

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе и
образовательным инновациям

(подпись) О.И.Чуприс
(И.О.Фамилия)

29.10.2018
(дата утверждения)

Регистрационный № УД- 5488/уч.

Машинное обучение

Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальностей:

1-31 81 08 Компьютерная математика и системный анализ

2018 г.

Учебная программа составлена на основе образовательного стандарта ОСВО 1-31 81 08-2013 и учебных планов УВО: № G31-250/уч., 26.05.2017; № G31з-266/уч., 26.05.2017.

СОСТАВИТЕЛИ:

Л.Л. Голубева, доцент кафедры дифференциальных уравнений и системного анализа Белорусского государственного университета, кандидат физико-математических наук.

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой дифференциальных уравнений и системного анализа Белорусского государственного университета
(протокол № 9 от 24.05.2018);

Учебно-методической комиссией механико-математического факультета Белорусского государственного университета
(протокол № 8 от 19.06.2018).



Зав. кафедрой В.В.Р.

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Целью дисциплины «Машинное обучение» является подготовка специалистов, способных использовать фундаментальные математические знания в качестве основы при выполнении прикладных исследований в области обработки данных и искусственного интеллекта.

Преподавание дисциплины **решает следующие задачи:**

- формирование у магистрантов способностей самостоятельно разработки алгоритмов решения задач и их анализа;
- развитие навыков применения теоретических знаний при решении прикладных задач;
- использование математических и компьютерных методов исследований при анализе современных естественнонаучных, экономических, социально-политических процессов;
- приобретение способностей самостоятельного расширения компьютерных математических знаний и их использованием при анализе математических моделей широкого круга прикладных задач.

В результате изучения учебной дисциплины студент магистратуры должен:

знать:

- типологию задач обучения по прецедентам;
- базовые понятия теории машинного обучения;
- подходы и методы к задачам машинного обучения;
- принципы устройства и работы нейронных сетей;
- основные методы обучения нейронных сетей;

уметь:

- использовать современные методы компьютерного моделирования для исследования информационных систем;
- проектировать, обучать и использовать нейронные сети для решения практических задач;
- использовать различные алгоритмы машинного обучения для решения практических задач;
- делать оценки и сравнивать качество обучения и функционирования различных моделей, построенных на базе искусственных нейронных сетей и других алгоритмов;
- самостоятельно расширять компьютерные математические знания с дальнейшим их использованием при построении и анализе математических и компьютерных моделей широкого круга теоретических и прикладных задач;

владеть:

- методами построения и обучения искусственных нейронных сетей;
- методами построения других алгоритмов машинного обучения;

- методами исследований и решения проблем извлечения, анализа и обработки данных с использованием математических компьютерных приложений;
- языками программирования и пакетами для машинного обучения.

В результате изучения дисциплины «Машинное обучение» студент должен обладать следующими профессиональными компетенциями:

АК-1. Уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач.

АК-2. Владеть системным и сравнительным анализом.

АК-3. Владеть исследовательскими навыками.

АК-5. Быть способным вырабатывать новые идеи (креативность).

АК-6. Владеть междисциплинарным подходом при решении проблем.

СЛК-3. Обладать способностью к межличностным коммуникациям.

СЛК-4. Пользоваться одним из государственных языков Республики Беларусь и иным иностранным языком как средством делового общения.

СЛК-6. Уметь работать в команде.

СЛК-7. Адаптироваться к новым ситуациям социально-профессиональной деятельности, реализовывать накопленный опыт, свои возможности.

ПК-1. Использовать фундаментальные математические знания в качестве основы при проведении прикладных исследований.

ПК-2. Понять поставленную задачу, оценить ее корректность.

ПК-4. Самостоятельно разрабатывать алгоритмы решения и их анализировать.

ПК-5. Получать результат на основе анализа, его корректно формулировать, видеть следствия сформулированного результата.

ПК-6. Передавать результат проведенных исследований в виде конкретных рекомендаций, выраженных в терминах предметной области.

ПК-7. Публично представлять собственные и известные научные результаты.

