе, которые более плотно связаны между собой, чем с остальными вершинами?	Обнаружение сообществ	ОПК-4
9.	Для представления какого типа данных, помимо социальных сетей, графы активно используются в задачах обработки естественного языка (NLP)?	Семантические сети / Графы знаний	ОПК-6

10.	Как называется мера центральности вершины, основанная на количестве кратчайших путей между всеми парами вершин, которые проходят через данную вершину?	Посредничество (Betweenness Centrality)	ПК-3
11.	Какой процесс в GNN заключается в объединении признаков вершин для получения представления всего графа?	Глобальный пулинг (Global Pooling) / READOUT	ПК-3
12.	Как называется тип графа, структура которого (вершины и рёбра) меняется с течением времени?	Динамический граф / Временной граф	ПК-3