

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе и
образовательным инновациям

О.Н. Здрок

«30» 2020 г.

Регистрационный № УД- 8930 /уч.

Прикладной искусственный интеллект

Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности:

1-31 80 03 Математика и компьютерные науки

профилизация Компьютерная математика и системный анализ

2020 г.

Учебная программа составлена на основе образовательного стандарта ОСВО 1-31 80 03-2019 и учебных планов: G313-090/уч., №G31-049/уч. от 11.04.2019.

СОСТАВИТЕЛИ:

К. Г. Атрохов, ст. преподаватель кафедры дифференциальных уравнений и системного анализа Белорусского государственного университета.

РЕЦЕНЗЕНТ:

А.П. Тишуров, ведущий инженер по машинному обучению СООО «Гейм Стрим».

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой дифференциальных уравнений и системного анализа БГУ (протокол № 9 от 14.05.2020);

Научно-методическим советом БГУ (протокол № 5 от 17.06.2020).

Зав. кафедрой дифференциальных уравнений
и системного анализа, профессор

 В. И. Громак

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Целью дисциплины «Прикладной искусственный интеллект» является освоение магистрантами знаний и практических навыков для решения задач, относимых к области искусственного интеллекта (ИИ).

Преподавание дисциплины **решает следующие задачи:**

- формирование теоретических знаний в области ИИ;
- развитие навыков решения прикладных задач в области ИИ;
- формирование способностей для самостоятельной разработки алгоритмов решения задач и их анализа;
- использование математических и компьютерных методов исследований при анализе современных естественнонаучных, экономических и социальных процессов.

Место учебной дисциплины в системе подготовки специалиста с высшим образованием (магистра).

Учебная дисциплина является дисциплиной компонента учреждения высшего образования и входит в состав **модуля** «Анализ данных». Её преподавание тесно связано с дисциплинами «Высоконагруженные системы и анализ данных», «Машинное обучение» и «Эволюционные алгоритмы».

Для успешного усвоения дисциплины необходимы знания по дисциплинам «Аналитическая геометрия и линейная алгебра», «Теория вероятностей и математическая статистика», «Численные методы», а также базовые знания по программированию на языке Python.

Требования к компетенциям

Освоение учебной дисциплины «Прикладной искусственный интеллект» должно обеспечить формирование следующих **специализированных компетенций:**

СК-4. Быть способным эффективно использовать алгоритмы обработки данных и нейронные сети.

В результате изучения учебной дисциплины студент магистратуры должен:

знать:

- понятия ИИ и вычислительного интеллекта;
- направления, области применения и ограничения ИИ;
- текущие достижения в области ИИ;
- принципы логического программирования;
- принципы создания рекомендательных систем;
- основные методы эвристического поиска;
- схему и методы генетического программирования;
- базовые понятия теории машинного обучения и искусственных нейронных сетей;

- методы обработки естественного языка;
- принципы глубокого обучения и обучения с подкреплением;

уметь:

- программировать решение игр и головоломок методами эвристического поиска и логического программирования;
- создавать простейшие рекомендательные системы;
- применять генетические методы в оптимизационных задачах;
- решать задачи классификации, кластеризации и предсказания методами машинного обучения;
- использовать нейронные сети (CNN, RNN, LSTM-сети, GAN) для решения прикладных задач;
- выделять поименованные сущности в тексте, а также создавать простейшие чат-боты;
- программировать поведение агентов в средах типа OpenAI Gym;

владеть:

- методами эвристического поиска, логического программирования, генетического программирования, машинного обучения, глубокого обучения, обучения с подкреплением;
- языком программирования Python и его пакетами, необходимыми для решения задач в области ИИ.

Структура учебной дисциплины

Форма получения высшего образования очная (дневная) и заочная.

