

**БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**



**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по учебной работе  
и образовательным инновациям

О.И.Чуприс

2019 г.

Регистрационный № УД-6821/уч.

**Алгоритмы машинного обучения**

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

**1-31 80 05 Физика**

2019 г.

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

Учебная программа составлена на основе Образовательного стандарта ОСВО 1-31 80 05-2019, учебного плана №G31-062/уч. от 11.04.2019 г.

**СОСТАВИТЕЛЬ:**

**Э.А.Чернявская** — профессор кафедры ядерной физики Белорусского государственного университета, доктор физико-математических наук, доцент

**РЕЦЕНЗЕНТ:**

**А.С. Лобко** - зам. директора Институт ядерных проблем Белорусского государственного университета, доктор физико-математических наук, профессор

**РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:**

Кафедрой ядерной физики  
физического факультета Белорусского государственного университета  
(протокол № 15 от 27.06.2019 г.);

Научно-методическим Советом БГУ  
(протокол № 5 от 28.06.2019 г.)

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
подпись

\_\_\_\_\_ А.И. Тимощенко \_\_\_\_\_  
Ф.И.О.

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

### Цели и задачи учебной дисциплины

**Цель** учебной дисциплины – Освоение студентами специфики методов машинного обучения при обработке данных физическом эксперименте, основных понятий и принципов нейросетевых технологий, освоение навыков компьютерной обработки в среде Matlab, включая пакеты расширения, которые могут быть применены при обслуживании и расчете в радиационных технологиях.

### Задачи учебной дисциплины:

1. Дать представление о задачах машинного обучения, особенностях формирования и обучения различного класса нейронных сетей, в контексте общего подходов применительно к машинному обучению.
2. Самостоятельная работа направлена на выработку практических навыков в моделировании нейросетей и освоение функциональных возможностей различных видов сетевых архитектур.

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

Учебная дисциплина относится к компоненту учреждения высшего образования Модуль «Физические принципы и объекты наноэлектроники».

**Связи** с другими учебными дисциплинами, включая учебные дисциплины компонента учреждения высшего образования, дисциплины специализации и др. Учебная дисциплина «Алгоритмы машинного обучения» основана на знаниях и представлениях, заложенных в следующих дисциплинах: «Численные методы», «Программное и информационное обеспечение ядерных и радиационных технологий», «Статистические методы обработки информации».

### Требования к компетенциям

Освоение учебной дисциплины «**Алгоритмы машинного обучения**» должно обеспечить формирование следующих универсальных, углубленных профессиональных и специализированных компетенций.

*специализированные* компетенции:

СК-2: Быть способным определять необходимый тип нейронной сети, алгоритм ее обучения для решения конкретной задачи, тренировать сеть на базе априорно известной информации.

В результате освоения учебной дисциплины студент должен:

**знать:** основные современные методы предподготовки результатов эксперимента; алгоритмы машинного обучения для задач классификации, кластеризации, прогнозирования, основные принципы построения нейронных сетей, базовые схемы архитектуры нейронных сетей, детерминированные и стохастические методы, связанные с использованием учителя и без учителя формирования сети, основные алгоритмы обучения, этапы оценки параметров работоспособности сети; специфику обработки большого объема информации.

**уметь:** проанализировать и подбирать необходимый алгоритм машинного обучения для специфического класса задач, тип нейронной сети, алгоритм ее обучения для решения конкретной задачи, оценивать параметры обучения по оптимальным параметрам: время, затраченное на тестирование сети, оптимальный набор слоев и количество нейронов в слое, точность работы сети;

**владеть:** навыками компьютерной обработки в среде Matlab, включая пакеты расширения, современными технологиями построения гибридных информационных систем.

### **Структура учебной дисциплины**

Дисциплина изучается в 1 семестре. Всего на изучение учебной дисциплины «**Алгоритмы машинного обучения**» отведено:

– для очной формы получения высшего образования – 90 часов, в том числе 42 аудиторных часов, из них: лекции – 32 часов, семинарские занятия – 10 часов.

Трудоемкость учебной дисциплины составляет 3 зачетные единицы.

Форма текущей аттестации – зачет.

# СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

## Раздел 1.

### Алгоритмы машинного обучения. Методы предподготовки экспериментальных данных. Кластеризация

**Тема 1.1. Введение в дисциплину Алгоритмы машинного обучения.** Основные понятия: области, термины, задачи. Смежные области машинного обучения. Схема процесса машинного обучения. Анализ инструментария для решения задач машинного обучения. Основные задачи машинного обучения: обучение с учителем – классификация, прогнозирование, регрессия; обучение без учителя – кластеризация, поиск аномалий, уменьшение размерности; обучение с подкреплением. Сферы применения машинного обучения.

