

**УТВЕРЖДЕНА**

Решением Ученого совета  
АНО ВО «Центральный университет»  
«24» июня 2025 г.  
Протокол №2

**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:** 2025

**Москва  
2025**

## Содержание

<b>1. Краткая характеристика дисциплины (модуля) .....</b>	<b>3</b>
<b>2. Перечень планируемых результатов обучения .....</b>	<b>5</b>
<b>3. Тематический план .....</b>	<b>7</b>
<b>4. Содержание дисциплины (модуля) .....</b>	<b>7</b>
<b>5. Учебно-методическое обеспечение .....</b>	<b>8</b>
<b>6. Материально-техническое обеспечение .....</b>	<b>8</b>
<b>7. Методические и оценочные материалы .....</b>	<b>10</b>

## 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 часть Блока 1, формируемую участниками образовательных отношений.

Дисциплина (модуль) изучается на 4 курсе в 7 семестре, является выборной дисциплиной. Доступна к изучению после успешного освоения дисциплин (модулей): «Алгоритмы и структуры данных», «Deep Learning (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:**

— структуры и свойств графов, включая узлы, рёбра, направленные и ненаправленные графы;

— различные типы 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;

— архитектуру графовых нейронных сетей (GCN, GAT, GraphSAGE); знание областей применения графового машинного обучения, таких как социальные сети, биоинформатика, рекомендательные системы;

— задачи, решаемые с помощью графового машинного обучения, включая классификацию узлов, предсказание связей и кластеризацию;

***уметь:***

- разрабатывать и обучать модели графового машинного обучения;
- настраивать гиперпараметры моделей для достижения оптимальных результатов;
- извлекать и подготавливать графовые данные для анализа и обучения моделей;
- проводить анализ структуры графа и выявление ключевых особенностей;
- использовать библиотеки и фреймворки для графового машинного обучения, таких как PyTorch Geometric и DGL;
- реализовывать модели и проводить эксперименты с различными архитектурами GNN;

***владеть:***

- оценкой производительности моделей с использованием метрик точности, полноты, F1-меры;
- уверенным владением языка программирования Python и умением работать с библиотеками для обучения на графах;
- умением критически анализировать результаты и обосновывать выбор алгоритмов и методов, используемых в проекте;
- навыком 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)
УК-1.	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1.	Знает методы поиска и анализа информации в области искусственного интеллекта, основные принципы критической оценки источников информации и их релевантности.
		УК-1.2.	Умеет критически оценивать источники информации и синтезировать данные из различных источников для решения задач, применять системный подход к анализу и решению комплексных проблем
		УК-1.3.	Имеет практический опыт работы с современными инструментами и технологиями для обработки информации, формулировании и структурировании задач на основе полученной информации
УК-2.	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений	УК-2.1.	Знает действующие правовые нормы, регулирующие деятельность в области решения задач, основные методы и подходы к определению круга задач
		УК-2.2.	Умеет определять круг задач в рамках поставленной цели, выбирать оптимальные способы решения задач, учитывая имеющиеся ресурсы и ограничения
		УК-2.3.	Имеет практический опыт применения знаний о правовых нормах и ресурсах в реальных ситуациях, разработки и реализации решений в соответствии с установленными ограничениями
ОПК-1.	Способен находить, формулировать и решать актуальные и значимые проблемы прикладной и компьютерной математики	ОПК-1.1.	Знает основные методы и подходы к решению задач прикладной и компьютерной математики, включая алгоритмы, математическое моделирование и теорию оптимизации, а также современные инструменты и технологии, используемые в этой области
		ОПК-1.2.	Умеет анализировать и формулировать математические задачи, применять соответствующие методы и алгоритмы для их решения, а также интерпретировать и

