

Белорусский государственный университет



Проректор по учебной работе и образовательным инновациям

О.Н.Здрок

2020 г.

Регистрационный № УД-8813 /уч.

НЕЙРОНОСЕТЕВАЯ ОБРАБОТКА ДАННЫХ

Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности:

1-31 80 09 Прикладная математика и информатика

Профилизация: Интеллектуальные системы

2020 г.

Учебная программа составлена на основе ОСВО 1-31 80 09-2019 и учебного плана G31-128/уч. от 11.04.2019 г.

СОСТАВИТЕЛИ:

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

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

А.А. Дудкин – заведующий лабораторией идентификации систем ОИПИ НАН Беларуси, доктор технических наук, профессор.

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой информационных систем управления (протокол № 9 от 20 марта 2020 года);

Научно-методическим Советом БГУ (протокол № 4 от 25 марта 2020 года).

Заведующий кафедрой
информационных систем управления



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 студентов магистратуры 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 (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», «Программирование» и дисциплина второй ступени высшего образования «Специальные структуры данных».

Требования к компетенциям

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

специализированные компетенции:

СК – 8. Владеть математическими основами теории машинного обучения

СК – 9. Владеть алгоритмами построения искусственных нейронных сетей

углубленные профессиональные компетенции:

УПК- 4. Оценивать эффективность алгоритмов 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 1 и 2 семестрах. Всего на изучение учебной дисциплины «Нейросетевая обработка данных» отведено:

– для очной формы получения высшего образования — 252 часа, в том числе 80 аудиторных часов, из них: лекции – 40 часов, практические занятия – 40 часов.

Трудоемкость учебной дисциплины составляет 6 зачетных единиц.

Форма текущей аттестации по учебной дисциплине – зачет в 1 семестре, экзамен – во 2 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.

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-состязательная сеть

Модель генератора и дискриминатора. Вариационные автокодеры. Автоэнкодеры.

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

Дневная форма получения образования

№ п/п	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов				Количество часов УСР	Форма контроля знаний
		Лекции	Семинарские занятия	Практически е занятия	Иное		
1	Нейросетевые методы	20		20			
1.1	Введение в курс	2					Устный опрос. Доклад.
1.2	Нейросетевые методы	4		5			Доклад. Отчеты по домашним практическим заданиям с их устной защитой.
1.3	Функции активации в нейронных сетях	2					Доклад.
1.4	Топология нейронных сетей	2					Устный опрос. Доклад.
1.5	Классификация нейросетевых систем	2		5			Устный опрос. Доклад. Отчеты по домашним практическим заданиям с их устной защитой.
1.6	Многослойный персептрон	2		5			Устный опрос. Доклад. Отчеты по домашним практическим заданиям с их устной защитой.
1.7	Алгоритм настройки весов многослойного персептрона	2					Устный опрос. Доклад.
1.8	Нейронная сеть на основе радиально-базисной функции (РБФ)	4		5			Контрольная работа. Доклад. Отчеты по домашним практическим заданиям с их устной защитой.
2	Нейросетевые технологии обработки изображений	20		20			

2.1	Метрика в обработке изображений	2					Устный опрос. Доклад
2.2	Алгоритмы предварительной обработки изображений	2					Устный опрос. Доклад
2.3	Нейросетевое сжатие изображений	2		5			Устный опрос. Доклад. Отчеты по домашним практическим заданиям с их устной защитой.
2.4	Распознавание образов и выбор признаков	2					Устный опрос. Доклад
2.5	Построение классификаторов, алгоритмы обучения и меры сходства в задачах распознавания	2		5			Устный опрос. Доклад. Отчеты по домашним практическим заданиям с их устной защитой.
2.6	Метод отображения в пространство решений	2					Устный опрос. Доклад
2.7	Сверточные нейронные сети	2					Устный опрос. Доклад.
2.8	Технология глубокого обучения	2		5			Доклад. Отчеты по домашним практическим заданиям с их устной защитой.
2.9	Генеративно-сопоставительная сеть	2					Устный опрос. Доклад
2.10	Технологии нейросетевой обработки данных	2		5			Контрольная работа. Доклад. Отчеты по домашним практическим заданиям с их устной защитой.

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Перечень основной литературы

1. Grégoire Montavon, Geneviève Orr, Klaus-Robert Müller – Neural Networks: Tricks of the trade, Springer; 2nd ed. 2012 edition - 769p
2. Bengio Y. Learning deep architectures for AI // Foundations and trends in machine learning. – 2009. – № 2(1). – P. 1–127.
3. Haykin S. Neural Networks & Learning Machines, Pearson Education India; Third edition – 944p
4. Shalev-Shwartz Shai, Ben-David Shai. Understanding Machine Learning: From Theory to Algorithms, Cambridge University Press, 2014. — 409 p. — ISBN13: 978-1107057135.
5. Lipmann R. An introduction to computing with neural nets // IEEE acoustic: speech and signal processing magazine. – 1987. – № 2. – P. 4–22.
6. Kohonen T. Self-organizing maps. – Heidelberg, 1995