**Тема 1.2. Методы предподготовки экспериментальных данных**  
**Задача фильтрации выбросов** – обнаружение в обучающей выборке нетипичных объектов.

**Задача заполнения** пропущенных значений. Алгоритмы заполнения пропусков. Методы Барлетта и resampling. Метод восстановления пропущенного значения на основе Zet - алгоритма. Методы максимального правдоподобия. МП алгоритм. EM алгоритм. Нормализация экспериментальной выборки.

**Тема 1.3. Понижение размерности.** Метод главных компонент. Селекция признаков. Метод независимых компонент. Многомерное шкалирование. Факторный анализ. Методы визуализации. Модели, методы и алгоритмы реконструкции и сегментации томографических изображений.

**Тема 1.4. Метрические методы. Кластеризация.** Иерархические методы кластерного анализа. Дендрограмма. Меры сходства. Расстояния между объектами данных. Методы объединения. Метод ближнего соседа, метод k-ближайшего соседа. Метод наиболее удаленных соседей. Метод Варда. Метод невзвешенного попарного среднего. Метод взвешенного попарного среднего. Метод невзвешенного попарного центроидного усреднения. Неиерархические методы кластерного анализа, в том числе алгоритмы k-средних и k-медианы. Алгоритм PAM (partitioning around Medoids). Fuzzy C-Mean. Факторный анализ. Анализ и проверка качества кластеризации.

**Тема 1.5. Методы вейвлет анализ.** Его приложения в сочетании с нейронными сетями для предобработки нестационарных процессов.

## Раздел 2. Методы классификации

**Тема 2.1. Статистические. Разделяющие (Discriminative models):** Метод опорных векторов (SVM), преимущества и недостатки метода. Метод RVM, Kernel methods.

**Тема 2.2. Метрические (Similarity-based models):** (kNN, RBF, Parzen window) **Алгоритм (STOLP)** — алгоритм отбора эталонных объектов для метрического классификатора. Робастная непараметрическая регрессия. Алгоритм LOWESS. Жадный алгоритм построения метрики.

**Тема 2.3. Логические методы классификации.**

**Композиционные (Compositions):** (Boosting, Bagging, RSM, Mixture of experts) Бустинг. Градиентный бустинг. Частные случаи градиентного бустинга. Бустинг над решающими деревьями. М-бустинг. Случайный лес. Метрики качества классификации.

**Тема 2.4. Байесовская классификация.** Наивный байесовский классификатор. EM-алгоритм. Сеть радиальных базисных функций (RBF) и применение EM-алгоритма для её настройки. Сравнение RBF-сети и SVM с гауссовским ядром.

**Тема 2.5. Многомерная линейная регрессия.** Задачи и методы низкоранговых матричных разложений. Нелинейная регрессия. Робастная регрессия.

## Раздел 3.

### Нейронные сети и алгоритмы их обучения.

**Тема 3.1. Процесс обучения нейронных сетей.** Теоретические основы. Обучение на основе коррекции ошибок. Понятие нейронной сети. Синапсы. Функция активации. Нейронные сети с прямым распространением сигнала. Тренировочный сет. Эпоха. Обучение Хебба. Обучение Больцмана. Обучение с учителем и без учителя.

**Тема 3.2. Быстрые методы стохастического градиента:** Поляка, Нестерова, AdaGrad, RMSProp, AdaDelta, Adam, Nadam, диагональный метод Левенберга-Марквардта. Проблема взрыва градиента и эвристика gradient clipping. Седловые точки. Метод случайных отключений нейронов (Dropout). Интерпретации Dropout. Обратный Dropout и L2-регуляризация. Функции активации ReLU и PReLU. Проблема «паралича» сети. Эвристики для формирования начального приближения. Метод послойной настройки сети.

**Тема 3.3. Генетически алгоритмы и обучение нейросетей.** Введение в генетические алгоритмы. Применение генетических алгоритмов в сочетании с нейросетями. Использование генетических алгоритмов в развитии архитектуры нейросети и в процессе обучения нейросети.

**Тема 3.4. Нейронная сеть Кохонера .** Конкурентное обучение, стратегии WTA и WTM. Самоорганизующаяся карта Кохонена. Применение для визуального анализа данных. Искусство интерпретации карт Кохонена.

