

Белорусский государственный университет

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе и
образовательным инновациям

О.Г.Прохоренко

30 июня 2023 г.

Регистрационный № УД-869/м.

НЕЙРОНОСЕТЕВАЯ ОБРАБОТКА ДАННЫХ

**Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности:**

7-06-0533-05 Прикладная математика и информатика

Профилизация: Интеллектуальные системы

2023 г.

Учебная программа составлена на основе ОСВО 7-06-0533-05-2023, примерного учебного плана 7-06-05-016/пр. от 18.01.2023 и учебного плана М53-5.3-79/уч. от 11.04.2023 г.

СОСТАВИТЕЛИ:

А.А. Воронов – доцент кафедры информационных систем управления факультета прикладной математики и информатики Белорусского государственного университета.

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

Н.А. Кириенко, старший научный сотрудник лаборатории логического проектирования Объединенного института проблем информатики, кандидат технических наук, доцент;

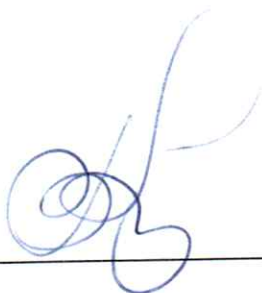
Д.Ю. Перцев, доцент кафедры электронных вычислительных машин Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники, кандидат технических наук, доцент

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой информационных систем управления
Белорусского государственного университета
(протокол № 18 от 08.06.2023 г.).

Научно-методическим Советом БГУ
(протокол № 9 от 29.06.2023 г.)

Заведующий кафедрой



В.В. Краснопрошин

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Цели и задачи учебной дисциплины

Учебная дисциплина «Нейроносетевая обработка данных» знакомит студентов магистратуры с теоретическими основами разработки, анализа и исследования нетривиальных методов, алгоритмов и технологий, основанных на оптимизации нейросетевых моделей сложных систем, а также с известными алгоритмами и структурами данных, знание которых необходимо для нейросетевой обработки данных.

Цель учебной дисциплины – дальнейшее развитие у магистрантов навыков нейросетевой обработки данных, анализа полученных решений и последующей оптимизации.

Задачи учебной дисциплины:

1. Создание базы для использования современных технологий обработки данных основанных на нейронных сетях.
2. Формирование навыков применения нейросетевой обработки данных в типовых случаях.

Место учебной дисциплины в системе подготовки специалиста с высшим образованием второй ступени высшего образования (магистра).

Учебная дисциплина относится к **модулю** «Технологии машинного обучения» компонента учреждения высшего образования.

Программа составлена с учетом **межпредметных связей** с учебными дисциплинами. Основой для изучения учебной дисциплины являются следующие учебные дисциплины первой ступени высшего образования: «Теория вероятностей и математическая статистика», «Геометрия и алгебра», «Исследование операций», «Методы оптимизации», «Основы и методологии программирования», «Разработка кросс-платформенных приложений», «Интеллектуальные информационные системы» и дисциплина второй ступени высшего образования «Специальные структуры данных».

Требования к компетенциям

Освоение учебной дисциплины «Нейроносетевая обработка данных» должно обеспечить формирование следующих специализированных и углубленно-профессиональных компетенций:

специализированных компетенций:

СК-8. Владеть математическими основами теории машинного обучения;

СК-9. Владеть алгоритмами построения искусственных нейронных сетей;

углубленно-профессиональной компетенции:

УПК-4. Владеть перспективными технологиями программирования для решения прикладных задач.

В результате изучения дисциплины студент магистратуры должен:

знать:

- основные понятия из теории нейронных сетей, теории обработки данных и изображений;

- методы и алгоритмы предварительной обработки данных и изображений, способы применения нейросетевых технологий для такой обработки;
- методы оптимизации сложных нейросетевых моделей;

уметь:

- строить математические модели для решения типовых классов прикладных задач;
- применять методы оптимизации нейросетевых моделей для решения прикладных задач;

владеть:

- основными методами и алгоритмами обработки данных и изображений для построения цифровых распознающих комплексов в различных областях;
- навыками компьютерной реализации методов моделирования и оптимизации сложных систем.

