

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Ястребов Олег Александрович

Должность: Ректор

Дата подписания: 25.05.2026 12:25:52

Уникальный программный ключ:

ca953a01204891083f939673078ef1a989dae18a

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

«Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы»

Факультет искусственного интеллекта

(наименование основного учебного подразделения (ОУП)-разработчика ОП ВО)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ОНТОЛОГИЯ И ГРАФЫ ЗНАНИЙ

(наименование дисциплины/модуля)

Рекомендована МССН для направлений подготовки:

**02.03.02 ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ ИНФОРМАТИКА И ИНФОРМАЦИОННЫЕ
ТЕХНОЛОГИИ;**

09.03.03 ПРИКЛАДНАЯ ИНФОРМАТИКА

(код и наименование направления подготовки/специальности)

Освоение дисциплины ведется в рамках реализации основной профессиональной образовательной программы высшего образования (ОП ВО):

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ: РАЗРАБОТКА И ОБУЧЕНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ

(наименование (профиль/специализация) ОП ВО)

2026 г.

1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина «Онтология и графы знаний» входит в программу бакалавриата «Искусственный интеллект: разработка и обучение интеллектуальных систем» по направлениям подготовки 02.03.02 Фундаментальная информатика и информационные технологии и 09.03.03 Прикладная информатика, и изучается в 5 семестре 3 курса. Дисциплину реализует Кафедра прикладного искусственного интеллекта. Дисциплина состоит из 4 разделов и 34 тем и направлена на изучение теоретических основ и практических методов формального представления знаний: философских и информатических оснований онтологии, моделей представления знаний (фреймы, семантические сети, дескрипционные логики), стандартов Semantic Web (RDF, RDFS, OWL, SPARQL), методологий построения онтологий, архитектуры и технологий графов знаний (Knowledge Graphs), методов автоматического извлечения знаний из текста и данных, эмбедингов графов знаний, а также применения онтологий и графов знаний в системах искусственного интеллекта для обогащения данных, интеграции гетерогенных источников, обеспечения объяснимости моделей и построения интеллектуальных информационных систем.

Целью освоения дисциплины является формирование у студентов системных знаний о формальных моделях представления знаний и практических навыков проектирования онтологий и графов знаний, включая способность проводить обследование предметной области и формализовать её в виде онтологии, разрабатывать и запрашивать графы знаний с использованием стандартов RDF/OWL/SPARQL, применять методы извлечения знаний и графовых эмбедингов, а также проектировать системы хранения знаний для ИИ-систем с учётом требований к интероперабельности, масштабируемости и интеграции с моделями машинного обучения.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Освоение дисциплины «Онтология и графы знаний» направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций (части компетенций):

Таблица 2.1. Перечень компетенций, формируемых у обучающихся при освоении дисциплины (результаты освоения дисциплины)

Шифр	Компетенция	Индикаторы достижения компетенции (в рамках данной дисциплины)
УК-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.2 Умеет анализировать и систематизировать разнородные данные, оценивать эффективность процедур анализа проблем и принятия решений в профессиональной деятельности;
ОПК-6	Способен анализировать и разрабатывать организационно-технические процессы с применением методов системного анализа, математического моделирования и технологий искусственного интеллекта	ОПК-6.1 Знает методы системного анализа, основы математического и имитационного моделирования, принципы декомпозиции сложных систем; ОПК-6.3 Владеет навыками построения онтологий и моделей предметных областей, оценки целесообразности и ограничений применения ИИ для решения конкретных организационно-технических задач;
ОПК-7	Способен решать задачи профессиональной деятельности на основе информационной культуры, применяя методы сбора, обработки, анализа и интерпретации данных с	ОПК-7.1 Знает принципы организации данных, методы сбора, хранения и преобразования данных, основы информационной и библиографической культуры, требования к качеству данных для обучения моделей ИИ;

