

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
профессионального образования
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
Механико-математический факультет

 **УТВЕРЖДАЮ**
декан механико-
математического факультета
/А.И. Шафаревич /
«14» октября 2021г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование дисциплины:

**Введение в компьютерный интеллект. Машинное обучение и современное
компьютерное зрение**

Уровень высшего образования:
магистратура

Направление подготовки / специальность:
02.04.01 "Математика и компьютерные науки" (3++)

Направленность (профиль) ОПОП:
Цифровые технологии и искусственный интеллект

Форма обучения:
очная

Рабочая программа рассмотрена и утверждена
на заседании Ученого совета Механико-математического факультета
(протокол №7, от 14 октября 2021 года)

Москва 2021

Рабочая программа дисциплины (модуля) разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки 02.04.01 "Математика и компьютерные науки" утвержденного Приказом Министерства образования и науки РФ от 10 января 2018 г. N 13.

1. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО:

дисциплина относится к базовой части ОПОП ВО. Модуль Программное обеспечение современных вычислительных систем

2. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия (если есть):

Изучение дисциплины базируется на освоении дисциплины "Введение в компьютерный интеллект. Машинное обучение"

3. Результаты обучения по дисциплине (модулю):

Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)		
Содержание и код компетенции.	Индикатор (показатель) достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, сопряженные с индикаторами достижения компетенций
ПК-7. Способен руководить проектами по созданию, внедрению и использованию одной или нескольких сквозных цифровых субтехнологий искусственного интеллекта в прикладных областях	ПК-7.1. Руководит проектами в области сквозной цифровой субтехнологии «Компьютерное зрение»	ПК-7.1. З-1. Знает принципы построения систем компьютерного зрения, методы и подходы к планированию и реализации проектов по созданию систем искусственного интеллекта на основе сквозной цифровой субтехнологии «Компьютерное зрение» ПК-7.1. У-1. Умеет руководить проектами по созданию, внедрению и поддержке систем искусственного интеллекта на основе сквозной цифровой субтехнологии «Компьютерное зрение»

4. Объем дисциплины (модуля) составляет 3 з.е., в том числе 36 академических часов, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем, 72 академических часов на самостоятельную работу обучающихся.

5. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий:

5.1. Структура дисциплины (модуля) по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий (в строгом соответствии с учебным планом)

Наименование разделов и тем дисциплины (модуля), Форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Номинальные трудозатраты обучающегося		Самостоятельная работа обучающегося, академические часы	Всего акаде- мичес- ких часов	Форма текущего контроля успеваем- ости* (наимено- вание)
	Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) Виды контактной работы, академические часы				
	Занятия лекционного типа	Занятия семинарско- го типа			
Тема 1. Краткая история нейросетевого подхода в компьютерном зрении.	2		4	6	опрос
Тема 2. Постановка основных задач компьютерного зрения.	2		4	6	опрос
Тема 3. Сверточные нейронные сети. Типы слоев.	2		4	6	опрос
Тема 4. Стохастический градиентный спуск. Современные оптимизационные алгоритмы.	2		4	6	опрос
Тема 5. Введение в нейросетевые фреймворки на примере Keras.	2		4	6	опрос
Тема 6. Метод обратного распространения ошибки.	2		4	6	опрос
Тема 7. Способы инициализации весов нейросетей.	4		8	12	опрос
Тема 8. Современные подходы к задаче классификации изображений.	2		4	6	
Тема 9. Современные подходы к задаче обнаружения объектов на изображениях.	2		4	6	опрос
Тема 10. Современные подходы к задаче сегментации изображений.	4		8	12	опрос
Тема 11. Современные подходы к задаче распознавания лиц.	2		4	6	опрос