Структура учебной дисциплины

Дисциплина изучается в первом и втором семестре. Всего на изучение учебной дисциплины «Нейросетевая обработка данных» отведено:

– для очной формы получения высшего образования – 240 часов, в том числе 80 аудиторных часов, из них: лекции – 40 часов, практические занятия – 40 часов.

Распределение по семестрам:

40 часов в 1 семестре, а именно 20 часов – лекции, 20 часов – практические занятия;

40 часов во 2 семестре: 20 часов – лекции, 20 часов – практические занятия.

Трудоемкость учебной дисциплины составляет 3 зачетные единицы в первом семестре и 3 зачетные единицы во втором семестре – всего 6 зачетных единиц.

Форма промежуточной аттестации по учебной дисциплине – зачет в первом семестре и экзамен во втором семестре.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Раздел 1. Нейросетевые методы

Тема 1.1. Введение в курс.

Основные определения и обозначения. Искусственные нейронные сети. Понятие сложной нейронной системы. Структурная и динамическая сложность. Математическое моделирование и вычислительный эксперимент. Примеры нейросетевых моделей.

Тема 1.2. Нейросетевые методы

Модель нейронной сети. Модель персептрона. Обучающий алгоритм персептрона для двухклассового распознавания. Обобщенный алгоритм персептрона для распознавания k -классов образов. Определение нейронной сети и нейросетевого метода.

Тема 1.3. Функции активации в нейронных сетях

Выполнимость. Схематическое изображение нейрона в виде процессора с N входами и одним выходом. Основные функции активации в нейронных сетях: линейные, кусочно-линейные, сигмоидальные. Топология нейронной сети. Типы связей и схемы связей в нейронных сетях.

Тема 1.4. Топология нейронных сетей

Топология в нейронной сети. Типы связей и схемы связей в нейронных сетях.

Тема 1.5. Классификация нейросетевых систем

Алгоритмы обучения различных нейронных сетей Хопфилда, Кохонена, Гроссберга и многослойного персептрона. Бинарные и аналоговые нейронные сети. Нейронные сети с супервизором (учителем) и без супервизора. Нейронная сеть Хопфилда и алгоритм её обучения.

Тема 1.6. Многослойный персептрон

Многослойный персептрон с обратным распространением ошибки. Трёхслойная топология персептрона.

Тема 1.7. Алгоритм настройки весов многослойного персептрона

Алгоритм настройки весов многослойного персептрона. Обобщающий алгоритм персептрона. Алгоритм Левенберга-Марквардта.

Тема 1.8. Нейронная сеть на основе радиальной базисной функции (РБФ)

Сеть встречного распространения. Обучение слоя Кохонена и алгоритм обучения слоя Гроссберга.

Раздел 2. Нейросетевые технологии обработки изображений

Тема 2.1. Метрика в обработке изображений

Функция расстояния или метрика. Основные виды метрик: Евклидова метрика, метрика городских кварталов, шахматная метрика. Геометрическая интерпретация указанных метрик.

Тема 2.2. Алгоритмы предварительной обработки изображений

Метод пространственной области с применением масок. Технология обработки изображений на основе двумерного преобразования Фурье. Фильтры, основанные на порядковых статистиках. Сегментация изображений.

Тема 2.3. Нейросетевое сжатие изображений

Критерий среднеквадратичной ошибки при сжатии данных. Сети Цао Ена. Вейвлет-анализ. Алгоритм быстрого вейвлет-преобразования.

Тема 2.4. Распознавание образов и выбор признаков

Основные подходы к распознаванию образов. Структура системы в задачах распознавания: предварительная обработка изображений, сжатие или выбор информативных признаков, классификация или принятие решения. Техника распознавания.

Тема 2.5. Построение классификаторов, алгоритмы обучения и меры сходства в задачах распознавания

Классификатор по минимальному расстоянию. Принцип обучения в задаче двухклассового распознавания. Порог классификатора и дискриминантная функция. Понятие расширенного пространства признаков. Неметрическая или угловая мера сходства.

Тема 2.6. Метод отображения в пространство решений

Пространство признаков и пространство решений. Построение матрицы, отображающей пространство признаков в пространство решений. Выбор потенциальных функций.

Тема 2.7. Сверточные нейронные сети

Слои свертки и обобщения. Специфика функций активации для сверточных нейронных сетей. Нормализация. Примеры использования технологии сверточных нейронных сетей.