Шифр	Компетенция	Индикаторы достижения компетенции (в рамках данной дисциплины)
	использованием информационно-коммуникационных технологий	
ПК-1	Способен анализировать требования к программному обеспечению систем ИИ, разрабатывать технические спецификации и техническое задание на систему	ПК-1.3 Разрабатывает ТЗ на систему с элементами ИИ, проводит обследование текущей ситуации и выявление требований;
ПК-2	Способен проектировать архитектуру информационных систем с компонентами ИИ, разрабатывать прототипы и базы данных таких систем	ПК-2.3 Проектирует и разрабатывает БД ИС с элементами ИИ, обеспечивает управление доступом к данным;
FC-2	Способен проводить передовые исследования в области фундаментальных и генеративных моделей	FC-2.1 Исследует и разрабатывает большие языковые модели (LLM) и другие модели для символьных данных;
SS-1	Способен учитывать философские, когнитивные и социальные основания концепций ИИ в профессиональной деятельности	SS-1.1 Учитывает в разработке и эксплуатации систем ИИ философские основания концепций интеллекта, языка, знания, агентности;

3. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО

Дисциплина «Онтология и графы знаний» относится к обязательной части блока 1 «Дисциплины (модули)» образовательной программы высшего образования.

В рамках образовательной программы высшего образования обучающиеся также осваивают другие дисциплины и/или практики, способствующие достижению запланированных результатов освоения дисциплины «Онтология и графы знаний».

Таблица 3.1. Перечень компонентов ОП ВО, способствующих достижению запланированных результатов освоения дисциплины

Шифр	Наименование компетенции	Предшествующие дисциплины/модули, практики*	Последующие дисциплины/модули, практики*
УК-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	Линейная алгебра; Дискретная математика; Математический анализ; Теория вероятностей и математическая статистика; Статистические методы и первичный анализ данных; Алгоритмы и структуры данных; Введение в базы данных;	Преддипломная практика;
ОПК-6	Способен анализировать и разрабатывать организационно-технические процессы с применением методов системного анализа, математического моделирования и технологий	Введение в искусственный интеллект; Искусственный интеллект и когнитивная психология; Этика и безопасность использования искусственного интеллекта;	Методы машинного обучения; Практическая подготовка на проектах отраслевых промышленных партнеров; Оптимизация моделей машинного обучения;

Шифр	Наименование компетенции	Предшествующие дисциплины/модули, практики*	Последующие дисциплины/модули, практики*
	искусственного интеллекта		
ОПК-7	Способен решать задачи профессиональной деятельности на основе информационной культуры, применяя методы сбора, обработки, анализа и интерпретации данных с использованием информационно-коммуникационных технологий	Технологическая (проектно-технологическая) практика (учебная); Теория вероятностей и математическая статистика; Статистические методы и первичный анализ данных; Введение в базы данных;	Технологическая (проектно-технологическая) практика (производственная); Методы машинного обучения;
ПК-1	Способен анализировать требования к программному обеспечению систем ИИ, разрабатывать технические спецификации и техническое задание на систему	Эксплуатационная практика (учебная); Технологическая (проектно-технологическая) практика (учебная); Правоведение; Введение в искусственный интеллект; Искусственный интеллект и когнитивная психология; Этика и безопасность использования искусственного интеллекта; История и теория программирования; Программирование на языке C++; Методы разработки решений на основе искусственного интеллекта (Git, Docker); Введение в базы данных;	Эксплуатационная практика (производственная); Преддипломная практика; Технологическая (проектно-технологическая) практика (производственная); Методы машинного обучения; Массово-параллельные вычисления в машинном обучении (GPU); Оптимизация моделей машинного обучения; Основы глубокого обучения; Безопасность систем искусственного интеллекта; Практическая подготовка на проектах отраслевых промышленных партнеров; <i>Большие языковые модели</i> **; MLOps и промышленная разработка систем искусственного интеллекта; Нейронные сети; Проектирование и разработка систем компьютерного зрения; Практикум по обработке естественного языка (NLP);
ПК-2	Способен проектировать архитектуру информационных систем с компонентами ИИ, разрабатывать прототипы и базы данных таких систем	Программирование на языке C++; Методы разработки решений на основе искусственного интеллекта (Git, Docker); Алгоритмы и структуры данных; Программирование на языке Python; Введение в базы данных; Технологическая (проектно-технологическая) практика (учебная); Эксплуатационная практика (учебная);	Массово-параллельные вычисления в машинном обучении (GPU); MLOps и промышленная разработка систем искусственного интеллекта; Практическая подготовка на проектах отраслевых промышленных партнеров; Проектирование и разработка систем компьютерного зрения; Практикум по обработке естественного языка (NLP); Основы глубокого обучения; <i>Вайб-кодиг</i> **; Эксплуатационная практика