Тема 12. Современные подходы к задаче улучшения качества изображений. Сверхразрешение, удаление смаза и шума.	2		4	6	опрос
Тема 13. Вариационный автокодировщик.	2		4	6	опрос
Тема 14. Генеративные состязательные модели.	2		4	6	
Тема 15. Злонамеренные атаки на нейронные сети.	2		4	6	опрос
Тема 16. Современные подходы к сжатию и ускорению нейронных сетей.	2		4	6	опрос
Другие виды самостоятельной работы (отсутствуют)	—	—			—
Промежуточная аттестация (экзамен)					
Итого	36		72	108	—

5.2. Содержание разделов (тем) дисциплины

№ п/п	Наименование разделов (тем) дисциплины	Содержание разделов (тем) дисциплин
1.	Тема 1. Краткая история нейросетевого подхода в компьютерном зрении.	Краткая история нейросетевого подхода в компьютерном зрении.
2.	Тема 2. Постановка основных задач компьютерного зрения.	Постановка основных задач компьютерного зрения.
3.	Тема 3. Сверточные нейронные сети. Типы слоев.	Сверточные нейронные сети. Типы слоев.
4.	Тема 4. Стохастический градиентный спуск. Современные оптимизационные алгоритмы.	Стохастический градиентный спуск. Современные оптимизационные алгоритмы.
5.	Тема 5. Введение в нейросетевые фреймворки на примере Keras.	Введение в нейросетевые фреймворки на примере Keras.
6.	Тема 6. Метод обратного распространения ошибки.	Метод обратного распространения ошибки.
7.	Тема 7. Способы инициализации весов нейросетей.	Способы инициализации весов нейросетей.
8.	Тема 8. Современные подходы к задаче классификации изображений.	Современные подходы к задаче классификации изображений.
9.	Тема 9. Современные подходы к задаче обнаружения объектов на изображениях.	Современные подходы к задаче обнаружения объектов на изображениях.
10.	Тема 10. Современные подходы к задаче сегментации изображений.	Современные подходы к задаче сегментации изображений.
11.	Тема 11. Современные подходы к задаче распознавания лиц.	Современные подходы к задаче распознавания лиц.

12.	Тема 12. Современные подходы к задаче улучшения качества изображений. Суперразрешение, удаление смаза и шума.	Современные подходы к задаче улучшения качества изображений. Суперразрешение, удаление смаза и шума.
13.	Тема 13. Вариационный автокодировщик.	Вариационный автокодировщик.
14.	Тема 14. Генеративные состязательные модели.	Генеративные состязательные модели.
15.	Тема 15. Злонамеренные атаки на нейронные сети.	Злонамеренные атаки на нейронные сети.
16.	Тема 16. Современные подходы к сжатию и ускорению нейронных сетей.	Современные подходы к сжатию и ускорению нейронных сетей.

6. Фонд оценочных средств (ФОС, оценочные и методические материалы) для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю).

6.1. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения текущего контроля успеваемости, критерии и шкалы оценивания (в отсутствие утвержденных соответствующих локальных нормативных актов на факультете)

Практические задания

1. Задачи из учебников:

- Hastie, T. and Tibshirani, R. and Friedman, J. The Elements of Statistical Learning, 2nd edition, Springer, 533 pages, 2009, <http://www-stat.stanford.edu/~tibs/ElemStatLearn>
- Bishop, C.M. Pattern Recognition and Machine Learning, Springer, 2006, 738 pages, <http://research.microsoft.com/en-us/um/people/cmbishop/prml>

2. Реализация методов машинного обучения:

- Наивный байесовский классификатор
- Алгоритм k-means (k-средних)
- Метод опорных векторов
- Линейная регрессия
- Логистическая регрессия
- Искусственная нейронная сеть
- Дерево решений
- Случайный лес
- Градиентный бустинг