Тема 2.8. Технология глубокого обучения

Ограниченная машина Больцмана. Глубокая нейросеть с инициализацией весов от SAE. Глубокая нейросеть с инициализацией весов от SRBM.

Тема 2.9. Генеративно-сопоставительная сеть

GAN. DCGAN. Модель генератора и дискриминатора. Вариационные автокодировщики. Автоэнкодировщики.

Тема 2.10. Технологии нейросетевой обработки данных

Обзор архитектур нейросетей применяемых при промышленной разработке ПО. Дообучение стандартных архитектур для решения прикладных задач.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Очная форма получения углубленного высшего образования с применением дистанционных образовательных технологий (ДОТ)

№ п/п	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов				Количество часов УСР	Форма контроля знаний
		Лекции	Семинарские занятия	Практически е занятия	Иное		
Первый семестр							
1	Нейросетевые методы	20		20			
1.1	Введение в курс	2					Экспресс-опрос
1.2	Нейросетевые методы	4		4			Расчетно-графическая работа №1
1.3	Функции активации в нейронных сетях	2					Экспресс-опрос.
1.4	Топология нейронных сетей	2					Экспресс-опрос.
1.5	Классификация нейросетевых систем	2		4			Доклад. Расчетно-графическая работа №2
1.6	Многослойный персептрон	2		6			Контрольная работа. Отчеты по домашним практическим заданиям с их устной защитой.
1.7	Алгоритм настройки весов многослойного персептрона	2					Экспресс-опрос.
1.8	Нейронная сеть на основе радиально- базисной функции(РБФ)	4		6			Коллоквиум. Расчетно-графическая работа №3

Второй семестр							
2	Нейросетевые технологии обработки изображений	20		20			
2.1	Метрика в обработке изображений	2					Экспресс-опрос
2.2	Алгоритмы предварительной обработки изображений	2		2			Расчетно-графическая работа №4
2.3	Нейросетевое сжатие изображений	2		4			Доклад. Отчеты по домашним практическим заданиям с их устной защитой.
2.4	Распознавание образов и выбор признаков	2					Экспресс-опрос
2.5	Построение классификаторов, алгоритмы обучения и меры сходства в задачах распознавания	2		4			Расчетно-графическая работа №5. Отчеты по домашним практическим заданиям с их устной защитой.
2.6	Метод отображения в пространство решений	2					Экспресс-опрос
2.7	Сверточные нейронные сети	2		2			Расчетно-графическая работа №6
2.8	Технология глубокого обучения	2		4			Коллоквиум
2.9	Генеративно-состязательная сеть	2					Экспресс-опрос
2.10	Технологии нейросетевой обработки данных	2		4			Собеседование Контрольная работа.

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Перечень основной литературы

1. Воронов, М. В. Системы искусственного интеллекта: учебник и практикум для студентов высших учебных заведений, обучающихся по ИТ и математическим направлениям / М. В. Воронов, В. И. Пименов, И. А. Небаев. - Москва: Юрайт, 2022. - 256 с.
2. Ростовцев, В. С. Искусственные нейронные сети: учебник / В. С. Ростовцев. - Изд. 2-е, стер. - Санкт-Петербург; Москва; Краснодар: Лань, 2021. - 213 с. - URL: <https://reader.lanbook.com/book/310184#1>.
3. Хливненко, Л. / В. Практика нейросетевого моделирования: учебное пособие [для вузов] / Л. В. Хливненко, Ф. А. Пятакович. - Изд. 3-е, стер. - Санкт-Петербург; Москва; Краснодар: Лань, 2023. - 196 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/310190>.
4. Интеллектуальные информационные технологии в компьютерных системах и сетях: учеб. -метод. пособие для спец. 1-40 02 01 "Вычислит. машины, системы и сети" / [авт.: А. А. Дудкин и др.]; М-во образования Республики Беларусь, УО "Бел. гос. ун-т информатики и радиоэлектроники", Фак. комп. систем и сетей, Каф. электронных вычислит. машин. - Минск: БГУИР, 2019. - 153 с.
5. Траск, Э. Грокаем глубокое обучение = Grokking Deep Learning / Эндрю Траск; [пер. с англ. А. Киселева]. - Санкт-Петербург [и др.]: Питер, 2019. - 352 с.
6. Николенко, С. Глубокое обучение. Погружение в мир нейронных сетей / С. Николенко, А. Кадури, Е. Архангельская. - Санкт-Петербург [и др.]: Питер, 2020. - 476 с. - URL: <https://ibooks.ru/bookshelf/377026>.
7. Уатт, Джереми. Машинное обучение: основы, алгоритмы и практика применения / Джереми Уатт, Реза Борхани, Аггелос Катсаггелос; [пер. с англ. Андрея Логунова]. - Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2022. - XXVII, 612 с.
8. Таулли, Том. Основы искусственного интеллекта. Нетехническое введение = Artificial Intelligence Basics. A Non-Technical Introduction / Том Таулли; [пер. с англ. Андрея Логунова]. - Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2021. - 288 с. - URL: <https://ibooks.ru/bookshelf/385769>.