Шифр	Наименование компетенции	Предшествующие дисциплины/модули, практики*	Последующие дисциплины/модули, практики*
			(производственная); Преддипломная практика; Технологическая (проектно-технологическая) практика (производственная);
SS-1	Способен учитывать философские, когнитивные и социальные основания концепций ИИ в профессиональной деятельности	История и теория программирования; Введение в искусственный интеллект; Искусственный интеллект и когнитивная психология; Лингвистические основы анализа естественного языка; Этика и безопасность использования искусственного интеллекта;	Методы машинного обучения; MLOps и промышленная разработка систем искусственного интеллекта; Основы глубокого обучения; Нейронные сети; <i>Основы робототехники**</i> ; <i>Большие языковые модели**</i> ; <i>Генеративные модели**</i> ; Безопасность систем искусственного интеллекта; Практическая подготовка на проектах отраслевых промышленных партнеров; Проектирование и разработка систем компьютерного зрения; Практикум по обработке естественного языка (NLP); <i>Рекомендательные системы**</i> ;
FC-2	Способен проводить передовые исследования в области фундаментальных и генеративных моделей	Лингвистические основы анализа естественного языка; Введение в компьютерное зрение;	Преддипломная практика; Технологическая (проектно-технологическая) практика (производственная); Практикум по обработке естественного языка (NLP); <i>Большие языковые модели**</i> ; Основы глубокого обучения; Нейронные сети; Проектирование и разработка систем компьютерного зрения; <i>Генеративные модели**</i> ; Практическая подготовка на проектах отраслевых промышленных партнеров;

* - заполняется в соответствии с матрицей компетенций и СУП ОП ВО

** - элективные дисциплины /практики

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Онтология и графы знаний» составляет «4» зачетные единицы.

Таблица 4.1. Виды учебной работы по периодам освоения образовательной программы высшего образования для очной формы обучения.

Вид учебной работы	ВСЕГО, ак.ч.		Семестр(-ы)
			5
<i>Контактная работа, ак.ч.</i>	68		68
Лекции (ЛК)	17		17
Лабораторные работы (ЛР)	0		0
Практически/семинарские занятия (СЗ)	51		51
<i>Самостоятельная работа обучающихся, ак.ч.</i>	49		49
<i>Контроль (экзамен/зачет с оценкой), ак.ч.</i>	27		27
Общая трудоемкость дисциплины	ак.ч.	144	144
	зач.ед.	4	4

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Таблица 5.1. Содержание дисциплины (модуля) по видам учебной работы