Дисциплина изучается во 2-ом семестре. Всего на изучение учебной дисциплины «Практический искусственный интеллект» отведено:

- для очной формы получения высшего образования — 126 часов, в том числе 70 аудиторных часа, из них: лекции — 22 часа, лабораторные занятия — 24 часа, семинарские занятия — 24 часа;
- для заочной формы получения высшего образования — 126 часов, в том числе 16 аудиторных часов, из них: лекции — 6 часов, лабораторные занятия — 6 часов, семинарские занятия — 4 часа.

Трудоемкость учебной дисциплины составляет 3 зачетных единицы.

Формой текущей аттестации по учебной дисциплине являются зачет и экзамен.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Тема 1. Введение в искусственный интеллект

Что такое искусственный интеллект (ИИ). Сильный и слабый ИИ. Тест Тьюринга. Понятие вычислительного интеллекта (ВИ). Различия между ИИ и ВИ. История развития ИИ и ВИ. Направления и области применения ИИ и ВИ. Роль данных и алгоритмов в области ИИ. ИИ и аппаратное обеспечение. Ограничения ИИ. Будущее ИИ.

Тема 2. Логическое программирование

Логика высказываний (логика нулевого порядка). Предикатная логика (логика первого порядка). Ограничения логики. Логическое программирование. Создание решателя головоломок.

Тема 3. Рекомендательные системы

Рекомендательные системы и их виды. Преимущества и ограничения рекомендательных систем. Коллаборативная фильтрация. Оценка подобия. Метод k-ближайших соседей. Теория адаптивного резонанса. Создание рекомендательной системы фильмов.

Тема 4. Эвристический поиск

Эвристические методы поиска. Неинформированный и информированный виды поиска. Поиск в ширину и глубину. Жадный поиск. Поиск A* и IDA*. Имитация отжига. Поиск восхождением к вершине. Минимаксный алгоритм. Альфа-бета-отсечение. Программирование игр и головоломок (задача о ферзях, раскраска карты, головоломка 8, прохождение лабиринта, крестики-нолики, четыре в ряд).

Тема 5. Генетические и эволюционные алгоритмы

Схема генетического программирования. Генотип. Популяция. Функция приспособленности. Отбор. Скрещивание. Мутация. Преимущества и ограничения генетических алгоритмов. Программирование контроллера для интеллектуального робота. Планирование групповых путешествий. Поиск авиабилетов. Игра погоня. Оптимизация распределения студентов.

Тема 6. Машинное обучение

Обучение с учителем и без. Параметрическое и непараметрическое обучение. Задачи классификация и кластеризации. Метод k-средних. Логистическая и полиномиальная регрессия. Наивный байесовский классификатор. Машина опорных векторов (SVM). Ансамблевое обучение. Деревья принятия решений. Случайный лес. Кластеризация блогов. Прогнозирование количества регистраций. Моделирование степени привлекательности. Оценка совместимости пар.

Тема 7. Глубокое обучение

Искусственные нейронные сети. Функция активации. Нейронные сети прямого распространения. Градиентный спуск. Регуляризация. Метрический анализ. Гиперпараметрическая настройка. Свёрточные нейронные сети (CNN). Рекуррентные нейронные сети (RNN). Ячейки долгой краткосрочной памяти (LSTM). Генеративное моделирование. Вариационные кодировщики. Генеративно-сопоставительные сети (GAN). Моделирование цен на недвижимость. Распознавание рукописных символов. Классификация изображений. Генерация лиц. Перенос стиля изображений.

Тема 8. Обработка естественного языка

Обработка естественного языка (NLP). Токенизация. Стемминг. Лемматизация. Мешок слов. Векторы TF-IDF. Моделирование тональности текста. Тематическое моделирование. Семантический анализ. Word2vec. Модели sequence-to-sequence. GPT-3. Прикладные задачи (прогнозатор категорий, анализатор грамматических родов, сентимент-анализатор, тематическое моделирование, генерация текста, создание чат-бота).

Тема 9. Обучение с подкреплением

Обучение с подкреплением. Сравнение с обучением с учителем. Марковский процесс принятия решений. Динамическое программирование. Методы Монте-Карло. Обучение на основе временных различий. Q-обучение и SARSA. Глубокая Q-сеть (DQN). Алгоритм REINFORCE. Имитационное обучение. Обучение с подкреплением в игре Flappy Bird.

