

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Балтийский федеральный университет имени Иммануила
Канта»
Высшая школа компьютерных наук и прикладной математики

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Практикум по глубокому машинному обучению»

Шифр: 01.03.02

Направление подготовки: «Прикладная математика и информатика»

Профиль: «Искусственный интеллект и анализ данных»

Квалификация (степень) выпускника: бакалавр

Лист согласования

Составители:

1. Верещагин Сергей Дмитриевич, к. ф.-м.н., доцент
2. Верещагин Михаил Дмитриевич, к. ф.-м.н., доцент
3. Мищук Богдан Ростиславович, к. ф.-м.н., доцент

Рабочая программа утверждена на заседании
Ученого совета ОНК «Институт высоких технологий»

Протокол № 4 от «24» января 2023 г.

Председатель Ученого совета ОНК
«Институт высоких технологий»

Профессор, д.ф.-м.н.

А.В. Юров

Руководитель ОПОП ВО

Е.П. Ставицкая

Содержание

1. Наименование дисциплины «Практикум по глубокому машинному обучению».
2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.
3. Место дисциплины в структуре образовательной программы.
4. Виды учебной работы по дисциплине.
5. Содержание дисциплины, в том числе практической подготовки в рамках дисциплины, структурированное по темам.
6. Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы.
7. Методические рекомендации по видам занятий
8. Фонд оценочных средств
 - 8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины
 - 8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля
 - 8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине
 - 8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания
9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины
11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.
12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

1.Наименование дисциплины: «Практикум по глубокому машинному обучению».

Целью курса «Практикум по глубокому машинному обучению» - сформировать у обучающихся практические навыки работы с использованием методов глубокого машинного обучения.

Глубинное обучение – раздел машинного обучения, связанный с построением и обучением глубоких нейросетевых моделей. В настоящее время именно с помощью глубинного обучения достигаются наилучшие результаты в таких областях анализа данных, как компьютерное зрение, машинный перевод, а также анализ и синтез аудио. В курсе рассматриваются основные принципы построения и использования глубоких нейронных сетей для задач компьютерного зрения, обработки текстов и обучения с подкреплением. Также в курсе рассматриваются подходы объединения нейросетевых моделей с классическими алгоритмами.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ПК-6. Способен создавать и поддерживать системы искусственного интеллекта на основе нейросетевых моделей и методов	ПК-6.1. Осуществляет оценку и выбор моделей искусственных нейронных сетей и инструментальных средств для решения поставленной задачи ПК-6.2. Разрабатывает системы искусственного интеллекта на основе моделей искусственных нейронных сетей и инструментальных средств	Знать основные современные методы глубинного обучения Уметь применять методы глубинного обучения для решения задач анализа данных Владеть навыками реализации алгоритмов анализа данных на языке Python с использованием библиотек глубинного обучения

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

«Практикум по глубокому машинному обучению» представляет собой дисциплину Части, формируемой участниками образовательных отношений (Б1.В.07.05) направления подготовки бакалавриата 01.03.02 «Прикладная математика и информатика», профиль «Искусственный интеллект и анализ данных».

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы обучающегося и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия/ лабораторные работы), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в

период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и (или) занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, практикумы, лабораторные работы, коллоквиумы и иные аналогичные занятия), и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации (по курсовым работам/проектам – при наличии курсовой работы/проекта по данной дисциплине в учебном плане). Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе с обучающимися очной формы обучения. В случае реализации образовательной программы в заочной / очно-заочной форме трудоемкость дисциплины сохраняется, однако объем учебного материала в значительной части осваивается обучающимися в форме самостоятельной работы. При этом требования к ожидаемым образовательным результатам обучающихся по данной дисциплине не зависят от формы реализации образовательной программы.

№ п/п	Наименование разделов (тем) дисциплины	Содержание разделов (тем) дисциплин
1.	Архитектуры свёрточных нейронных сетей	часть 1 – чемпионы ImageNet и их «родственники» LeNet, AlexNet, VGG, GoogLeNet / Inception, ResNet, Inception-v2-v4, SENet, Highway Net, Xception. ResNet: почему работает. Классические архитектуры в наши дни. часть 2 – другие архитектуры Network in Network (NiN), Deep Networks with Stochastic Depth, FractalNet, Fractal of FractalNet, DenseNets, ResNeXt, MultiResNet, PolyNet, HyperNets, EfficientNet, MobileNet, SqueezeNet, ShuffleNet, FBNet (+NAS), WideResNets, RevNet, iRevNet, NFNets , ConvNeXt.
2.	Визуализация нейронных сетей и генерация изображений	Зачем наблюдать? За чем можно наблюдать в NN? Визуализация весов: свёртки первого слоя. Визуализация весов / нейронов промежуточных слоёв: «deconvnet». Class Activation Maps (CAM). Guided Backpropagation. Interpretable Convolutional Neural Networks. Grad-CAM. Стандартные средства в признаковых пространствах. Анализ активации нейронов. Чувствительность к удалению (Occlusion sensitivity). «Saliency maps» – градиенты (их модули) по входу. Анализ отдельных нейронов / каналов / слоёв: Class Model