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы *	Формируемые индикаторы
Раздел 1	Основы представления знаний и онтологии	1.1	Введение: знания, информация, данные. Модели представления знаний	Различие данных, информации и знаний. Типы знаний: декларативные, процедурные, метазнания. Исторические модели представления знаний: продукционные правила, фреймы (Минский), семантические сети (Куиллиан). Онтология в философии (Аристотель, категории) и информатике (Грубер: «формальная спецификация концептуализации»). Роль знаний в ИИ: символический ИИ, экспертные системы, современный нейро-символический подход	ЛК	ОПК-6.1, SS-1.1
		1.2	Онтологии: структура, классификации, методологии построения	Компоненты онтологии: классы, свойства (отношения), экземпляры, аксиомы, ограничения. Классификация онтологий: верхнеуровневые (SUMO, DOLCE), предметные, прикладные, задачные. Методологии построения: Methontology, OntoClean, IDEF5, NeOn. Этапы: определение цели → выделение классов → определение свойств → аксиоматизация → валидация. Связь с обследованием предметной области в системной аналитике	ЛК	ОПК-6.1, ОПК-6.3, ПК-1.3
		1.3	Практикум: анализ предметной области и построение концептуальной модели	Выбор предметной области (медицина, образование, электронная коммерция). Выявление ключевых понятий, сущностей, отношений. Построение концептуальной карты (mind map). Формулирование компетентностных вопросов: «на какие вопросы должна отвечать онтология?». Документирование: глоссарий терминов, описание предметной области	СЗ	ПК-1.3, ОПК-6.1
		1.4	Практикум: семантические сети и фреймы	Построение семантической сети вручную: узлы (понятия), рёбра (отношения is-a, part-of, has-property). Визуализация в draw.io / Graphviz. Фреймы: слоты, значения по умолчанию, наследование. Сравнение: семантические сети vs. фреймы vs. ER-диаграммы. Практика: моделирование выбранной предметной области в виде семантической сети и фреймовой модели	СЗ	ОПК-6.1, ОПК-6.3
		1.5	Практикум: RDF — модель данных для	RDF (Resource Description Framework): триплеты (субъект,	СЗ	ОПК-6.3,

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы *	Формируемые индикаторы
			графов знаний	предикат, объект). URI и IRI. Литералы и типы данных. Пустые узлы (blank nodes). Пространства имён (namespaces). Форматы сериализации: Turtle, N-Triples, JSON-LD, RDF/XML. Практика: описание предметной области в Turtle, загрузка и визуализация графа (rdflib, Python)		ОПК-7.1
		1.6	Практикум: RDFS — схема для RDF	RDFS (RDF Schema): rdfs:Class, rdfs:subClassOf, rdfs:Property, rdfs:domain, rdfs:range, rdfs:subPropertyOf, rdfs:label, rdfs:comment. Построение иерархии классов. Определение свойств и их ограничений. Простейший вывод (inference): наследование классов и свойств. Практика: расширение RDF-графа предметной области схемой RDFS	СЗ	ОПК-6.3, ОПК-6.1
		1.7	Практикум: SPARQL — язык запросов к графам знаний	SPARQL: SELECT, WHERE, FILTER, OPTIONAL, UNION, ORDER BY, LIMIT, GROUP BY, HAVING. Паттерны триплетов. Переменные. Функции: STR, LANG, CONTAINS, REGEX, BOUND. CONSTRUCT и ASK. Практика: написание запросов к созданному RDF-графу (rdflib + SPARQL). Загрузка и запросы к DBpedia / Wikidata через SPARQL endpoint	СЗ	ОПК-6.3, ОПК-7.1
		1.8	Практикум: работа с Wikidata и DBpedia	Wikidata: структура (items, properties, qualifiers, references). SPARQL endpoint Wikidata: типовые запросы (все города страны, лауреаты Нобелевской премии по годам, фильмы режиссёра). DBpedia: ресурсы, типы, свойства. Федеративные запросы (SERVICE). Практика: извлечение структурированных данных из Wikidata для ML-задачи	СЗ	ОПК-6.3, ОПК-7.1, FC-2.1
		1.9	Практикум: мини-проект — онтология предметной области	Сквозная задача: формализация предметной области, выбранной в теме 1.3. Описание в RDF/RDFS (Turtle). Наполнение экземплярами. Компетентностные вопросы → SPARQL-запросы. Визуализация графа. Документирование: описание онтологии, глоссарий, список компетентностных вопросов с ответами	СЗ	ПК-1.3, ОПК-6.3, ОПК-6.1
Раздел 2	OWL, логический вывод и инструменты онтологического инжиниринга	2.1	OWL: язык онтологий	OWL (Web Ontology Language): мотивация (ограничения RDFS). Профили OWL: OWL Lite, OWL DL, OWL Full, OWL 2 (EL, QL, RL). Конструкторы классов: owl:intersectionOf, owl:unionOf, owl:complementOf,	ЛК	ОПК-6.1, ОПК-6.3