ПК-9. Пользоваться глобальными информационными ресурсами.

ПК-10. Распространять знания из области математики, информатики, их приложений среди различных слоев населения.

ПК-11. Разрабатывать и реализовывать процессы жизненного цикла информационных систем, программного обеспечения, сервисов систем информационных технологий.

ПК-12. Развивать и использовать инструментальные средства, информационные среды, автоматизированные системы.

ПК-13. Разрабатывать и анализировать алгоритмы, протоколы, вычислительные модели и модели данных для реализации функций и сервисов систем информационных технологий.

ПК-14. Использовать математические и компьютерные методы исследований при анализе современных естественнонаучных, экономических, социально-политических процессов.

ПК-15. Осваивать и реализовывать управленческие инновации в сфере высоких технологий.

ПК-17. Осваивать и реализовывать управленческие инновации в сфере высоких технологий.

ПК-21. Оптимизировать управленческие решения.

Дисциплина «Машинное обучение» посвящена изучению класса методов искусственного интеллекта, способных обучаться. Для построения таких методов используются средства математической статистики, теории вероятностей, теории графов, численных методов, методов оптимизации, различные техники работы с данными в цифровой форме, связанные с извлечением и интеллектуальным анализом данных. Поэтому преподавание данной дисциплины связано с перечисленными дисциплинами, а также с дисциплиной «Интеллектуальный анализ данных».

Дисциплина «Машинное обучение» является дисциплиной по выбору цикла дисциплин специальной подготовки и преподается в третьем семестре.

Форма получения высшего образования очная (дневная) и заочная.

Общее количество часов и количество аудиторных часов, отводимое на изучение учебной дисциплины в соответствии с учебным планом учреждения высшего образования по специальности, составляет соответственно 180 и 68 часов в третьем семестре для дневной формы, из которых 24 часа лекций, 22 часа лабораторных занятий и 22 часа семинарских занятий. На заочной форме обучения общее количество часов и количество аудиторных часов составляет соответственно 180 и 20 аудиторных часов в третьем семестре, из которых 8 часов лекций, 6 часов лабораторных занятий и 6 часов семинарских занятий.

Трудоемкость учебной дисциплины составляет 5 зачетных единиц.

Формой текущей аттестации по учебной дисциплине является зачет и экзамен.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Тема 1. Задачи обучения по прецедентам

Машинное обучение. Определения, основные понятия.

Задачи обучения по прецедентам. Типология задач. Объект, признаковое описание объекта. Множество объектов, обучающее множество. Множество допустимых ответов. Модель алгоритмов восстанавливаемой зависимости. Метод обучения. Функция ошибок. Функционал качества. Метод минимизации эмпирического риска. Обобщающая способность ИНС. Проблема переобучения.

Тема 2. Подходы и методы к задачам машинного обучения

Подходы и методы к задачам машинного обучения (метод ближайших соседей, алгоритм k-средних, решающее дерево, др.). Ансамбли методов.

Тема 3. Аппроксимация функций

Задачи приближения функций. Архитектура, синтез, обучаемость и задачи сети *fitnet*. Обратное распространение ошибки *back-propagation*.

Инструментарий: Методы, подходы и инструментальные средства для задач аппроксимации функций.

Обзор: сети прямой передачи сигнала *feedforwardnet*, каскадные сети прямой передачи сигнала *cascadeforwardnet*, динамические сети прямой передачи сигнала *timedelaynet*.

Тема 4. Распознавание образов

Задачи распознавания образов. Архитектура, синтез, обучаемость и задачи сети *patternnet*.

Инструментарий: Методы, подходы и инструментальные средства для задач распознавания образов.

Тема 5. Кластерный анализ

Задачи кластеризации. Типы кластерных структур. Меры сходства в задачах кластеризации. Сеть Кохонена *competlayer*, архитектура и обучение. Самоорганизующаяся карта Кохонена *selforgmap*, архитектура и правила обучения.

Инструментарий: Методы, подходы и инструментальные средства для задач кластеризации.

Обзор: Сети векторного квантования *lvqnet*.