Тема 10. Умные агенты

Умные агенты. Среды для обучения с подкреплением. Среда OpenAI Gym. Среда Atari Gym. Создание агента обучения. Фильтрация трафика. Искусственная жизнь. Моделирование пищевых цепочек.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Дневная форма получения образования

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Прикладной искусственный интеллект	22		24	24			
1.	Введение в искусственный интеллект	1						
2.	Логическое программирование	2		2	2			Отчет по лабораторной работе с устной защитой, собеседование
3.	Рекомендательные системы	2		3	3			Отчет по лабораторной работе с устной защитой, собеседование
4.	Эвристический поиск	3		3	3			Отчет по лабораторной работе с устной защитой, собеседование
5.	Генетические и эволюционные алгоритмы	2		2	2			Отчет по лабораторной работе с устной защитой, собеседование, компьютерный опрос
6.	Машинное обучение	2		3	3			Отчет по лабораторной работе с устной защитой, собеседование
7.	Глубокое обучение	3		3	3			Отчет по лабораторной работе с устной защитой, собеседование
8.	Обработка естественного языка	2		3	3			Отчет по лабораторной работе с устной защитой, собеседование, компьютерный опрос
9.	Обучение с подкреплением	3		3	3			Отчет по лабораторной работе с устной защитой, собеседование
10.	Умные агенты	2		2	2			Отчет по лабораторной работе с устной защитой, собеседование, компьютерный опрос

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Заочная форма получения образования

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Прикладной искусственный интеллект	6		4	6			
1.	Введение в искусственный интеллект	0.5						собеседование
2.	Логическое программирование	0.5			0.5			Отчет по лабораторной работе с устной защитой, собеседование
3.	Рекомендательные системы	0.5			0.5			Отчет по лабораторной работе с устной защитой, собеседование
4.	Эвристический поиск	0.5		1	1			Отчет по лабораторной работе с устной защитой, собеседование
5.	Генетические и эволюционные алгоритмы	0.5			0.5			Отчет по лабораторной работе с устной защитой, собеседование, компьютерный опрос
6.	Машинное обучение	0.5		1	0.5			Отчет по лабораторной работе с устной защитой, собеседование
7.	Глубокое обучение	1		1	0.5			Отчет по лабораторной работе с устной защитой, собеседование
8.	Обработка естественного языка	0.5		1	0.5			Отчет по лабораторной работе с устной защитой, собеседование, компьютерный опрос
9.	Обучение с подкреплением	1			1			Отчет по лабораторной работе с устной защитой, собеседование
10.	Умные агенты	0.5			1			Отчет по лабораторной работе с устной защитой, собеседование, компьютерный опрос.

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Перечень основной литературы