Перечень дополнительной литературы

1. Бурков, А. Машинное обучение без лишних слов // Андрей Бурков. – СПб.: Питер, 2020. – 192 с.
2. Головатая, Е. Нейросетевые технологии в обработке и защите данных: учебное пособие для студентов учреждений высшего образования по направлению специальности "Компьютерная безопасность (радиофизические методы и программно-технические средства)" / Е.

- Головатая, А. Курочкин; БГУ. - Минск: БГУ, 2021. - 151 с.: - (Учебное пособие). - ISBN 978-985-881-135-8.
3. Методы и модели исследования сложных систем и обработки больших данных / И. Ю. Парамонов [и др.]; под ред. В. А. Смагина, А. Д. Хомоненко. - Санкт-Петербург; Москва; Краснодар: Лань, 2020. - 234 с.: ил. - (Магистратура и специалитет) (Учебники для вузов. Специальная литература) - ISBN 978-5-8114-4006-1.
 4. Haykin S. Neural Networks & Learning Machines, Pearson Education India; Third edition – 944p.
 5. Жерон Ольен. Прикладное машинное обучение с помощью Scikit-Learn и TensorFlow: концепции, инструменты и техники для создания интеллектуальных систем. Пер. с англ. - СПб.: ООО "Альфа-книга": 2018. - 688 с.
 6. Shalev-Shwartz Shai, Ben-David Shai. Understanding Machine Learning: From Theory to Algorithms, Cambridge University Press, 2014. — 409 p. — ISBN13: 978-1107057135.
 7. Kohonen T. Self-organizing maps. – Heidelberg, 1995.
 8. Kosko B. Feedback stability and unsupervised learning: Proc. of the IEEE second intern, conf. on neural networks. – San-Diego, 1988.
 9. Ульман Дж., Раджараман А., Лесковец Ю. Анализ больших наборов данных. — М.: ДМК-Пресс, 2016. — 498 с.
 10. Bishop, C.M. Pattern Recognition and Machine Learning. — Springer, 2006. — 738 p.

Перечень используемых средств диагностики и методика формирования итоговой оценки

Для диагностики компетенций в рамках учебной дисциплины рекомендуется использовать следующие формы:

1. Устная форма: экспресс-опрос, собеседование, коллоквиум, выступление с докладом.
2. Письменная форма: контрольные работы.
3. Устно-письменная форма: отчеты по домашним практическим и расчетно-графическим заданиям с их устной защитой, оценивание на основе проектного метода.

Формой промежуточной по дисциплине «Нейросетевая обработка данных» учебным планом предусмотрен – **зачет** в первом семестре и **экзамен** во втором.

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

Примерные весовые коэффициенты, определяющие вклад текущего контроля знаний и текущей аттестации в итоговую отметку:

- отчёты по практическим домашним заданиям и расчетно-графическим работам(РГР)с их устной защитой – 40 %;
- контрольные работы – 20 %;
- коллоквиум – 20%;
- устный опрос, выступление с докладом – 20%.

Итоговая отметка по дисциплине рассчитывается на основе отметки текущей успеваемости и экзаменационной отметки с учетом их весовых коэффициентов. Вес отметки по текущей успеваемости составляет 40 %, экзаменационной отметки – 60 %.

Точки контроля по текущей успеваемости формируются из расчета общего количества часов (зачетных единиц), выделенных на изучение дисциплины.