**Тема 3.5. Сети Хопфилда и Хемминга, Элмана.** Сети Хопфилда и Хемминга в задачах распознавания образов.

**Тема 3.6. Глубокое обучение. Сверточные нейронные сети (Convolutional NN).** Концепция глубокого обучения. Сверточные нейронные сети (Convolutional NN). Выборка размеченных изображений ImageNet. Идея обобщения CNN на любые структурированные данные. Архитектуры сверточные нейронные сети для анализа изображений. (AlexNet, ZF Net, VGG Net, Inception. ResNet и др). Соревнующиеся нейронные сети.

**Тема 3.7. Особенности анализа больших данных.** Понятие больших данных. Методы, применяющиеся для обработки в BigData.

**Тема 3.8. Алгоритмы прогнозирования временных рядов.** Методы скользящего окна и его модификация. Рекуррентные нейронные сети, сети LSTM. . Рекуррентные нейронные сети (RNN). Обучение рекуррентных сетей: Backpropagation Through Time (BPTT). Сети долгой кратковременной памяти (Long short-term memory, LSTM).

**Тема 3.9. Реализации нейронных сетей. Наиболее известные архитектуры нейронных сетей, их свойства и построение моделей в Matlab (Python).**



## 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
1	<b>Алгоритмы машинного обучения. Методы предподготовки экспериментальных данных. Кластеризация</b>	<b>12</b>						
1.1	<b>Тема 1.1. Введение в дисциплину Алгоритмы машинного обучения.</b> Основные понятия: области, термины, задачи. Смежные области машинного обучения. Схема процесса машинного обучения. Анализ инструментария для решения задач машинного обучения. Основные задачи машинного обучения: обучение с учителем – классификация, прогнозирование, регрессия; обучение без учителя – кластеризация, поиск аномалий, уменьшение размерности; обучение с	2						Устный опрос

	подкреплением. Сферы применения машинного обучения.							
1.2	<b>Тема 1.2. Методы подготовки экспериментальных данных</b> <b>Задача фильтрации</b> выбросов – обнаружение в обучающей выборке нетипичных объектов. <b>Задача заполнения</b> пропущенных значений. Алгоритмы заполнения пропусков. Методы Барлетта и gesampling. Метод восстановления пропущенного значения на основе Zet - алгоритма. Методы максимального правдоподобия. МП алгоритм. EM алгоритм. Нормализация экспериментальной выборки.	2						Устный опрос. Групповое задание.
1.3	<b>Тема 1.3. Понижение размерности.</b> Метод главных компонент. Селекция признаков. Метод независимых компонент. Многомерное шкалирование. Факторный анализ. Методы визуализации. Модели, методы и алгоритмы реконструкции и сегментации томографических изображений.	2						Устный опрос
1.4	<b>Тема 1.4. Метрические методы. Кластеризация.</b> Иерархические методы кластерного анализа. Дендрограмма. Меры сходства. Расстояния между объектами данных. Методы объединения.	4						Устный опрос

	Метод ближнего соседа, метод k-ближайшего соседа. Метод наиболее удаленных соседей. Метод Варда. Метод невзвешенного попарного среднего. Метод взвешенного попарного среднего. Метод невзвешенного попарного центроидного усреднения. Неиерархические методы кластерного анализа, в том числе алгоритмы k-средних и k-медианы. Алгоритм РАМ (partitioning around Medoids): Fuzzy C-Mean. Факторный анализ. Анализ и проверка качества кластеризации.						
1.5	<b>Тема 1.5. Методы вейвлет анализ.</b> Его приложения в сочетании с нейронными сетями для предобработки нестационарных процессов.	2					Устный опрос
2	<b>Методы классификации</b>	<b>10</b>					
2.1	<b>Тема 2.1. Статистические.</b> Разделяющие (Discriminative models): Метод опорных векторов (SVM), преимущества и недостатки метода. Метод RVM, Kernel methods.	2					Устный опрос
2.2	<b>Тема 2.2. Метрические</b> (Similarity-based models): (kNN, RBF, Parzen window) <b>Алгоритм (STOLP)</b> — алгоритм отбора эталонных объектов для метрического классификатора.	2					Устный опрос