			представлять результаты в понятной и доступной форме
		ОПК-1.3.	Имеет практический опыт работы над проектами или исследованиями в области прикладной и компьютерной математики, включая участие в конкурсах, олимпиадах или научных публикациях, где были решены актуальные и значимые задачи
ПК-1.	Способен определять общие формы и закономерности области машинного обучения	ПК-1.1.	Знает основные теоретические концепции и принципы, относящиеся к области машинного обучения, а также ключевые закономерности и модели, которые помогают в анализе и интерпретации данных
		ПК-1.2.	Умеет проводить систематический анализ области разработки, выявлять и формулировать общие закономерности и тенденции, а также применять методы исследования для получения новых знаний и понимания
		ПК-1.3.	Имеет практический опыт работы в области машинного обучения, включая участие в научных проектах, исследованиях или практических заданиях, где были выявлены и описаны общие формы и закономерности
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	Консультации					
1	Основы анализа графов, сложные сети и их характеристики	7	7	7		23	Домашние задания
2	Представления (эмбединги) графов, вершин, рёбер и задачи с графами	8	8	8		24	Домашние задания
3	Графовые нейронные сети	8	8	8		24	Домашние задания
4	Динамические графы и будущее графов	7	7	7		23	Домашние задания
	<i>Экзамен</i>				6		
	<b>Итого:</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>6</b>	<b>94</b>	
	<i>Объем дисциплины (модуля) (в ак. ч.)</i>	<b>190</b>					
	<i>Объем дисциплины (модуля) (в зач. ед.)</i>	<b>5</b>					

### 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	Введение в представление графов. Представления вершин. Представления рёбер, предсказание ссылок. Представления графов. Обнаружение сообществ, распространение информации в графах
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. Робинсон, Я. Графовые базы данных. Новые возможности для работы со связанными данными : практическое руководство / Я. Робинсон, Дж. Вебер, Э. Эйфрем ; пер. с англ. Р. Н. Рагимова. - 3-е изд. - Москва : ДМК Пресс, 2023. - 257 с. - ISBN 978-5-89818-566-4. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/2107921>.

2. Рафгарден, Т. Совершенный алгоритм. Графовые алгоритмы и структуры данных : практическое руководство / Т. Рафгарден. - Санкт-Петербург : Питер, 2019. - 256 с. - (Серия «Библиотека программиста»). - ISBN 978-5-4461-1272-2. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1760816>.

3. Лесковец, Ю. Анализ больших наборов данных : практическое руководство / Д. Дж. Ульман, Ю. Лесковец, А. Раджараман ; пер. с англ. А. А. Слинкина. - 2-е изд. - Москва : ДМК Пресс, 2023. - 500 с. - ISBN 978-5-89818-304-2. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.ru/catalog/product/2102592>.

4. Маркин, А. В. Системы графовых баз данных. Neo4j : учебник для вузов / А. В. Маркин. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 303 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-13996-9. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/567732>.

### *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>.

2. 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>.

## 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	<a href="https://elibrary.ru/defaultx.asp">https://elibrary.ru/defaultx.asp</a>
2.	База данных для IT-специалистов	<a href="https://habr.com">https://habr.com</a>
3.	База данных ScienceDirect	<a href="https://www.sciencedirect.com">https://www.sciencedirect.com</a>
4.	Официальный сайт Министерства науки и высшего образования Российской Федерации	<a href="https://minobrnauki.gov.ru/">https://minobrnauki.gov.ru/</a>
5.	Федеральный портал «Российское образование»	<a href="https://www.edu.ru/">https://www.edu.ru/</a>
6.	Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам"	<a href="http://window.edu.ru/">http://window.edu.ru/</a>
7.	Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов	<a href="http://school-collection.edu.ru/">http://school-collection.edu.ru/</a>
8.	Федеральный центр информационно - образовательных ресурсов	<a href="http://fcior.edu.ru/">http://fcior.edu.ru/</a>

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
<b>Операционные системы:</b>		
Microsoft Imagine (Windows Client, Server)	зарубежное	лицензионное
<b>Браузеры:</b>		
Яндекс.Браузер	отечественное	свободно распространяемое
Google Chrome	зарубежное	свободно распространяемое
<b>Офисные приложения:</b>		
Microsoft Imagine (Visio, OneNote)	зарубежное	лицензионное
TeXstudio	зарубежное	свободно распространяемое
Adobe Acrobat Reader	зарубежное	свободно распространяемое
<b>Программное обеспечение для планирования и учета времени:</b>		
Toggle app	зарубежное	свободно распространяемое
<b>Системы управления проектами:</b>		
Microsoft Imagine (Project)	зарубежное	лицензионное