Тема 6. Машина опорных векторов

SVM: Машина опорных векторов (SVM). Задачи. Алгоритм. Обучение.

Инструментарий: Методы, подходы и инструментальные средства для машин опорных векторов.

Тема 7. Сверточные нейронные сети

Свертка. Свертка функций. Свертка изображений. Сверточные вычисления.

Сверточные нейронные сети. Архитектура, синтез, обучаемость и задачи сети *СНС*. Сверточный слой. Пулинг. Полносвязный слой. Обратное распространение ошибки *back-propagation*.

Инструментарий: Методы, подходы и инструментальные средства для задач *СНС*.

Тема 8. Рекуррентные нейронные сети

РНС: Архитектура, разновидности, обучаемость и задачи рекуррентных сетей.

Инструментарий: Методы, подходы и инструментальные средства для задач *РНС*.

Тема 9. Генеративно-сопоставительные сети

GAN: Архитектура, разновидности, обучаемость и задачи генеративно-сопоставительных сетей.

Инструментарий: Методы, подходы и инструментальные средства для задач *ГСС*.

Тема 10. Практические задачи

Хранилища данных. Типичные задачи машинного обучения. Эксперименты на реальных данных и на модельных данных.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

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
1.	Машинное обучение	24		22	22			
1.1	Задачи обучения по прецедентам	2						Собеседование
1.2	Подходы и методы к задачам машинного обучения	2		4	4			Отчет по лабораторной работе с устной защитой, собеседование, доклад на семинарском занятии
1.3	Аппроксимация функций	2		2	2			Отчет по лабораторной работе с устной защитой, собеседование, доклад на семинарском занятии
1.4	Распознавание образов	2		2	2			Отчет по лабораторной работе с устной защитой, собеседование, доклад на семинарском занятии
1.5	Кластерный анализ	2		2	2			Отчет по лабораторной работе с устной защитой,

								собеседование, доклад на семинарском занятии
1.6	Машина опорных векторов	2		2	2			Отчет по лабораторной работе с устной защитой, собеседование, доклад на семинарском занятии
1.7	Сверточные нейронные сети	4		2	2			Отчет по лабораторной работе с устной защитой, собеседование, доклад на семинарском занятии
1.8	Рекуррентные нейронные сети	4		2	2			Отчет по лабораторной работе с устной защитой, собеседование, доклад на семинарском занятии.
1.9	Генеративно-состязательные сети	2		2	2			Отчет по лабораторной работе с устной защитой, собеседование, доклад на семинарском занятии
1.10	Практические задачи	2		4	4			Отчет по лабораторной работе с устной защитой, собеседование, доклад на семинарских занятиях.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ ДЛЯ ЗАОЧНОЙ ФОРМЫ

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
1.	Машинное обучение	8		6	6			
1.1	Задачи обучения по прецедентам	1						Собеседование
1.2	Подходы и методы к задачам машинного обучения			1				Доклад на семинарском занятии
1.3	Аппроксимация функций	1			1			Отчет по лабораторной работе с устной защитой, собеседование
1.4	Распознавание образов	1			1			Отчет по лабораторной работе с устной защитой, собеседование
1.5	Кластерный анализ	1						Собеседование
1.6	Машина опорных векторов	1						Собеседование
1.7	Сверточные нейронные сети	1			2			Отчет по лабораторной работе с устной защитой, собеседование
1.8	Рекуррентные нейронные сети			2				Доклад на семинарском занятии

1.9	Генеративно-состязательные сети			2				Доклад на семинарском занятии
1.10	Практические задачи			1	2			Отчет по лабораторной работе с устной защитой, доклад на семинарском занятии

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Литература

Основная:

1. Хайкин, С. Нейронные сети: Полный курс, 2-е издание. М.: «Вильямс», 2006. 1104 с.
2. Haykin, S. Neural Networks and Learning Machines Third Edition. Copyright © 2009 by Pearson Education, Inc., Upper Saddle River, New Jersey 07458, 2009. 938 p.
3. Daumé, H. A course in Machine Learning. http://ciml.info/dl/v0_9/ciml-v0_9-all.pdf
4. Воронцов, К.В. Машинное обучение. Курс лекций. <http://www.machinelearning.ru>
5. Флах, П. Машинное обучение. Наука и искусство построения алгоритмов, которые извлекают знания из данных. М.: ДМК Пресс, 2015. 400 с.
6. Гудфеллоу, Я. Глубокое обучение / Я. Гудфеллоу, И. Бенджио, А. Курвилль. М.: ДМК Пресс, 2017. 652 с.