	Робастная непараметрическая регрессия. Алгоритм LOWESS. Жадный алгоритм построения метрики.							
2.3	<b>Тема 2.3. Логические методы классификации.</b> <b>Композиционные</b> (Compositions): (Boosting, Bagging, RSM, Mixture of experts) Бустинг. Градиентный бустинг. Частные случаи градиентного бустинга. Бустинг над решающими деревьями. М-бустинг. Случайный лес. Метрики качества классификации.	2						Устный опрос
2.4	<b>Тема 2.4. Байесовская классификация.</b> Наивный байесовский классификатор. EM-алгоритм. Сеть радиальных базисных функций (RBF) и применение EM-алгоритма для её настройки. Сравнение RBF-сети и SVM с гауссовским ядром.	2						Устный опрос
2.5	<b>Тема 2.5. Многомерная линейная регрессия.</b> Задачи и методы низкоранговых матричных разложений. Нелинейная регрессия. Робастная регрессия.	2						Устный опрос
3	<b>Нейронные сети и алгоритмы их обучения.</b>	<b>10</b>						
3.1	<b>Тема 3.1. Процесс обучения нейронных сетей.</b> Теоретические основы. Обучение на основе коррекции ошибок. Понятие	2						Устный опрос

	нейронной сети. Синапсы. Функция активации. Нейронные сети с прямым распространением сигнала. Тренировочный сет. Эпоха. Обучение Хебба. Обучение Больцмана. Обучение с учителем и без учителя.							
3.2	<b>Тема 3.2. Быстрые методы стохастического градиента:</b> Поляка, Нестерова, AdaGrad, RMSProp, AdaDelta, Adam, Nadam, диагональный метод Левенберга-Марквардта. Проблема взрыва градиента и эвристика gradient clipping. Седловые точки. Метод случайных отключений нейронов (Dropout). Интерпретации Dropout. Обратный Dropout и L2-регуляризация. Функции активации ReLU и PReLU. Проблема <u>«паралича»</u> сети. Эвристики для формирования начального приближения. Метод послойной настройки сети.	2						Устный опрос
3.3	<b>Тема 3.3. Генетически алгоритмы и обучение нейросетей.</b> Введение в генетические алгоритмы. Применение генетических алгоритмов в сочетании с нейросетями. Использование генетических алгоритмов в развитии архитектуры нейросети и в процессе обучения нейросети.			2				Реферат

3.4	<b>Тема 3.4. Нейронная сеть Кохонера</b> . Конкурентное обучение, стратегии WTA и WTM. Самоорганизующаяся карта Кохонена. Применение для визуального анализа данных. Искусство интерпретации карт Кохонена.	2						Устный опрос
3.5	<b>Тема 3.5. Сети Хопфилда и Хемминга, Элмана.</b> Сети Хопфилда и Хемминга в задачах распознавания образов.	2						Устный опрос
3.6	<b>Тема 3.6. Глубокое обучение. Сверточные нейронные сети (Convolutional NN).</b> Концепция глубокого обучения. Сверточные нейронные сети (Convolutional NN). Выборка размеченных изображений ImageNet. Идея обобщения CNN на любые структурированные данные. Архитектуры сверточные нейронные сети для анализа изображений. (AlexNet, ZF Net, VGG Net, Inception. ResNet и др). Соревнующиеся нейронные сети.	2						Устный опрос. Групповое задание.
3.7	<b>Тема 3.7. Особенности анализа больших данных.</b> Понятие больших данных. Методы, применяющиеся			2				Реферат

	для обработки в BigData.							
3.8	<b>Тема 3.8. Алгоритмы прогнозирования временных рядов.</b> Методы скользящего окна и его модификация. Рекуррентные нейронные сети, сети LSTM. . Рекуррентные нейронные сети (RNN). Обучение рекуррентных сетей: Backpropagation Through Time (BPTT). Сети долгой кратковременной памяти (Long short-term memory, LSTM).			2				Реферат
3.9	<b>Тема 3.9. Реализации нейронных сетей. Наиболее известные архитектуры нейронных сетей, их свойства и построение моделей в Matlab (Python).</b>			4				Реферат
	<b>ИТОГО</b>	<b>32</b>		<b>10</b>				

## ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### Перечень основной литературы

1. Jure Leskovec, A. Rajaraman, J. David Ullman Mining of massive datasets. / Stanford University, California, 2014. – 476. ISBN: 9781107077232
2. Флах П. Машинное обучение. — М.: ДМК Пресс, 2015. — 400 с. — [ISBN 978-5-97060-273-7](#)
3. [www.MachineLearning.ru](http://www.MachineLearning.ru) — ресурс, посвященный машинному обучению и интеллектуальному анализу данных
4. Х. Бринк и др. Машинное обучение. Real-World Machine Learning. – Питер. 2017. – 336.
5. Мохамед Али, Арно Мейсман, Дэ Основы Data Science и Big Data. Python и наука о данных – Питер. 2019. – 336.
6. С.Хайкин Нейронные сети. 2 – е изд. М: ООО И.Д.Вильямс 2006. – с.1104
7. François Chollet. Deep Learning with Python , 2017. – 384 p.
8. <https://sphere.mail.ru/curriculum/program/discipline/120/>
9. Нейронные сети в машинном обучении. - <http://neuralnetworksanddeeplearning.com/>
10. <https://matlab.ru/training/MLML>
11. Amazon Machine Learning. [Электронный ресурс] . - <https://aws.amazon.com/ru/machine-learning/>
12. <http://www.deeplearningbook.org/>
13. <https://www.mathworks.com/>
14. <https://www.mathworks.com/campaigns/offers/machine-learning-with-matlab.html>
15. [https://www.mathworks.com/solutions/deep-learning.html?s\\_tid=hp\\_solutions\\_deep](https://www.mathworks.com/solutions/deep-learning.html?s_tid=hp_solutions_deep)
16. Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. Deep Learning. – MIT Press. – 2016. – [http://www.deeplearningbook.org]. 14.05.2018
17. [Vladimir Iglovikov](#), [Sergey Mushinskiy](#), [Vladimir Osin](#) Satellite Imagery Feature Detection using Deep Convolutional Neural Network: A Kaggle Competition. – Режим доступа: <https://arxiv.org/abs/1706.06169> - Дата доступа 05.05.19
18. Добеши, И. Десять лекций по вейвлетам / И. Добеши. – Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2001. – 464 с.
19. [Электронный ресурс]: Документация по библиотеке Keras. URL: <https://keras.io/layers/core/>, (режим доступа – свободный, дата обращения: 04.05.2019).
20. Джулли А., Пал С. Библиотека Keras - инструмент глубокого обучения. Реализация нейронных сетей с помощью библиотек Theano и TensorFlow = Deep learning with Keras. — ДМК Пресс, 2017. — 294 с. — [ISBN 978-5-97060-573-8](#).



## Перечень дополнительной литературы

1. Николенко С. И., Кадурын А. А., Архангельская Е. О. Глубокое обучение – Питер. 2019. – 480.
2. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ <http://ej.kubagro.ru/2013/07/pdf/78.pdf>
3. Обзор свёрточных нейронных сетей для задачи классификации изображений. <https://cyberleninka.ru/article/n/obzor-svyortochnyh-neyronnyh-setey-dlya-zadachi-klassifikatsii-izobrazheniy>
4. <https://habr.com/company/ods/blog/327250/>
5. <https://proglib.io/p/neural-nets-guide/>
6. www.informika.ru Журнал «Информационные технологии»
7. www.inns.org International Neural Network Society
8. www.neuroset.ru Информационный портал о нейронных сетях
9. www.tora-centre.ru Обзоры аналитического программного обеспечения литература по новым информационным технологиям обработки информации
10. Рахим Давлеткалиев. Hello, TensorFlow. Библиотека машинного обучения от Google [Электронный документ]: (<https://habrahabr.ru/post/305578/>).
11. Jason Brownlee. Introduction to the Python Deep Learning Library TensorFlow: [Электронный документ] (<http://machinelearningmastery.com/introductionpython-deep-learning-library-tensorflow>).
12. <http://www.mathnet.ru/conf1243>
13. Савченко А.В. Метод максимально правдоподобных рассогласований в задаче распознавания изображений на основе глубоких нейронных сетей. *Компьютерная оптика*. 2017;41(3):422-430. <https://doi.org/10.18287/2412-6179-2017-41-3-422-430>
14. С.Хайкин Нейронные сети. 2 – е изд. М: ООО И.Д.Вильямс 2006. – Глава 10 с.675-686.
15. [https://www.intuit.ru/studies/professional\\_skill\\_improvements/1210/courses/6/lecture/158](https://www.intuit.ru/studies/professional_skill_improvements/1210/courses/6/lecture/158)
16. Quantification of whispering gallery mode spectrum variability in application to sensing nanobiophotonics  
[A. Saetchnikov](#) ; [V. Skakun](#) ; [V. Saetchnikov](#) ; [E. Tcherniavskaia](#) ; [Andreas Ostendorf](#)  
Journal of Nanophotonics 11 (4), 2017, 11 p.
17. Ярушкина Н.Г., Афанасьева Т.В., Перфильева И.Г. Интеллектуальный анализ временных рядов: учебное пособие / Н.Г.Ярушкина, Т.В. Афанасьева., И.Г.Перфильева/ - М.: ИД «ФОРУМ»: ИНФРА-М, 2012.-160 с.