<b>Системы управления базами данных:</b>		
Microsoft Imagine (SQL Server)	зарубежное	лицензионное
<b>Системы резервного копирования (backup):</b>		
Acronis Backup Advanced for HyperV	зарубежное	лицензионное
<b>Справочно-правовые системы:</b>		
КонсультантПлюс: справочно-правовая система	отечественное	лицензионное
<b>Средства антивирусной защиты:</b>		
Kaspersky Endpoint Security для бизнеса Стандартный Russian Edition	отечественное	лицензионное
<b>Среды разработки:</b>		
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
<b>Пакеты программных средств и библиотек:</b>		
AutoPsy	зарубежное	свободно распространяемое
Interactive Disassembler (IDA)	зарубежное	свободно распространяемое
<b>Системы управления библиографической информацией:</b>		
Zotero	зарубежное	свободно распространяемое
<b>Сервисы и службы:</b>		
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, консультации, домашние задания, 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.

*Консультации* – структурированные встречи, на которых преподаватели предоставляют индивидуальную или групповую помощь в освоении учебного материала, обсуждении вопросов и решении проблем, возникающих в процессе обучения.

Консультации могут включать разъяснение сложных тем, подготовку к экзаменам и помощь в выполнении проектных работ, что способствует более глубокому пониманию предмета и улучшению академической успеваемости.

*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 **экзамена**, 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	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
9	Отлично	
8	Отлично	

Десятибалльная оценка	Пятибалльная оценка	Общая характеристика результата обучения по дисциплине (модулю)
		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.
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 деятельности, и умеет связывать теоретические аспекты предмета с практическими задачами.
6	Хорошо	
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	Описание
Домашние задания	80%	Набор задач по темам недели
Экзамен	20%	Устные или письменные ответы на вопросы по дисциплине (модулю)

**Формула расчёта итоговой оценки по дисциплине (модулю) «Анализ графов»:**  
« $0,8 \times$  среднее за домашние задания +  $0,2 \times$  за экзамен».

В рамках изучения дисциплины (модуля) возможно получение бонусных баллов.

## 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.

#### Задания для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

№ п/п	Задание	Ответ	Компетенция
1	Укажите основное понятие, определяющее структуру данных с вершинами и рёбрами.	граф	УК-1
2	Назовите инструмент для анализа социальных сетей на основе графов.	NetworkX	УК-1
3	Укажите метод критической оценки источников информации о сложных сетях.	анализ релевантности	УК-1
4	Назовите подход к синтезу данных из различных графовых моделей.	интеграция моделей	УК-1

5	Укажите правовую норму, регулирующую обработку данных в графовых анализах.	GDPR	УК-2
6	Назовите способ определения задач в рамках анализа графов с учётом ресурсов.	оптимизация вычислений	УК-2
7	Укажите опыт применения знаний о ресурсах в проектах по графам.	практические проекты	УК-2
8	Назовите метод выбора алгоритма для решения задач на графах.	сравнение эффективности	УК-2
9	Укажите основной алгоритм для поиска кратчайшего пути в графе.	Дейкстра	ОПК-1
10	Назовите меру центральности вершины в графе.	степень	ОПК-1
11	Укажите опыт работы над математическими моделями графов.	научные исследования	ОПК-1
12	Назовите подход к интерпретации результатов графовых алгоритмов.	визуализация	ОПК-1
13	Укажите ключевую закономерность в представлении графов.	эмбединги	ПК-1
14	Назовите теоретическую концепцию графовых нейронных сетей.	графовая свёртка	ПК-1
15	Укажите опыт выявления закономерностей в графовых данных.	анализ сообществ	ПК-1
16	Назовите метод систематического анализа области графового машинного обучения.	кластеризация	ПК-1
17	Укажите принцип информационной безопасности при работе с графовыми данными.	анонимизация	ПК-2
18	Назовите технологию для обработки динамических графов.	PyTorch Geometric	ПК-2
19	Укажите опыт соблюдения норм безопасности в проектах по графам.	аудит данных	ПК-2
20	Назовите способ эффективного использования ИКТ для анализа графов.	облачные платформы	ПК-2