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы	Содержание темы	Вид учебной работы *	Формируемые индикаторы
			owl:oneOf. Ограничения свойств: owl:allValuesFrom, owl:someValuesFrom, owl:hasValue, кардинальности. Свойства: owl:ObjectProperty, owl:DatatypeProperty, owl:TransitiveProperty, owl:SymmetricProperty, owl:InverseFunctionalProperty. Равенство и различие: owl:sameAs, owl:differentFrom		
		2.2 Дескрипционные логики и логический вывод	Дескрипционные логики (DL) как формальная основа OWL: ALC, SHIQ, SROIQ. Компоненты: TBox (терминологические аксиомы), ABox (утверждения о мире). Задачи рассуждения: проверка выполнимости, классификация, реализация. Открытое и закрытое предположение о мире (OWA vs. CWA). Ризонеры: Pellet, HermiT, FaCT++. Связь DL с задачами ИИ: автоматическая классификация, обнаружение противоречий, вывод неявных знаний	ЛК	ОПК-6.1, SS-1.1, УК-1.2
		2.3 Практикум: Protégé — создание OWL-онтологии	Установка и интерфейс Protégé. Создание классов, иерархий, свойств. Определение ограничений (Restrictions). Добавление экземпляров (Individuals). Аннотации (labels, comments). Практика: перенос RDFS-онтологии из раздела 1 в OWL в Protégé, расширение конструкторами OWL	СЗ	ОПК-6.3, ОПК-6.1
		2.4 Практикум: OWL — сложные конструкторы и аксиомы	Определённые классы (defined classes) через необходимые и достаточные условия. Эквивалентные классы (owl:equivalentClass). Непересекающиеся классы (owl:disjointWith). Цепочки свойств (property chains). Практика: моделирование сложных отношений (пример: «дядя — брат родителя») через конструкторы OWL	СЗ	ОПК-6.3, ОПК-6.1
		2.5 Практикум: логический вывод с ризонером	Подключение ризонера в Protégé (Pellet, HermiT). Классификация: автоматическое определение подклассов. Реализация: автоматическое определение принадлежности экземпляра к классу. Обнаружение противоречий (inconsistency). Практика: запуск ризонера, анализ выведенных фактов, исправление противоречий	СЗ	ОПК-6.1, УК-1.2
		2.6 Практикум: SHACL и валидация данных	SHACL (Shapes Constraint Language): описание ограничений на данные (формы, свойства, кардинальности, типы значений). Отличие от OWL: валидация vs. вывод.	СЗ	ОПК-6.3, ОПК-7.1

