

**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:** Программа двух дипломов НИУ  
ВШЭ и ЦУ «Прикладная математика и информатика»

**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 «Программа двух дипломов НИУ ВШЭ и ЦУ «Прикладная математика и информатика», 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 «Программа двух дипломов НИУ ВШЭ и ЦУ «Прикладная математика и информатика» 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 языком 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. Эфрем ; 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  |