

**БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по учебной работе и  
образовательным инновациям

О.И. Чуприс

(подпись)

(дата утверждения)

Регистрационный № УД-2018/уч.

**МЕТОДЫ МАШИННОГО И ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ**

Учебная программа учреждения высшего образования  
по учебной дисциплине для специальностей высшего образования второй  
ступени (магистратура):

1-31 80 07 Радиофизика

1-31 80 08 Физическая электроника

1-98 80 03 Аппаратное и программно-техническое обеспечение  
информационной безопасности

2018 г.

Учебная программа составлена на основе образовательных стандартов высшего образования ОСВО 1-31 80 07-2012; ОСВО 1-31 80 08-2012; ОСВО 1-98 80 03-2012 и учебных планов БГУ G-31-284/уч. от 26.05.2017; G-31-285/уч. от 26.05.2017; P98-286/уч. от 26.05.2017.

**СОСТАВИТЕЛЬ:**

**И.Э.Хейдоров**, заведующий кафедрой радиофизики и цифровых медиа технологий Белорусского государственного университета, кандидат физико-математических наук.

**РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:**

Кафедрой радиофизики и цифровых медиа технологий Белорусского государственного университета  
(протокол № 14 от 19.06.2018);

Учебно-методической комиссией факультета радиофизики и компьютерных технологий Белорусского государственного университета  
(протокол № 10 от 19.06.2018).

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

### ХАРАКТЕРИСТИКА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа дисциплины «Методы машинного и глубокого обучения» разработана для магистрантов специальностей 1-31 80 07 Радиофизика, 1-31 80 08 Физическая электроника, 1-98 80 03 Аппаратное и программно-техническое обеспечение информационной безопасности в соответствии с требованиями образовательных стандартов высшего образования данных специальностей.

Дисциплина входит в цикл дисциплин специальной подготовки и относится к дисциплинам для изучения по выбору магистранта.

Данная учебная дисциплина призвана ознакомить магистрантов с некоторыми элементами современного анализа данных. Они получают представление об основных классах задач машинного обучения и более подробно знакомятся с алгоритмами для решения задач классификации и кластеризации. В число изучаемых алгоритмов классификации входят алгоритмы ближайшего соседа, SVM, байесовские методы, деревья решений, списки правил. Для решения задач кластеризации рассматриваются как алгоритмы для фиксированного числа кластеров (K-Means, EM), так и способы автоматического определения числа кластеров (агломеративная и дивизивная кластеризации). Вторая часть дисциплины посвящена изучению вопроса использования сетей глубокого обучения для решения современных задач классификации и распознавания сигналов и изображений, анализа текстов.

### ЦЕЛЬ, ЗАДАЧИ, РОЛЬ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель учебной дисциплины:** ознакомление с современными подходами к построению, обучению и использованию систем распознавания и классификации на основе методов машинного обучения и нейронных сетей глубокого обучения.

**Задачи учебной дисциплины:**

- ознакомление с классификацией задач индексации, распознавания и классификации сигналов и изображений, и методов их решения;
- ознакомление с классификацией задач машинного обучения;
- приобретение слушателями теоретических знаний и практических умений и навыков в области исследования задач анализа данных и их решения методами машинного обучения;
- ознакомление с основными принципами построения и обучения сетей глубокого обучения;
- приобретение практических навыков эффективного проектирования и построения классификаторов на основе сетей глубокого обучения.

Базовыми учебными дисциплинами для дисциплины «Методы машинного и глубокого обучения» являются «Статистическая радиофизика», «Теория информации» и «Цифровая обработка сигналов», где излагаются основные вопросы обработки сигналов и изображений, построения признакового описания изучаемых объектов, построения статистических моделей сигналов. Для успешного усвоения материала необходимы знания по алгоритмам обработки сигналов.

## ТРЕБОВАНИЯ К УРОВНЮ ОСВОЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате изучения учебной дисциплины «Методы машинного и глубокого обучения» формируются академические, социально-личностные и профессиональные компетенции.

Требования к **академическим** компетенциям магистра.

Магистр должен иметь:

1. Способность к самостоятельной научно-исследовательской деятельности (анализ, сопоставление, систематизация, абстрагирование, моделирование, проверка достоверности данных, принятие решений и др.), готовность генерировать и использовать новые идеи.
2. Методологические знания и исследовательские умения, обеспечивающие решение задач научно-исследовательской, производственно-технологической, управленческой и инновационной деятельности.

Требования к **социально-личностным** компетенциям магистра.

Магистр должен:

1. Совершенствовать и развивать свой интеллектуальный и общекультурный уровень, добиваться нравственного и физического совершенствования своей личности.
2. Формировать и аргументировать собственные суждения и профессиональную позицию.
3. Анализировать и принимать решения по социальным, этическим, научным и техническим проблемам, возникающим в профессиональной деятельности.