Перечень дополнительной литературы

1. Kosko B. Feedback stability and unsupervised learning : Proc. of the IEEE second intern. conf. on neural networks. – San-Diego, 1988..
2. Ульман Дж., Раджараман А., Лесковец Ю. Анализ больших наборов данных. — М.: ДМК-Пресс, 2016. — 498 с.
3. Bishop, С.М. Pattern Recognition and Machine Learning. — Springer, 2006. — 738 p..
4. Le Сип Y, Bengio Y, Hinton G. Deep learning // Nature. – 2015. – № 521(7553). – P. 436–444.
5. Strategies for training large scale neural network language models / T. Mikolov [et al.]: Proc. 2011 IEEE Workshop automatic speech recognition and understanding. – Waikoloa, 2011. – P. 195–201.
6. Deep neural network for acoustic modeling in speech recognition / G. Hinton [etal.] // IEEE signal processing magazine. – 2012. – № 29. – P. 82–97.
7. Bengio Y. Learning deep architectures for AI // Foundations and trends in machine learning. – 2009. – № 2(1). – P. 1–127.
8. Greedy layer-wise training of deep networks / Y. Bengio [et al.]; ed : B. Scholkopf, J. C Platt, T. Hoffman // Advances in neural information processing systems. – Cambridge, 2007. – № 11. – P. 153–160.
9. Why does unsupervised pre-training help deep learning? / D. Erhan [et al.] // J. of machine learning research. – 2010. – № 11. – P. 625–660.
10. Exploring strategies for training deep neural networks / H. Larochelle [et al.] // J. of machine learning research. – 2009. – № 1. – P. 1–40.

Перечень рекомендуемых средств диагностики и методика формирования итоговой оценки

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

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

Формой текущей аттестации по дисциплине «Нейроносетевая обработка данных» учебным планом предусмотрен – зачет в 1 семестре, экзамен во 2 семестре.

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

Примерные весовые коэффициенты, определяющие вклад текущего контроля знаний в рейтинговую оценку (формирование оценки за текущую успеваемость):

- отчёты по практическим домашним заданиям с их устной защитой – 40 %;
- контрольные работы – 20 %;
- коллоквиум – 10 %;
- устный опрос – 10%;
- выступление с докладом – 20%.

Рейтинговая оценка по дисциплине рассчитывается на основе оценки текущей успеваемости и экзаменационной оценки с учетом их весовых коэффициентов Вес оценка по текущей успеваемости составляет 30 %, экзаменационная оценка – 70 %.

Примерная тематика практических занятий

Занятие № 1. Исследование сети Хопфилда.

Занятие № 2. Исследование многослойного персептрона.

Занятие № 3. Исследование нейронной сети на основе радиально-базисной функции.

Занятие № 4. Исследование конкурентной нейронной сети.

Занятие № 5. Применение технологии глубокого обучения.

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.

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, подготовка к экзамену

Для организации самостоятельной работы студентов магистратуры по учебной дисциплине следует использовать современные информационные технологии: образовательный портал InsightRunner (<https://acm.bsu.by>), разместить в сетевом доступе комплекс учебных и учебно-методических материалов (учебно-программные материалы, учебное издание для теоретического изучения дисциплины, презентации лекций, методические указания к практическим занятиям, электронные версии домашних заданий, материалы текущего контроля и текущей аттестации, позволяющие определить соответствие учебной деятельности обучающихся требованиям образовательных стандартов высшего образования и учебно-программной документации, в том числе вопросы для подготовки к зачёту, задания, вопросы для самоконтроля, 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
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

Примерный перечень вопросов к 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. Основные преобразования изображения
10. Основные взаимосвязи между пикселями изображения. Метрические свойства изображения
11. Методы пространственной и частотной области применительно к предварительно обработке изображения
12. Основные свойства двумерного преобразования Фурье
13. Сегментация изображения посредством выделения границ областей. Операторы выделения границ
14. Билатеральный фильтр
15. Метод главных компонент
16. Ортогональные преобразования для сжатия
17. Вейвлет-сжатие
18. Нейросетевое сжатие данных. Сеть Цао Ена
19. Алгоритм сжатия LZW
20. Алгоритм сжатия Хаффмана
21. Арифметическое кодирование
22. Виды разделяющих функций. Классификатор по минимальному расстоянию

23. Байесовский классификатор
24. Метод опорных векторов
25. Дерево принятия решений. Random forest
26. Цветовые модели (основные модели, преобразования)
27. Текстурные характеристики Харалика
28. Фрактальная размерность изображений
29. Алгоритм K-means. K-means++
30. ISODATA (ИСОМАД)
31. Алгоритмы нечеткой кластеризации (Fuzzy C-means, Gustafson-Kessel, Gath-Geva)
32. Критерии валидности алгоритмов нечеткой кластеризации
33. Горная кластеризация
34. Улучшение изображений: изменение контраста, видоизменение гистограмм, гамма-коррекция. Математическая морфология бинарных изображений: основные операции

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)
Интеллектуальные системы мониторинга	Информационных систем управления	Нет	Оставить содержание учебной дисциплины без изменения, (протокол № 9 от 20 марта 2020 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 _____ 20__ г.)

Заведующий кафедрой

Д.т.н., профессор

(ученая степень, звание)

(подпись)

В.В.Краснопрошин

(И.О. Фамилия)

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета

Д.т.н., доцент

(ученая степень, звание)

(подпись)

А.М. Недзведзь

(И.О.Фамилия)