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы *	Формируемые индикаторы
				Написание SHACL-форм. Валидация RDF-графа. Практика: создание SHACL-ограничений для онтологии, проверка данных на соответствие		
		2.7	Практикум: онтологии в Python (Owlready2, rdflib)	Библиотека Owlready2: загрузка OWL-онтологий, программное создание классов и экземпляров, запуск ризонера из Python. rdflib: работа с RDF/OWL, SPARQL-запросы. Практика: программное создание онтологии, наполнение данными, запуск логического вывода, извлечение результатов	СЗ	ОПК-6.3, ОПК-7.1
		2.8	Практикум: существующие онтологии и их переиспользование	Принцип переиспользования онтологий. Обзор популярных онтологий: Schema.org (разметка веб-страниц), FOAF (люди и связи), Dublin Core (метаданные), SKOS (тезаурусы), PROV-O (провенанс), SSN/SOSA (сенсоры). Ontology repositories: LOV (Linked Open Vocabularies). Практика: импорт и расширение существующей онтологии для своего проекта	СЗ	ОПК-6.1, FC-2.1
		2.9	Практикум: рефакторинг онтологии предметной области	Возврат к мини-проекту из раздела 1: перенос в OWL, добавление сложных конструкторов, ограничений, определённых классов. Запуск ризонера. Валидация SHACL. Переиспользование внешних онтологий. Обновление документации. Подготовка к интеграции с графом знаний в разделах 3–4	СЗ	ОПК-6.3, ПК-1.3
Раздел 3	Графы знаний: построение, извлечение, обогащение	3.1	Графы знаний: архитектура и жизненный цикл	Определение графа знаний (Knowledge Graph). Примеры: Google Knowledge Graph, Wikidata, DBpedia, YAGO, ConceptNet. Архитектура: уровень данных (RDF/Property Graph), уровень схемы (онтология), уровень вывода (ризонер, правила). Жизненный цикл: извлечение → интеграция → очистка → обогащение → хранение → запросы → визуализация. Property Graph vs. RDF Graph: сравнение	ЛК	ОПК-6.1, ПК-2.3
		3.2	Извлечение знаний из текста и данных	Information Extraction (IE): NER, Relation Extraction, Event Extraction. Подходы: правилковые (шаблоны), ML (CRF, BiLSTM), LLM (промт для извлечения триплетов). Open Information Extraction (OpenIE). Извлечение из структурированных данных: маппинг реляционных БД →	ЛК	FC-2.1, ОПК-6.1, SS-1.1

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы	Содержание темы	Вид учебной работы *	Формируемые индикаторы
			RDF (R2RML, D2RQ). Связь с NLP и графами знаний. Проблемы: шум, неоднозначность, масштаб		
		3.3 Практикум: граф знаний в Neo4j — Property Graph модель	Установка Neo4j (Docker). Модель данных: узлы (labels, properties), рёбра (types, properties). Язык Cypher: CREATE, MATCH, WHERE, RETURN, MERGE, DELETE, SET. Индексы и ограничения. Практика: построение графа знаний предметной области в Neo4j, заполнение данными, запросы	СЗ	ПК-2.3, ОПК-6.3
		3.4 Практикум: аналитические запросы к графу знаний	Cypher: агрегация (COUNT, AVG, COLLECT), пути (shortestPath, allShortestPaths), паттерны переменной длины (-[:KNOWS*1..3]->). Алгоритмы графов в Neo4j (GDS): PageRank, betweenness centrality, community detection (Louvain), node similarity. Практика: анализ социального графа / графа цитирований / графа знаний предметной области	СЗ	ОПК-7.1, ОПК-6.3
		3.5 Практикум: извлечение триплетов из текста	Извлечение именованных сущностей (spaCy NER). Извлечение отношений: правилый подход (dependency patterns), ML-подход (обзор). Извлечение триплетов с помощью LLM (промпт: «извлеки сущности и отношения из текста»). Практика: извлечение триплетов из набора новостных статей, загрузка в Neo4j	СЗ	FC-2.1, ОПК-6.3
		3.6 Практикум: связывание сущностей и интеграция данных	Entity Linking: привязка извлечённых сущностей к записям в базе знаний (Wikidata). Инструменты: spaCy Entity Linker, DBpedia Spotlight. Entity Resolution: объединение записей, описывающих одну и ту же сущность. Практика: связывание извлечённых сущностей с Wikidata, обогащение локального графа внешними данными	СЗ	FC-2.1, ОПК-6.3, ОПК-7.1
		3.7 Практикум: маппинг реляционных данных в RDF/KG	Преобразование реляционных БД в граф знаний: R2RML (обзор), D2RQ (обзор). Ручной маппинг: PostgreSQL → Cypher/RDF. Практика: перенос данных из PostgreSQL (ML-эксперименты, метаданные моделей) в граф знаний Neo4j. Обсуждение: когда реляционная БД достаточна, а когда нужен граф знаний	СЗ	ПК-2.3, ОПК-6.3, ВД-3.1
		3.8 Практикум: мини-проект — построение графа знаний	Сквозная задача: выбор предметной области → извлечение знаний из текстов (NER + Relation Extraction) → связывание	СЗ	FC-2.1, ПК-2.3,