Требования к **профессиональным** компетенциям магистра:

1. Работать с научно-технической информацией с использованием современных информационных технологий.
2. Владеть системным и сравнительным анализом
3. Владеть междисциплинарным подходом при решении проблем;
4. Разрабатывать численные алгоритмы и программы.
5. Обосновывать достоверность полученных научных результатов.
6. Формулировать выводы и рекомендации по применению результатов научно-исследовательской работы.

В результате изучения дисциплины обучаемый должен:

**знать:**

- постановки задач классификации, кластеризации, прогнозирования;
- основные классы алгоритмов для решения задач классификации и кластеризации;
- основные функции потерь и функционалы качества;
- сеть радиальных базисных функций;
- метод опорных векторов (SVM);

- многослойные нейронные сети и алгоритм обратного распространения ошибок;
- алгоритм K-средних;
- сети Кохонена;
- непараметрическую регрессию, многомерную линейную регрессию, нелинейную параметрическую регрессию;
- бустинг, бэггинг;
- архитектуру сетей глубокого обучения, подбор параметров и регуляризация;
- архитектуру сверточных, рекуррентных и LSTM нейронных сетей.

***уметь:***

- делать правильные выводы из сопоставления результатов теории и эксперимента;
- выделять из практических задач их постановку для машинного обучения;
- работать с современными программными комплексами для решения задач машинного обучения;
- планировать оптимальное проведение вычислительного эксперимента;
- правильно оценить степень достоверности найденного решения;
- проводить обучение алгоритмов, избегая переобучения;
- выбирать алгоритмы, исходя из особенностей данных задачи.

***владеть:***

- навыками самостоятельной работы в современных программных комплексах;
- навыками освоения большого объёма информации;
- навыками программирования для решения задач анализа данных;
- культурой постановки задач;
- культурой проведения эксперимента;
- средствами визуализации для демонстрации полученных результатов.

Программа изучаемой дисциплины рассчитана на 166 часов, в том числе 56 аудиторных часов, из них: лекций - 20 часов, лабораторных работ – 36 часов.

Дисциплина изучается в III семестре II курса II ступени высшего образования (магистратура) студентами дневной (очной) формы получения образования. Текущая аттестация по дисциплине проводится в форме экзамена.

## СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

### **Тема 1. Введение.**

Постановки задач классификации, кластеризации, прогнозирования. Основные классы алгоритмов для решения задач классификации и кластеризации. Основные функции потерь и функционалы качества.

### **Тема 2. Методы машинного обучения.**

Вероятностные методы: непараметрического оценивания плотности распределения, оптимальный байесовский классификатор, линейный дискриминант Фишера, EM-алгоритм, стохастический EM-алгоритм. Сеть радиальных базисных функций. Метод опорных векторов (SVM). Логические алгоритмы: решающий список, алгоритм ID3, решающий лес. Алгоритм K-средних. Методы агломеративной кластеризации, дендрограммы. Непараметрическая регрессия, многомерная линейная регрессия, нелинейная параметрическая регрессия. Критерии выбора модели: скользящий контроль, критерий на основе оценки Вапника-Червоненкиса, байесовский информационный критерий, статистические критерии. Генетические алгоритмы, бустинг, бэггинг. Алгоритмы вычисления оценок, алгоритмы с частичным обучением (semi-supervised learning).

### **Тема 3. Основы нейронных сетей.**

Загрузка и предобработка данных, подбор параметров, кросс-валидация, оценка качества. Обучение перцептронов, процедура обратного распространения ошибки, получение векторов признаков для слов, распознавание объектов с помощью нейронных сетей. Оптимизация: ускорение процесса обучения, рекуррентные нейронные сети. Улучшение обобщающей способности нейронных сетей, комбинирование нейронных сетей. Сети Хопфилда и машины Больцмана. Ограниченные машины Больцмана, нейронные сети Deep Belief.

### **Тема 4. Нейронные сети глубокого обучения.**

Глубокие нейронные сети: введение в нейронные сети, архитектура глубоких нейронных сетей, подбор гиперпараметров, регуляризация. Сверточные нейронные сети: введение и основные принципы работы, архитектура сверточных нейронных сетей, регуляризация и подбор параметров, обработка изображений и другие приложения. Глубокие нейронные сети для работы с текстами: основные подходы к обработке текстов в машинном обучении, рекуррентные нейронные сети, LSTM, регуляризация.