Дополнительная:

1. Beale, M.D. Neural Network Toolbox™. Getting Started Guide / M.D. Beale, M.T. Hagan, H.D. Demuth. © COPYRIGHT 1992–2017 by The MathWorks, Inc., 2017. 134 p.
2. Beale, M.D. Neural Network Toolbox™. User's Guide / M.D. Beale, M.T. Hagan, H.D. Demuth. © COPYRIGHT 1992–2017 by The MathWorks, Inc., 2017. 512 p.
3. Николенко, С. Глубокое обучение. Погружение в мир нейронных сетей / С.И. Николенко, А.А. Кадури, Е.О. Архангельская. Издательский дом «Питер», 2017. 480 с.
4. Мюллер, А. Введение в машинное обучение с помощью Python. Руководство для специалистов по работе с данными / А. Мюллер, С. Гвидо. М.: «Вильямс», 2017. 480 с.

Перечень используемых средств диагностики результатов учебной деятельности

Контроль работы магистранта проходит в форме собеседования, отчетов по лабораторным работам с их устной защитой, докладов на семинарских занятиях. Задания к лабораторным работам и темы докладов на семинарских занятиях составляются согласно содержанию учебного материала.

Примерные темы лабораторного практикума

1. Первичный анализ данных, визуализация данных
2. Задача классификации
3. Задача регрессии, работа с текстами
4. Кластеризация, понижение размерности
5. Рекомендательные системы
6. Временные ряды
7. Введение в нейронные сети
8. Сверточные нейронные сети
9. Рекуррентные нейронные сети
10. Файнтюнинг нейронных сетей

Примерные темы докладов на семинарских занятиях

1. Метод ближайших соседей.
2. Метод k-средних.
3. Решающее дерево.
4. Решающий лес.
5. Ансамбли деревьев решений: бэггинг и бустинг над деревьями решений.
6. Ансамбли методов машинного обучения.
7. Сверточные нейронные сети и их модификации.
8. Рекуррентные нейронные сети и их модификации.
9. Генеративно-состязательные сети.

Методика формирования итоговой оценки

Итоговая оценка формируется на основе:

1. Правил проведения аттестации студентов (Постановление Министерства образования Республики Беларусь № 53 от 29.05.2012 г.);
2. Положения о рейтинговой системе оценки знаний по дисциплине в БГУ (Приказ ректора БГУ от 18.08.2015 №382-ОД);

3. Критериев оценки знаний студентов (письмо Министерства образования от 22.12.2003 г.).

На основе Положения о рейтинговой системе оценки знаний по дисциплине в БГУ по дисциплинам, закрепленным за кафедрой ДУиСА, установлены следующие весовые коэффициенты, определяющие вклад текущего и итогового контроля в рейтинговую оценку знаний студентов: весовой коэффициент текущей успеваемости – 0.4, весовой коэффициент экзаменационной оценки – 0.6 (Протокол №6 от 16.02.2017 г. заседания кафедры ДУиСА БГУ).

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
Интеллектуальный анализ данных	Кафедра дифференциальных уравнений и системного анализа	нет	Вносить изменения не требуется (№ 9 от 24.05.2018)

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

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ УВО

на ____ / ____ учебный год

№ п/п	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры
 _____ (протокол № ____ от _____ 201_ г.)
 (название кафедры)

Заведующий кафедрой

_____ (ученая степень, ученое звание)

_____ (подпись)

_____ (И.О.Фамилия)

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета

_____ (ученая степень, ученое звание)

_____ (подпись)

_____ (И.О.Фамилия)