1. Форд, Мартин. Архитекторы интеллекта. Вся правда об искусственном интеллекте от его создателей = Architects of Intelligence. The Truth About AI From People Building It / Мартин Форд; [пер. с англ. И. Рузмайкиной]. - Санкт-Петербург [и др.]: Питер, 2020. - 413 с.
2. Гифт, Ной. Прагматичный ИИ. Машинное обучение и облачные технологии = Pragmatic AI. An Introduction to Cloud-Based Machine Learning / Ной Гифт; [пер. с англ. И. Пальти]. - Санкт-Петербург [и др.]: Питер, 2019. - 301 с.
3. Фостер, Дэвид. Генеративное глубокое обучение. Творческий потенциал нейронных сетей = Generative Deep Learning. Teaching Machines to Paint, Write, Compose, and Play / Дэвид Фостер ; [пер. с англ. А. Киселева]. - Санкт-Петербург [и др.]: Питер, 2020. - 346 с.
4. Николенко, С. Глубокое обучение. Погружение в мир нейронных сетей / С. Николенко, А. Кадурын, Е. Архангельская. - Санкт-Петербург [и др.]: Питер, 2020. - 476 с.
5. Ertel W. Introduction to Artificial Intelligence, 2nd Edition — Springer, 2011.
6. Palanisamy P. Hands-On Intelligent Agents with OpenAI Gym — Packt Publishing, 2018.
7. Rothman D. Artificial Intelligence by Example, 2nd Edition — Packt Publishing, 2020.
8. Джонс М. Т. Программирование искусственного интеллекта в приложениях / Пер. с англ. — ДМК Пресс, 2004.
9. Джоши П. Искусственный интеллект с примерами на Python / Пер. с англ. — Диалектика, 2019.
10. Омельяненко Я. Эволюционные нейросети на языке Python / Пер. с англ. — ДМК Пресс, 2020.
11. Рассел С., Норвиг П. Искусственный интеллект: современный подход, 2-е издание / Пер. с англ. — Вильямс, 2006.
12. Саттон Р. С., Барто Э. Г. Обучение с подкреплением / Пер. с англ. — БИНОМ, 2014.
13. Сегаран Т. Программируем коллективный разум / Пер. с англ. — Символ-Плюс, 2008.
14. Траск Э. Грокаем глубокое обучение / Пер. с англ. — Питер, 2019.
15. Хобсон Л., Ханнес Х., Коул Х. Обработка естественного языка в действии / Пер. с англ. — Питер, 2020.
16. Шолле Ф. Глубокое обучение на Python / Пер. с англ. — Питер, 2018.

Перечень дополнительной литературы

1. Aggarwal C. C. Recommender Systems. The Textbook — Springer, 2016.
2. Khan R., Das A. Build Better Chatbots — Apress, 2018.
3. Lonza A. Reinforcement Learning Algorithms with Python — Packt Publishing, 2019.
4. Ravichandiran S. Hands-On Reinforcement Learning with Python — Packt Publishing, 2018.
5. Sutton R. S., Barto A. G. Reinforcement Learning — The MIT Press, 2018.
6. Бенгфорт Б., Билбро Р., Охеда Т. Прикладной анализ текстовых данных на Python. Машинное обучение и создание приложений обработки естественного языка / Пер. с англ. — Питер, 2019.
7. Вирсански Э. Генетические алгоритмы на Python / Пер. с англ. — ДМК Пресс, 2020.
8. Гласснер Э. Глубокое обучение без математики: в 2-х томах / Пер. с англ. — ДМК Пресс, 2019.
9. Гудфеллоу Я., Бенджио И., Курвилль А. Глубокое обучение / Пер. с англ. — ДМК Пресс, 2018.
10. Дауни А. Б. Изучение сложных систем с помощью Python / Пер. с англ. — ДМК Пресс, 2019.
11. Жданов А. А. Автономный искусственный интеллект — БИНОМ, 2008.
12. Макмахан Б., Рао Д. Знакомство с PyTorch: глубокое обучение при обработке естественного языка / Пер. с англ. — Питер, 2020.
13. Микелуччи У. Прикладное глубокое обучение / Пер. с англ. — БХВ-Петербург, 2020.
14. Мюллер Дж. П., Массарон Л. Искусственный интеллект для чайников / Пер. с англ. — Диалектика, 2019.
15. Николенко С., Кадури А., Архангельская Е. Глубокое обучение — Питер, 2018.
16. Паттерсон Дж., Гибсон А. Глубокое обучение с точки зрения практика / Пер. с англ. — ДМК Пресс, 2018.
17. Шампандар А. Дж. Искусственный интеллект в компьютерных играх: как обучить виртуальные персонажи реагировать на внешние воздействия / Пер. с англ. — Вильямс, 2007.
18. Шумский С. А. Машинный интеллект. Очерки по теории машинного обучения и искусственного интеллекта — РИОР, 2019.

Перечень рекомендуемых средств диагностики и методика формирования итоговой оценки

Контроль работы магистранта на лекциях проходит в форме собеседования. На лабораторных и практических занятиях магистранты решают прикладные задачи, а также выполняют задания лабораторных работ. Задания к лабораторным работам составляются согласно содержанию учебного материала. Защита лабораторных работ проходит в форме отчетов с устной защитой. Дополнительной формой контроля являются компьютерные опросы, проводимые после изучения нескольких тем.