## **Перечень рекомендуемых средств диагностики и методика формирования итоговой оценки**

Формой текущей аттестации по дисциплине «Алгоритмы машинного обучения» учебным планом предусмотрен зачет

При формировании итоговой оценки используется рейтинговая оценка знаний студента, дающая возможность проследить и оценить динамику процесса достижения целей обучения.

Для текущего контроля качества усвоения знаний по дисциплине рекомендуется защита реферативных работ, устные опросы и групповые задания (технологии проблемного обучения: методики работы в группах).

Защита реферативных работ проводится в форме индивидуальных выступлений-презентаций с последующей дискуссией. Оценка рефератов проводится по десятибалльной шкале.

При оценке текущего контроля учитывается: посещение занятий и ответы

- участие в семинаре
- уровень подготовки и презентация материала по теме реферата
- самостоятельная работа по теме реферата (выполнение проекта)
- выступление на студенческих конференциях
- работа над групповым заданием

Зачетная оценка и оценка текущей успеваемости служат для определения рейтинговой оценки по дисциплине, которая рассчитывается как средневзвешенная оценка текущей успеваемости и оценки, полученной на зачете. Рекомендуемые весовые коэффициенты для оценки текущей успеваемости — 0,5; для итогового контроля (зачетной оценки) — 0,5.

Оценка текущего контроля формируется

Оценка за активное участие в учебном процессе и посещение занятий	Количество баллов
Все занятия	Максимальный балл - 10
Не менее 75%	7
Не менее 50%	5
Не менее 25%	2
Участие в семинаре	10
Уровень подготовки и презентация материала по теме реферата	20
Самостоятельная работа по теме реферата (выполнение проекта)	60
Выступление на студенческих конференциях с докладом*	90
Выполнение группового задания	30

\*Выступление на конференциях по плану мероприятий факультета

Количество баллов	Оценка ( $T_T$ )	Количество баллов	Оценка ( $T_T$ )
0	0		
2	1	40,0	6
5	2	60,0	7
7	3	80,0	8
10	4	90,0	9
20,0	5	100,0	10

В случае пропуска семинарских занятий возможность представления реферата определяется кафедрой, обеспечивающей данный курс. В случае неявки на семинар по уважительной причине студент вправе по согласованию с преподавателем выполнить нагрузку в дополнительное время. Для студентов, получивших неудовлетворительные оценки за реферат, либо не явившихся по неуважительной причине, по согласованию с преподавателем и с разрешения заведующего кафедрой мероприятие может быть проведено повторно, до сессии.

Рейтинговая оценка  $T_p = T_T \cdot 0,5 + T_{II} \cdot 0,5$

где  $T_{II}$  – оценка итогового контроля

При условии, что  $T_p \geq 4$  ставится «зачтено»

ставится при условии  $T_p \geq 4$  для каждого курса после сдачи обоих курсов. В случае не сдачи одного из курсов ставится «не зачтено»

## Примерная тематика семинарских занятий.

Семинар № 1. **Тема 3.3. Генетически алгоритмы и обучение нейросетей.** Введение в генетические алгоритмы. Применение генетических алгоритмов в сочетании с нейросетями. Использование генетических алгоритмов в развитии архитектуры нейросети и в процессе обучения нейросети. (2 часа).

Семинар № 2. **Тема 3.7. Особенности анализа больших данных.** Понятие больших данных. Методы, применяющиеся для обработки в BigData. Библиотеки Keras и Theano. (2 часа).

Семинар № 3. **Тема 3.8. Алгоритмы прогнозирование временных рядов.** Методы скользящего окна и его модификация. Рекуррентные нейронные сети, сети LSTM. . Рекуррентные нейронные сети (RNN). Обучение рекуррентных сетей: Backpropagation Through Time (BPTT). Сети долгой кратковременной памяти (Long short-term memory, LSTM). (2 часа).