		<p>Visualisation. Нейроискусство. исследование нейронов, семантические словари.</p> <p>Современные методы: FullGrad. Генерация изображений. Генерация текстур. Генерация пейзажей. Стилизация (перенос стиля). Быстрая стилизация.</p>
3.	Рекуррентные нейросети	<p>RNN (базовый блок). RNN: обучение. RNN: как решать задачи классификации. LSTM. Забывающий гейт (Forget Gate). Входной гейт (Input Gate). Обновление состояния (Cell update). Выходной гейт (Output Gate). Gated Recurrent Unit (GRU). Метод форсирования учителя (teacher forcing). Scheduled sampling. Двухнаправленные (Bidirectional) RNN. Глубокие (Deep) RNN. Глубокие двухнаправленные RNN. Многонаправленные RNN. Пиксельные RNN. Рекурсивные (Recursive Neural Networks) НС. Exploding / Vanishing gradients. Особенности регуляризации в RNN: Dropout. Особенности регуляризации в RNN: Batchnorm. MI (Multiplicative Integration). Интерпретация LSTM: Sentiment neuron. Применение RNN.</p>
4.	Анализ текстов	<p>Задачи с текстами. Данные. Понимания языка (Language Understanding). Свёрточные модели для текста. Dynamic Convolutional Neural Network. Very Deep Convolutional Networks for Text Classification. Сравнение CNN vs RNN. CNN + LSTM = C-LSTM. CNN + LSTM = LSTM-CNNs-CRF. Модель seq2seq. Обобщения seq2seq. Механизм внимания. Виды внимания.</p>
5.	Детектирование объектов на изображениях	<p>Задачи с изображениями: Классификация, Локализация, Детектирование, Сегментация, Преобразование изображений, Восстановление объектов. Классификация изображений – почему нетривиальная задача, решение, проблемы. Детектирование объектов: R-CNN, Spatial Pyramid Pooling (SPP-net), Fast R-CNN, Faster R-CNN, YOLO, SSD. Selective Search. Метрики качества. Non Maximum Suppression (NMS). Сегментация объектов: Mask R-CNN. Feature Pyramid Networks (FPN). Детектирование объектов: R-FCN. FCOS: Fully Convolutional One-Stage Object Detection.</p>
6.	Обучение без учителя	<p>Автокодировщики (Auto-encoders). Глубокие автокодировщики. Denoising Autoencoder. Сокращающие автокодировщики – Contractive Autoencoders (CAE). Предобучение с помощью автокодировщика (раньше так делали). Sparse Coding. Context</p>

	Encoders. Использование RBM. Глубокие RBM (Deep Boltzmann Machines). SOM – Самоорганизующиеся карты Кохонена. Сжатие. Генеративная модель. Проблема оценки плотности. Решения для оценки плотности. Авторегрессионные модели. Masked Autoencoder for Distribution Estimation (MADE). Masked Temporal (1D) Convolution. Masked Spatial (2D) Convolution: PixelCNN, PIXELCNN++, PixelSNAIL, PixelRNN. Masked Attention + Convolution. Поток (Glow): real NVP, Glow. Авторегрессионные потоки (Autoregressive Flows)
--	---

6. Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы

Рекомендуемая тематика учебных занятий лекционного типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

Не предусмотрены учебным планом

Рекомендуемая тематика практических занятий:

№ п/п	Наименование разделов (тем) дисциплины
1	Архитектуры свёрточных нейронных сетей
2	Визуализация нейронных сетей и генерация изображений
3	Рекуррентные нейросети
4	Анализ текстов
5	Детектирование объектов на изображениях
6	Обучение без учителя

Требования к самостоятельной работе обучающихся

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по всем темам из п. 6 настоящей рабочей программы.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по всем темам из п. 6 настоящей рабочей программы.