- Алгоритмы кросс-валидации

Теоретические задания

1. Пусть объекты (0,1) и (0, -1) принадлежат одному классу, а объект (2, 0) --- другому. Получить аналитическую формулу разделяющей поверхности для метода одного ближайшего соседа l_2 метрикой.
2. Пусть объекты (0,1) и (0, -1) принадлежат одному классу, а объект (2, 0) --- другому. Получить аналитическую формулу разделяющей поверхности для метода одного ближайшего соседа l_1 метрикой.
3. Привести пример обучающего и тестового множества минимальной мощности, для которых при $k > 1$:
 - метод 1-ближайшего соседа даёт точность на тесте больше, чем метод k -ближайших соседей,
 - метод k -ближайших соседей даёт точность на тесте больше, чем метод 1-ближайшего соседа.
4. Привести пример обучающего и тестового множества минимальной мощности, для которых при $k > 1$:
 - обычный метод k -ближайших соседей даёт точность на тесте больше, чем метод k -ближайших взвешенных соседей (веса, например, обратно пропорциональны расстояниям),
 - метод k -ближайших взвешенных соседей даёт точность на тесте больше, чем обычный метод k -ближайших соседей.
5. Для метода классификации одного ближайшего соседа получились следующие разделяющие поверхности. Привести пример обучающего множества и метрики, на которых метод мог бы выучить такое разделяющее правило (приводятся примеры изображений с разделяющими поверхностями).
6. Опишите преимущества и недостатки k -fold валидации и LOO валидации. Приведите примеры, когда предпочтительнее использовать LOO вместо 5-fold валидации, и наоборот.
7. Для объектов x_1, \dots, x_n с правильными ответами y_1, \dots, y_n постройте константную модель $a(x)=c$ для функции потерь MSE и MAE
8. Для объектов x_1, \dots, x_n с правильными ответами y_1, \dots, y_n из $\{0, 1\}$ постройте наилучшую константную классификационную модель $a(x) \sim c$ для функции потерь бинарной перекрёстной энтропии.
9. Для объектов x_1, \dots, x_n с правильными ответами y_1, \dots, y_n постройте наилучшую константную модель $a(x) = kx + b$ для функции потерь MSE.
10. Рассмотрим задачу бинарной классификации ($Y = \{+1, -1\}$).
 Вектор правильных ответов: $(-1, +1, -1, -1, +1, -1, +1, -1, -1, +1)$.
 Вектор решений некоего классификатора: $(+1, +1, +1, +1, +1, -1, -1, -1, +1, +1)$.
 Не используя пакет scikit-learn, подсчитайте: true positive rate, false positive rate, true negative rate, false negative rate, accuracy, precision, recall, F1-score.
11. Объяснить, почему добавление l_1 -регуляризации в задачах классификации либо регрессии приводит к отбору (выбросу несущественных) признаков.
12. Опишите процедуру наискорейшего градиентного спуска для задачи восстановления регрессии с квадратичной функцией потерь. Зачем она применяется?

13. Продифференцировать формулу вероятности для логистической регрессии по w : $p(w) = 1/(1 + e^{-wx})$. Указание: получить ответ в виде $p'(w) = F(p(w))G(x)$.
14. Задачи на метод машины опорных векторов и kernel trick.
15. Задачи на оптимальный байесовский классификатор.

6.2. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения промежуточной аттестации по дисциплине, критерии и шкалы оценивания

Вопросы к экзамену:

1. Краткая история нейросетевого подхода в компьютерном зрении.
2. Постановка основных задач компьютерного зрения.
3. Сверточные нейронные сети. Типы слоев.
4. Стохастический градиентный спуск.
5. Современные оптимизационные алгоритмы.
6. Введение в нейросетевые фреймворки на примере Keras.
7. Метод обратного распространения ошибки.
8. Способы инициализации весов нейросетей.
9. Современные подходы к задаче классификации изображений.
10. Современные подходы к задаче обнаружения объектов на изображениях.
11. Современные подходы к задаче сегментации изображений.
12. Современные подходы к задаче распознавания лиц.
13. Современные подходы к задаче улучшения качества изображений.
14. Суперразрешение, удаление смаза и шума.
15. Вариационный автокодировщик.
16. Генеративные состязательные модели.
17. Злонамеренные атаки на нейронные сети.
18. Современные подходы к сжатию и ускорению нейронных сетей.