Семинар № 4. **Тема 3.9. Реализации нейронных сетей. Наиболее известные архитектуры нейронных сетей, их свойства и построение моделей в Matlab (Python) .**

Методика TensorFlow. Создание, обучение с использованием нейронных сетей для определения траекторий движения при управлении автономными мобильными объектами. (4 часа)

### Описание инновационных подходов и методов к преподаванию учебной дисциплины

В рамках данного курса предполагается использовать проектный подход к преподаванию учебной дисциплины, а также метод группового обучения.

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;

- приобретение навыков для решения исследовательских, творческих, социальных, предпринимательских и коммуникационных задач.

При организации образовательного процесса *используется метод группового обучения*, который представляет собой форму организации учебно-познавательной деятельности обучающихся, предполагающую функционирование разных типов малых групп, работающих как над общими, так и специфическими учебными заданиями.

## Методические рекомендации по организации самостоятельной работы обучающихся

Основными направлениями самостоятельной работы студента являются:

- подробное ознакомление с программой учебной дисциплины;
- ознакомление со списком рекомендуемой литературы по дисциплине в целом и ее разделам;
- изучение и расширение лекционного материала преподавателя за счет специальной литературы;
- написание рефератов и их оформление;
- подготовка к семинарским занятиям;
- подготовка к выполнению групповых заданий в виде решения отдельных задач, проведения типовых расчетов, написания программных алгоритмов, программных реализаций по отдельным разделам содержания дисциплин;
- изучением основной и дополнительной литературы;
- подготовка к зачету.

### Темы реферативных работ

1. Оценивание моделей. [Метод скользящего контроля](#), [бутстрэп \(bootstrap\)](#).
2. Бустинг. Градиентный бустинг. Частные случаи градиентного бустинга. Бустинг над решающими деревьями. М-бустинг. Решение задачи классификации. Мультиклассовая классификация. Современные модификации бустинга.
3. Метод отжига и оптимизация негладких функций
4. Метод роения частиц и коллективные методы оптимизации.
5. Библиотеки Keras и Theano.
6. Создание, обучение с использованием нейронных сетей для определения траекторий движения при управлении автономными мобильными объектами.

### Примерный перечень вопросов к зачету

1. Основные понятия: области, термины, задачи машинного обучения.
2. Схема процесса машинного обучения. Анализ инструментария для решения задач машинного обучения.
3. Основные задачи машинного обучения: обучение с учителем – классификация, прогнозирование, регрессия; примеры алгоритмов.
4. Основные задачи машинного обучения : обучение без учителя – кластеризация, поиск аномалий, уменьшение размерности; обучение с

подкреплением. Примеры алгоритмов. Сферы применения машинного обучения.

5. Методы предподготовки экспериментальных данных. Задача фильтрации выбросов – обнаружение в обучающей выборке нетипичных объектов.

6. Задача заполнения пропущенных значений. Алгоритмы заполнения пропусков. Методы Барлетта и resampling.

7. Метод восстановления пропущенного значения на основе Zet - алгоритма.

8. Методы максимального правдоподобия. МП алгоритм. Цели и особенности применения.

9. EM алгоритм. Цели и особенности применения.

10. Понижение размерности. Метод главных компонент. Цели и особенности применения.

11. Понижение размерности. Селекция признаков.

12. Метод независимых компонент.

13. Методы визуализации. Модели, методы и алгоритмы реконструкции и сегментации томографических изображений.

14. Метрические методы. Кластеризация. Иерархические методы кластерного анализа.

15. Метрические методы. Кластеризация. Дендрограмма. Меры сходства. Расстояния между объектами данных.

16. Метрические методы. Кластеризация. Методы объединения.

17. Метод ближнего соседа. Цели и особенности применения.

18. Метод k-ближайшего соседа. Специфика применения.

19. Метод наиболее удаленных соседей. Специфика применения.

20. Метод Варда. Условия применения.

21. Метод невзвешенного попарного среднего.

22. Метод взвешенного попарного среднего.

23. Метод невзвешенного попарного центроидного усреднения.

24. Неиерархические методы кластерного анализа, в том числе алгоритмы k-средних и k-медианы. Отличительные особенности методов.

25. Алгоритм PAM (partitioning around Medoids).

26. Fuzzy C-Mean. Специфика алгоритма.

27. Анализ и проверка качества кластеризации.

28. Методы вейвлет анализа. Виды матричной функции.

29. Скалограмма и скейлограмма.

30. Методы классификации. Статистические. Разделяющие (Discriminative models).