Руководствуясь положениями статьи 47 и статьи 48 Федерального закона от 29 декабря 2012 г. N 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» научно-педагогические работники и иные лица, привлекаемые университетом к реализации данной образовательной программы, пользуются предоставленными академическими правами и свободами в части свободы преподавания, свободы от вмешательства в профессиональную деятельность; свободы выбора и использования педагогически обоснованных форм, средств, методов обучения и воспитания; права на творческую инициативу, разработку и

применение авторских программ и методов обучения и воспитания в пределах реализуемой образовательной программы и отдельной дисциплины.

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и (или) занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, практикумы, лабораторные работы, коллоквиумы и иные аналогичные занятия), и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации (по курсовым работам/проектам – при наличии курсовой работы/проекта по данной дисциплине в учебном плане).

Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе с обучающимися очной формы обучения. В случае реализации образовательной программы в заочной / очно-заочной форме трудоемкость дисциплины сохраняется, однако объем учебного материала в значительной части осваивается обучающимися в форме самостоятельной работы. При этом требования к ожидаемым образовательным результатам обучающихся по данной дисциплине не зависят от формы реализации образовательной программы.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретным ситуациям из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно

связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или её части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Архитектуры свёрточных нейронных сетей	ПК-6.	Решение задач
Визуализация нейронных сетей и генерация изображений	ПК-6.	Решение задач
Рекуррентные нейросети	ПК-6.	Решение задач
Анализ текстов	ПК-6.	Решение задач
Детектирование объектов на изображениях	ПК-6.	Решение задач
Обучение без учителя	ПК-6.	Решение задач

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности процессе текущего контроля

Текущий контроль успеваемости осуществляется путем оценки результатов выполнения заданий практических (семинарских) занятий, самостоятельной работы, предусмотренных учебным планом и посещения занятий/активность на занятиях.

В качестве оценочных средств текущего контроля успеваемости предусмотрены:

решение индивидуальных заданий

Примеры заданий

1. Необходимо будет реализовать полносвязную нейронную сеть, используя модульный подход. Для каждого слоя реализации прямого и обратного проходов алгоритма обратного распространения ошибки будут иметь следующий вид:

```
def layer_forward(x, w):
    """ Receive inputs x and weights w """
    # Do some computations ...
    z = # ... some intermediate value
    # Do some more computations ...
    out = # the output

    cache = (x, w, z, out) # Values we need to compute gradients

    return out, cache
def layer_backward(dout, cache):
    """
    Receive dout (derivative of loss with respect to outputs) and cache,
```

```
and compute derivative with respect to inputs.
```

```
"""
```

```
# Unpack cache values
```

```
x, w, z, out = cache
```

```
# Use values in cache to compute derivatives
```

```
dx = # Derivative of loss with respect to x
```

```
dw = # Derivative of loss with respect to w
```

```
return dx, dw
```

- Для полносвязного слоя реализуйте прямой проход. Протестируйте свою реализацию.
- Для полносвязного слоя реализуйте обратный проход. Протестируйте свою реализацию.
- Реализуйте полносвязную сеть с произвольным числом скрытых слоев.
- Попробуйте добиться эффекта переобучения на небольшом наборе изображений (например, 50). Используйте трехслойную сеть со 100 нейронами на каждом скрытом слое. Попробуйте переобучить сеть, достигнув 100 % accuracy за 20 эпох. Для этого поэкспериментируйте с параметрами `weight_scale` и `learning_rate`.

2. Для реализации собственной модели с помощью Keras Model Subclassing API необходимо выполнить следующие шаги:

1) Определить новый класс, который является наследником `tf.keras.Model`.

2) В методе `__init__()` определить все необходимые слои из модуля `tf.keras.layers`

3) Реализовать прямой проход в методе `call()` на основе слоев, объявленных в `__init__()`

Ниже приведен пример использования keras API для определения двухслойной полносвязной сети.

https://www.tensorflow.org/versions/r2.0/api_docs/python/tf/keras

```
class TwoLayerFC(tf.keras.Model):
```

```
    def __init__(self, hidden_size, num_classes):
```

```
        super(TwoLayerFC, self).__init__()
```

```
        initializer = tf.initializers.VarianceScaling(scale=2.0)
```

```
        self.fc1 = tf.keras.layers.Dense(hidden_size, activation='relu',
```

```
                                         kernel_initializer=initializer)
```

```
        self.fc2 = tf.keras.layers.Dense(num_classes, activation='softmax',
```

```
                                         kernel_initializer=initializer)
```

```
        self.flatten = tf.keras.layers.Flatten()
```

```
    def call(self, x, training=False):
```

```
        x = self.flatten(x)
```

```
        x = self.fc1(x)
```

```
        x = self.fc2(x)
```

```
        return x
```

```
def test_TwoLayerFC():
```

```
    """ A small unit test to exercise the TwoLayerFC model above. """
```

```
    input_size, hidden_size, num_classes = 50, 42, 10
```

```
    x = tf.zeros((64, input_size))
```

```
    model = TwoLayerFC(hidden_size, num_classes)
```

```
    with tf.device(device):
```

```
        scores = model(x)
```

```
print(scores.shape)
```

```
test_TwoLayerFC()
```

Реализуйте трехслойную CNN для вашей задачи классификации.