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы *	Формируемые индикаторы
				с Wikidata → загрузка в Neo4j → обогащение из структурированных источников → SPARQL/Cypher-запросы → визуализация. Документирование: схема графа, источники данных, методы извлечения, качество		ОПК-6.3
Раздел 4	Графовые эмбединги, нейро-символический ИИ и применения	4.1	Эмбединги графов знаний	Мотивация: представление сущностей и отношений KG в векторном пространстве. Модели: TransE (трансляционная), DistMult, ComplEx, RotatE. Обучение: positive/negative sampling, функции потерь. Задача link prediction: предсказание недостающих связей. Метрики: MRR, Hits@K. Node embeddings: Node2Vec, GraphSAGE (обзор). Связь с рекомендательными системами и обогащением данных для ML	ЛК	FC-2.1, ОПК-6.1
		4.2	Нейро-символический ИИ и графы знаний для ML	Нейро-символический подход: объединение нейросетей и символических знаний. Способы интеграции KG с ML: KG-эмбединги как признаки, Knowledge-aware рекомендации, KG для объяснимости (обоснование предсказаний через цепочки в графе), KG для генерации данных (data augmentation), KG-grounded QA (вопрос-ответ с опорой на граф). Retrieval-Augmented Generation (RAG) с KG. Обзор тенденций: foundation models + structured knowledge	ЛК	FC-2.1, SS-1.1, ОПК-6.1
		4.3	Практикум: эмбединги графов знаний (PyKEEN)	Библиотека PyKEEN: загрузка датасета (FB15k-237, WN18RR, пользовательский). Обучение моделей: TransE, DistMult, ComplEx. Оценка: MRR, Hits@1, Hits@10. Link prediction: предсказание хвоста триплета. Визуализация эмбедингов (t-SNE). Практика: обучение модели на созданном графе знаний, анализ предсказаний	СЗ	FC-2.1, ОПК-6.3
		4.4	Практикум: Node2Vec и графовые эмбединги	Node2Vec: случайные блуждания + Word2Vec. Параметры p, q: BFS vs. DFS. Реализация: node2vec (Python), Neo4j GDS. Практика: вычисление эмбедингов узлов графа знаний, использование для классификации узлов (node classification) и кластеризации. Визуализация сообществ	СЗ	FC-2.1, ОПК-7.1
		4.5	Практикум: KG-эмбединги как признаки для ML	Использование эмбедингов сущностей графа знаний в качестве дополнительных признаков для модели ML. Практика: обогащение табличного датасета эмбедингами из KG → обучение классификатора → сравнение метрик	СЗ	FC-2.1, ОПК-7.1

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы	Содержание темы	Вид учебной работы *	Формируемые индикаторы
			с/без KG-признаков. Обсуждение: когда KG-обогащение улучшает качество		
		4.6 Практикум: Question Answering на основе графа знаний	KGQA (Knowledge Graph Question Answering): преобразование вопроса на естественном языке в SPARQL/Cypher. Подходы: шаблонный (паттерны вопросов → запросы), семантический парсинг (обзор), LLM-based (промпт: «переведи вопрос в Cypher»). Практика: реализация простейшей QA-системы поверх Neo4j с помощью LLM для генерации Cypher-запросов	СЗ	FC-2.1, ОПК-6.3
		4.7 Практикум: RAG с графом знаний	Retrieval-Augmented Generation: идея обогащения контекста LLM структурированными знаниями. Архитектура: вопрос → извлечение релевантных фактов из KG → формирование промпта → генерация ответа LLM. Практика: реализация прототипа KG-RAG: Neo4j + LangChain/LlamaIndex + LLM API. Сравнение качества ответов с/без KG	СЗ	FC-2.1, ОПК-6.1
		4.8 Практикум: итоговый проект — интеллектуальная система на основе графа знаний	Финальная интеграция: онтология предметной области (OWL) → граф знаний (Neo4j, наполненный из текстов и БД) → эмбединги (PyKEEN / Node2Vec) → прикладная задача (QA, рекомендации, или обогащение ML-модели). Документирование: описание предметной области, онтология, архитектура системы, методы извлечения и обогащения, оценка качества. ТЗ на систему. Презентация	СЗ	ПК-1.3, ПК-2.3, FC-2.1, ОПК-6.3