31. Метод опорных векторов (SVM), преимущества и недостатки метода.

32. Метод RVM.

33. Метрические (Similarity-based models) методы классификации.

34. Алгоритм (STOLP) — алгоритм отбора эталонных объектов для метрического классификатора.

35. Робастная непараметрическая регрессия.
36. Алгоритм LOWESS.
37. Жадный алгоритм построения метрики.
38. Типы логических методов классификации.
39. Бустинг.
40. Градиентный бустинг.
41. Частные случаи градиентного бустинга.
42. Бустинг над решающими деревьями .
43. М-бустинг.
44. Случайный лес.
45. Метрики качества классификации.
46. Байесовская классификация. Наивный байесовский классификатор.
47. EM-алгоритм.
48. Сеть радиальных базисных функций (RBF) и применение EM-алгоритма для её настройки.
49. Сравнение RBF-сети и SVM с гауссовским ядром.
50. Многомерная линейная регрессия. Задачи и методы низкоранговых матричных разложений.
51. Нелинейная регрессия.
52. Робастная регрессия.
53. Нейронные сети и алгоритмы их обучения. Теоретические основы. Модель нейронной сети.
54. Обучение на основе коррекции ошибок.
55. Понятие нейронной сети. Синапсы. Функция активации.
56. Нейронные сети с прямым распространением сигнала.
57. Тренировочный сет.
58. Эпоха.
59. Обучение Хебба. Обучение Больцмана.
60. Обучение с учителем и без учителя.
61. Быстрые методы стохастического градиента: Поляка, Нестерова, AdaGrad, RMSProp, AdaDelta, Adam, Nadam,
62. Диагональный метод Левенберга-Марквардта.
63. Проблема взрыва градиента и эвристика gradient clipping.
64. Седловые точки.
65. Метод случайных отключений нейронов (Dropout). Интерпретации Dropout.
66. Обратный Dropout и L2-регуляризация.
67. Функции активации ReLU и PReLU.
68. Проблема [«паралича» сети](#).
69. Эвристики для формирования начального приближения.
70. Метод послонной настройки сети.
71. Генетически алгоритмы и обучение нейросетей. Введение в генетические алгоритмы.
72. Применение генетических алгоритмов в сочетании с нейросетями.

73. Использование генетических алгоритмов в развитии архитектуры нейросети и в процессе обучения нейросети.
74. Нейронная сеть Кохонера .
75. Конкурентное обучение, стратегии WTA и WTM.
76. Самоорганизующаяся карта Кохонена.
77. Применение для визуального анализа данных. Искусство интерпретации карт Кохонена.
78. Сети Хопфилда
79. Сети Хемминга,
80. Сети Элмана.
81. Сети Хопфилда и Хемминга в задачах распознавания образов.
82. Концепция глубокого обучения.
83. Сверточные нейронные сети (Convolutional NN).
84. Выборка размеченных изображений ImageNet.
85. Идея обобщения CNN на любые структурированные данные.
86. Архитектуры сверточные нейронные сети для анализа изображений. (AlexNet, ZF Net, VGG Net, Inception. ResNet и др).
87. Соревнующиеся нейронные сети.
88. Особенности анализа больших данных. Понятие больших данных.
89. Методы, применяющиеся для обработки в BigData.
90. Алгоритмы прогнозирования временных рядов. Методы скользящего окна и его модификация.
91. Рекуррентные нейронные сети, сети LSTM. .
92. Рекуррентные нейронные сети (RNN).
93. Обучение рекуррентных сетей: Backpropagation Through Time (BPTT).
94. Сети долгой кратковременной памяти (Long short-term memory, LSTM).



## 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)
1. Физика высоких энергий.	Кафедра ядерной физики	Оставить без изменений	протокол № 15 от 27.06.2019 г.
2. Фундаментальные физические взаимодействия и теория поля	Кафедра ядерной физики	Оставить без изменений	протокол № 15 от 27.06.2019 г.
3. Лабораторный спецпрактикум «Моделирование в ядерном физическом эксперименте»	Кафедра ядерной физики	Оставить без изменений	протокол № 15 от 27.06.2019 г.

**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  
ядерной физики  
(протокол № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ г.)

Заведующий кафедрой  
ядерной физики  
к.ф.-м.н., доцент

\_\_\_\_\_ А.И. Тимощенко

УТВЕРЖДАЮ  
Декан физического факультета БГУ  
к.ф.-м.н., доцент

\_\_\_\_\_ М.С. Тиванов