ШКАЛА И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ результатов обучения (РО) по дисциплине				
Оценка	2 (не зачтено)	3 (зачтено)	4 (зачтено)	5 (зачтено)

виды оценочных средств				
Знания (виды оценочных средств: опрос, тесты)	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Сформированные систематические знания
Умения (виды оценочных средств: практические задания)	Отсутствие умений	В целом успешное, но не систематическое умение	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение (допускает неточности не принципиального характера)	Успешное и систематическое умение
Навыки (владения, опыт деятельности) (виды оценочных средств: выполнение и защита курсовой работы, отчет по практике, отчет по НИР и т.п.)	Отсутствие навыков (владений, опыта)	Наличие отдельных навыков (наличие фрагментарного опыта)	В целом, сформированные навыки (владения), но используемые не в активной форме	Сформированные навыки (владения), применяемые при решении задач

7. Ресурсное обеспечение:

7.1. Перечень основной и дополнительной литературы

Основная литература и дополнительная литература

1. Ian Goodfellow and Yoshua Bengio and Aaron Courville, [Deep Learning](#), 1st edition, MIT Press, 2016.
2. <http://neuralnetworksanddeeplearning.com/>
3. Francois Chollet. [Deep Learning with Python](#), 1st edition, Manning, 2017.

7.2. Перечень лицензионного программного обеспечения, в том числе отечественного производства

При реализации дисциплины может быть использовано следующее программное обеспечение:

1. Программный продукт Python 3.5.1 (64-bit) Python Software Foundation
 2. Программный продукт R for Windows 3.2.2 R Core Team
-
- 7.3. Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем
 1. <http://www.edu.ru> – портал Министерства образования и науки РФ
 2. <http://www.ict.edu.ru> – система федеральных образовательных порталов «ИКТ в образовании»
 3. <http://www.openet.ru> - Российский портал открытого образования
 4. <http://www.mon.gov.ru> - Министерство образования и науки Российской Федерации
 5. <http://www.fasi.gov.ru> - Федеральное агентство по науке и инновациям
 - 7.4. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»
 1. Math-Net.Ru [Электронный ресурс] : общероссийский математический портал / Математический институт им. В. А. Стеклова РАН ; Российская академия наук, Отделение математических наук. - М. : [б. и.], 2010. - Загл. с титул. экрана. - Б. ц.
URL: <http://www.mathnet.ru>
 2. Университетская библиотека Online [Электронный ресурс] : электронная библиотечная система / ООО "Директ-Медиа" . - М. : [б. и.], 2001. - Загл. с титул. экрана. - Б. ц. URL: www.biblioclub.ru
 3. Универсальные базы данных East View [Электронный ресурс] : информационный ресурс / East View Information Services. - М. : [б. и.], 2012. - Загл. с титул. экрана. - Б. ц.
URL: www.ebiblioteka.ru
 4. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU [Электронный ресурс] : информационный портал / ООО "РУНЭБ" ; Санкт-Петербургский государственный университет. - М. : [б. и.], 2005. - Загл. с титул. экрана. - Б. ц.
URL: www.eLibrary.ru
 - 7.5. Описание материально-технического обеспечения.
Механико-математический факультет, ответственный за реализацию данной Программы, располагает соответствующей материально-технической базой, включая современную вычислительную технику, объединенную в локальную вычислительную сеть, имеющую выход в Интернет. Используются специализированные компьютерные классы, оснащенные современным оборудованием. Материальная база факультета соответствует действующим санитарно-техническим нормам и обеспечивает проведение всех видов занятий (лабораторной, практической, дисциплинарной и междисциплинарной подготовки) и научно-исследовательской работы обучающихся, предусмотренных учебным планом.
-
8. Соответствие результатов обучения по данному элементу ОПОП результатам освоения ОПОП указано в Общей характеристике ОПОП.

9. Разработчик (разработчики) программы.

Д.ф.-м.н., проф. Бабин Дмитрий Николаевич, к.ф.-м.н. Иванов Илья Евгеньевич, к.ф.-м.н. Петюшко Александр Александрович