### **Тема 5. Применение сетей глубокого обучения для решения практических задач.**

Введение в обработку естественных языков и глубокое обучение, простые векторные представления слов: word2vec, GloVe, продвинутое векторные представления слов, нейронные сети для распознавания именованных сущностей, практические вопросы конструирования сетей, обучения и подбора

параметров. Машинный перевод на основе рекурсивных нейронных сетей. Сверточные нейронные сети в классификации текстов, распознавание речи, машинный перевод, модели seq2seq, будущее нейронных сетей для обработки естественных языков: сети динамической памяти. Распознавание графических образов с использованием сверточных нейронных сетей глубокого обучения. Принципы построения сетей глубокого обучения для локализации объекта на графическом изображении. Семантическая попиксельная сегментация с использованием сетей глубокого обучения. Распознавание последовательностей событий с использованием сетей глубокого обучения.

### УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов				Количество часов УСП	Формы контроля знаний
		лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	иное		
1	2	3	4	5	6	7	9
1	Введение (2 ч.)	2					Устный опрос
2	Методы машинного обучения (6 ч.)	6					Устный опрос
3	Основы нейронных сетей (4 ч.)	4					Устный опрос
4	Нейронные сети глубокого обучения (4 ч.)	4					Устный опрос
5	Применение сетей глубокого обучения для решения практических задач (40 ч.)	4					Устный опрос
	5.1 Лабораторная работа “Обработка изображений на основе сетей глубокого обучения”			12			Отчет по лабораторной работе
	5.2 Лабораторная работа “Распознавание изображений на основе сетей глубокого обучения”			12			Отчет по лабораторной работе
	5.3 Лабораторная работа “Поиск изображений на основе сетей глубокого обучения”			12			Отчет по лабораторной работе



## ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### Список рекомендуемой литературы

#### Основная

1. Гудфеллоу Я., Бенджио И., Курвилль А. Глубокое обучение =Deep Learning. — М.: ДМК Пресс, 2017. — 652 с. — ISBN 978-5-97060-554-7.
2. Hastie T., Tibshirani R., Friedman J. The Elements of Statistical Learning. Springer, 2014. — 739 p.
3. Bishop C. M. Pattern Recognition and Machine Learning. — Springer, 2006. — 738 p.
4. Мерков А. Б. Распознавание образов. Введение в методы статистического обучения. 2011. 256 с.

#### Дополнительная:

1. Мерков А. Б. Распознавание образов. Построение и обучение вероятностных моделей. 2014. 238 с.
2. Коэльо Л.П., Ричарт В. Построение систем машинного обучения на языке Python. 2016. 302 с.

### ДИАГНОСТИКА КОМПЕТЕНЦИЙ СТУДЕНТА

Учебным планом специальности в качестве формы текущей аттестации по учебной дисциплине «Методы машинного и глубокого обучения» предусмотрен экзамен.

Для промежуточного контроля по учебной дисциплине и диагностики компетенций студентов используются следующие формы:

- устный опрос;
- рецензирование программного кода;
- отчеты по лабораторным работам с их устной защитой.

### МЕТОДИКА ФОРМИРОВАНИЯ ИТОГОВОЙ ОЦЕНКИ

Итоговая оценка по дисциплине формируется на основе экзаменационной оценки и оценки текущего контроля. Весовой коэффициент экзаменационной оценки - 0,6; весовой коэффициент текущей успеваемости - 0,4. Оценка текущего контроля формируется на основании оценок отчетов по лабораторному практикуму.

Итоговая оценка формируется в соответствии со следующими документами:

1. «Об утверждении правил проведения аттестации студентов, курсантов, слушателей при освоении содержания образовательных программ высшего образования». Постановление Министерства образования Республики Беларусь от 29 мая 2012 г. № 53.
2. «Положение о рейтинговой системе оценки знаний по дисциплине в Белорусском государственном университете». Приказ ректора БГУ от 18.08.2015 № 382-ОД.
3. «Критерии оценки знаний и компетенций студентов по десятибалльной шкале». Письмо Министерства образования Республики Беларусь № 09-10/53-ПО от 28.05.2013.

**ПРОТОКОЛ  
СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ ПО ИЗУЧАЕМОЙ  
УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ С ДРУГИМИ ДИСЦИПЛИНАМИ  
СПЕЦИАЛЬНОСТИ**

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы по изучаемой учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)*
Промышленное программирование	Радиофизики и цифровых медиа технологий	Предложений об изменениях в содержании учебной программы нет	Изменения не требуются, протокол № 14 от 19.06.2018

**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  
радиофизики и цифровых медиа технологий  
(протокол № \_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.)

Заведующий кафедрой радиофизики и  
цифровых медиа технологий  
к.ф.-м.н., доцент

И.Э.Хейдоров

УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета радиофизики и  
компьютерных технологий  
к.ф.-м.н., доцент

С.В.Малый