Примерная тематика практических занятий

1 семестр

Занятия № 1-2. Исследование сети Хопфилда. (4ч.)

Занятия № 3-5. Исследование многослойного персептрона. (6ч.)

Занятия № 6-7. Исследование нейронной сети на основе радиально-базисной функции. (4ч.)

Занятия № 8-10. Исследование конкурентной нейронной сети. (6ч)

2 семестр

Занятие № 1. Предварительная обработка изображений. (2ч)

Занятия № 2-3. Разработка нейросетевого архиватора. (4ч)

Занятия № 4-5. Применение технологии распознавания образов. (4ч)

Занятие № 6. Сверточные нейронные сети. (2ч)

Занятия № 7-8. Применение технологии глубокого обучения. (4ч)

Занятия № 9-10. Применение технологии нейросетевой обработки данных. (4ч)

Описание инновационных подходов и методов к преподаванию учебной дисциплины

При организации образовательного процесса большинства практических занятий используется практико-ориентированный подход, который предполагает освоение содержания учебного материала через решение практических задач, а также приобретение навыков эффективного выполнения разных видов профессиональной деятельности.

Кроме этого, при организации образовательного процесса используется комбинация **методов группового обучения, проектного обучения и учебной дискуссии**. Комбинация методов предполагает: ориентацию на генерирование идей, приобретение навыков для решения исследовательских, творческих и коммуникационных задач, появление нового уровня понимания изучаемой темы, применение знаний (теорий, концепций) при решении проблем, определение способов их решения.

Методические рекомендации по организации самостоятельной работы обучающихся

Для организации самостоятельной работы студентов по учебной дисциплине следует использовать современные информационные ресурсы: разместить на образовательном портале комплекс учебных и учебно-методических материалов (учебно-программные материалы, учебное издание для теоретического изучения дисциплины, методические указания к лабораторным занятиям, материалы текущего контроля и текущей аттестации, позволяющие определить соответствие учебной деятельности обучающихся требованиям образовательных стандартов высшего образования и учебно-программной документации, в т.ч. вопросы для подготовки к зачету и экзамену, задания, тесты, вопросы для самоконтроля и др., список рекомендуемой литературы, информационных ресурсов и др.).

Примерный перечень вопросов к зачету

1. Обучающий алгоритм для персептрона.
2. Алгоритм Левенберга-Марквардта.
3. Выбор количества нейронов НС. Понятие переобучения НС.
4. Многослойный персептрон.
5. Нейронная сеть Хопфилда.
6. Сеть РБФ.
7. Конкурентная нейронная сеть.

Примерный перечень вопросов экзамену

1. Обучающий алгоритм для персептрона.
2. Алгоритм Левенберга-Марквардта.
3. Выбор количества нейронов НС. Понятие переобучения НС.
4. Многослойный персептрон.
5. Нейронная сеть Хопфилда.
6. Сеть РБФ.
7. Конкурентная нейронная сеть.
8. Сверточные нейронные сети.
9. Нейросетевое сжатие данных. Сеть Цао Ена.
10. Байесовский классификатор.
11. Метод опорных векторов.

12. Дерево принятия решений. Random forest.
13. Алгоритм K-means. K-means++.
14. ISODATA (ИСОМАД).
15. Алгоритмы нечеткой кластеризации (Fuzzy C-means, Gustafson-Kessel, Gath-Geva).
16. Критерии валидности алгоритмов нечеткой кластеризации.
17. Горная кластеризация.

Рекомендуемая тематика контрольных работ

- 1) Контрольная работа №1. *Нейронные сети и функции активации.*
- 2) Контрольная работа №2. *Технологии нейросетевой обработки данных*

Текущий контроль знаний проводится в соответствии с учебно-методической картой дисциплины.

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ УВО

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
Методы и технологии проектирования интеллектуальных систем	Информационных систем управления	Нет	Оставить содержание учебной дисциплины без изменения, (протокол № 18 от 08.06.2023 г.).

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ

на ____ / ____ учебный год

№№ Пп	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры информационных систем управления (протокол № ____ от _____ 200_ г.)

Заведующий кафедрой

(ученая степень, звание)

(подпись)

(И.О. Фамилия)

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета

(ученая степень, звание)

(подпись)

(И.О.Фамилия)