* - заполняется только по **ОЧНОЙ** форме обучения: ЛК – лекции; ЛР – лабораторные работы; СЗ – практические/семинарские занятия.

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Таблица 6.1. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Тип аудитории	Оснащение аудитории	Специализированное учебное/лабораторное оборудование, ПО и материалы для освоения дисциплины (при необходимости)
Лекционная	Аудитория для проведения занятий лекционного типа, оснащенная комплектом специализированной мебели; доской (экраном) и техническими средствами мультимедиа презентаций.	
Семинарская	Аудитория для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, оснащенная комплектом специализированной мебели и техническими средствами мультимедиа презентаций.	Персональные компьютеры, необходимое ПО
Для самостоятельной работы	Аудитория для самостоятельной работы обучающихся (может использоваться для проведения семинарских занятий и консультаций), оснащенная комплектом специализированной мебели и компьютерами с доступом в ЭИОС.	Персональные компьютеры, необходимое ПО

* - аудитория для самостоятельной работы обучающихся указывается **ОБЯЗАТЕЛЬНО!**

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература:

1. Онтология и теория познания в 2 т. Том 1. Основы онтологии : учебник для вузов / под редакцией Ф. Ф. Вяккерера, В. Г. Иванова, Б. И. Липского, Б. В. Маркова. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 322 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-03817-0. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/491892>

2. Цуканова, Н. И. Онтологическая модель представления и организации знаний: учебное пособие / Н. И. Цуканова. — Москва: Горячая линия-Телеком, 2016. — 272 с. — ISBN 978-5-9912-0454-5. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/111114>

3. Современные технологии и средства построения графа знаний: учебно-методическое пособие / А. А. Артамонов, Р. Р. Тукумбетова, К. В. Ионкина, М. С. Улизко. — Москва: НИЯУ МИФИ, 2023. — 44 с. — ISBN 978-5-7262-2925-6. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/355502>

Дополнительная литература:

1. Серый А.С. Доверие к данным при пополнении онтологий и графов знаний // Онтология проектирования. 2023. Выпуск номер 1 (47) том 13, С.113-124

2. Волкова И.А., Шамаева Е.Д. Экскурс в графы знаний // International Journal of Open Information Technologies. 2023. Выпуск номер 3 том 11, С.75-83
Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:

1. ЭБС РУДН и сторонние ЭБС, к которым студенты университета имеют доступ на основании заключенных договоров

- Электронно-библиотечная система РУДН – ЭБС РУДН
<https://mega.rudn.ru/MegaPro/Web>

- ЭБС «Университетская библиотека онлайн» <http://www.biblioclub.ru>

- ЭБС «Юрайт» <http://www.biblio-online.ru>

- ЭБС «Консультант студента» www.studentlibrary.ru

- ЭБС «Знаниум» <https://znanium.ru/>

2. Базы данных и поисковые системы

- Sage <https://journals.sagepub.com/>

- Springer Nature Link <https://link.springer.com/>

- Wiley Journal Database <https://onlinelibrary.wiley.com/>

- Научометрическая база данных Lens.org <https://www.lens.org>

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся при освоении дисциплины/модуля:*

1. Курс лекций по дисциплине «Онтология и графы знаний».

* - все учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся размещаются в соответствии с действующим порядком на странице дисциплины **в ТУИС!**