Формой текущей аттестации по дисциплине «Прикладной искусственный интеллект» учебным планом предусмотрены зачет и экзамен. Зачет проходит в устной форме, при этом учитывается рейтинговая оценка. Экзамен по дисциплине проходит в устной или письменной форме.

При формировании итоговой оценки используется рейтинговая оценка знаний магистранта, дающая возможность проследить и оценить динамику процесса достижения целей обучения. Рейтинговая оценка предусматривает использование весовых коэффициентов для текущего контроля знаний и текущей аттестации студентов по дисциплине.

Формирование оценки за текущую успеваемость:

- отчеты по лабораторным работам – 40%;
- компьютерные опросы – 40%;
- опросы на лекциях, практических и лабораторных занятиях – 20%.

Рейтинговая оценка по дисциплине рассчитывается на основе оценки текущей успеваемости и экзаменационной оценки с учетом их весовых коэффициентов. Вес оценки по текущей успеваемости составляет 40%, экзаменационной оценки – 60%.

Описание инновационных подходов и методов к преподаванию учебной дисциплины

При организации образовательного процесса используется **эвристический подход**, который предполагает демонстрацию многообразия решений большинства профессиональных задач и жизненных проблем.

При организации образовательного процесса используется **практико-ориентированный подход**, который предполагает освоение содержания через решения практических задач.

При организации образовательного процесса используется **метод проектного обучения**, который предполагает способ организации учебной деятельности студентов, развивающий актуальные для учебной

и профессиональной деятельности навыки планирования, самоорганизации, сотрудничества и предполагающий создание собственного продукта.

Примерные темы лабораторного практикума

1. Логическое программирование. Создание решателя логических головоломок.
2. Рекомендательные системы. Создание рекомендательной системы фильмов.
3. Эвристический поиск. Программирование игр и головоломок (задача о ферзях, головоломка 8, прохождение лабиринта, крестики-нолики, четыре в ряд).
4. Генетические алгоритмы. Планирование групповых путешествий. Поиск авиабилетов.
5. Машинное обучение. Кластеризация блогов. Оценка совместимости пар. Моделирование цен на недвижимость.
6. Глубокое обучение. Распознавание рукописных символов. Классификация изображений. Перенос стиля изображений.
7. Обработка естественного языка. Определение тональности текстов. Тематическое моделирование.
8. Обработка естественного языка. Создание чат-бота.
9. Обучение с подкреплением в игре Flappy Bird.
10. Создание умного агента в среде OpenAI Gym.

Методические рекомендации по организации самостоятельной работы обучающихся

Для организации самостоятельной работы студентов по учебной дисциплине рекомендовано разместить на образовательном портале или сайте кафедры учебно-методические материалы: материалы для чтения, методические указания к лабораторным и практическим занятиям, вопросы для подготовки к экзамену, перечень рекомендуемой литературы.

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ УВО

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы УВО по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола) ¹
Системная динамика и агентное моделирование	Кафедра дифференциальных уравнений и системного анализа	нет	Вносить изменения не требуется (№ 9 от 14.05.2020)

¹ При наличии предложений об изменениях в содержании учебной программы УВО.

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ
К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ ПО ИЗУЧАЕМОЙ УЧЕБНОЙ
ДИСЦИПЛИНЕ НА _____ / _____ УЧЕБНЫЙ ГОД

№ п/п	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры
 _____ (протокол № _____ от _____ 200__ г.)
 (название кафедры)

Заведующий кафедрой
 доктор физ.-мат. наук, профессор _____
 (ученая степень, ученое звание) (подпись)

В.И. Громак
 (И.О.Фамилия)

УТВЕРЖДАЮ
 Декан факультета
 доктор физ.-мат. наук, доцент _____
 (ученая степень, ученое звание) (подпись)

С.М. Босяков
 (И.О.Фамилия)