Архитектура сети:

1. Сверточный слой (5 x 5 kernels, zero-padding = 'same')
2. Функция активации ReLU
3. Сверточный слой (3 x 3 kernels, zero-padding = 'same')
4. Функция активации ReLU
5. Полносвязный слой
6. Функция активации Softmax

Обучите трехслойную CNN. В `tf.keras.optimizers.SGD` укажите `Nesterov momentum = 0.9`.

https://www.tensorflow.org/versions/r2.0/api_docs/python/tf/optimizers/SGD

Значение accuracy на валидационной выборке после 1 эпохи обучения должно быть > 50%

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

1. Обучение НС- активационные функции, проблемы и решения
2. Обучение НС- преппроцессинг данных
3. Обучение НС- инициализация весов сети
4. Обучение НС- Пакетная нормализация
5. Обучение НС- transfer learning
6. Обучение НС- оптимизаторы (от SGD до Adam и далее)
7. Learning rate
8. Переобучение сети и как с ним бороться
9. Аугментация
10. Регуляризация
11. Подбор гиперпараметров
12. Наблюдение за обучением сети (Babysitting DNN)
13. Архитектуры: от LeNet к современным СНС
14. Архитектуры: AlexNet
15. Архитектуры: VGG
16. Архитектуры: GoogLeNet
17. Архитектуры: ResNet
18. Архитектуры: RNN
19. Архитектуры: Attention block
20. Архитектуры: LSTM
21. Генеративно-состязательные сети

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	<i>Включает нижестоящий уровень.</i>	отлично	зачтено	86-100

		Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий			
Базовый	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу с большей степени самостоятельности и инициативы	<i>Включает нижестоящий уровень.</i> Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения	хорошо		71-85
Удовлетворительный (достаточный)	Репродуктивная деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и практически контролируемого материала	удовлетворительно		55-70
Недостаточный	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня		неудовлетворительно	не зачтено	Менее 55

9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

Основная литература

1. Авдеенко, Т. В. Введение в искусственный интеллект и логическое программирование. Программирование в среде Visual Prolog : учебное пособие / Т. В. Авдеенко, М. Ю. Целебровская. - Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2020. - 64 с. - ISBN 978-5-7782-4182-4. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1869259> (дата обращения: 04.04.2023). – Режим доступа: по подписке.

Дополнительная литература

1. Пенькова, Т. Г. Модели и методы искусственного интеллекта : учебное пособие / Т. Г. Пенькова, Ю. В. Вайнштейн. - Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2019. - 116 с. - ISBN 978-5-7638-4043-8. - Текст : электронный. - URL:

- <https://znanium.com/catalog/product/1816605> (дата обращения: 04.04.2023). – Режим доступа: по подписке.
2. Сергеев, Н. Е. Системы искусственного интеллекта. Часть 1: Учебное пособие / Сергеев Н.Е. - Таганрог:Южный федеральный университет, 2016. - 118 с.: ISBN 978-5-9275-2113-5. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/991954> (дата обращения: 04.04.2023). – Режим доступа: по подписке.
 3. Сопов, Е. А. Многокритериальные нейроэволюционные системы в задачах машинного обучения и человеко-машинного взаимодействия : монография / Е. А. Сопов, И. А. Иванов. - Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2019. - 160 с. - ISBN 978-5-7638-3969-2. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1818898> (дата обращения: 04.04.2023). – Режим доступа: по подписке.

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля).

- НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания
- ЭБС Консультант студента
- ПРОСПЕКТ ЭБС
- ЭБС ZNANIUM.COM
- ЭБС IBOOKS.RU
- Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- система электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта – www.lms3.kantiana.ru, обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- корпоративная платформа webinar.ru;
- установленное на рабочих местах обучающихся ПО: Microsoft Windows 7, Microsoft Office Standart 2010, антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security.
- СУБД PostgreSQL (Свободное ПО, лицензия - Freeware).
- MongoDB (Свободное ПО, лицензия - Freeware).
- Python 2.7.15 (Anaconda2 5.2.0 64-bit)
- Python 3.6.5 (Anaconda3 5.2.0 64-bit)

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.