

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»

Направление подготовки/специальность: 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Наименование образовательной программы: Интеллектуальные системы защиты, автоматики и управления энергосистемами

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины
ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ИИ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.07
Трудоемкость в зачетных единицах:	3 семестр - 5;
Часов (всего) по учебному плану:	180 часов
Лекции	не предусмотрено учебным планом
Практические занятия	3 семестр - 16 часов;
Лабораторные работы	3 семестр - 16 часов;
Консультации	3 семестр - 18 часов;
Самостоятельная работа	3 семестр - 125,2 часа;
в том числе на КП/КР	3 семестр - 51,7 часа;
Иная контактная работа	3 семестр - 4 часа;
включая:	
Лабораторная работа	
Промежуточная аттестация:	
Защита курсового проекта	3 семестр - 0,3 часа;
Экзамен	3 семестр - 0,5 часа;
	всего - 0,8 часа

Москва 2021

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Холодов А.С.
	Идентификатор	Reecbd5a4-KholodovAS-629126a1

(подпись)

А.С. Холодов

(расшифровка
подписи)

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Волошин А.А.
	Идентификатор	Ra915003b-VoloshinAA-408ebd73

(подпись)

А.А. Волошин

(расшифровка
подписи)

Заведующий выпускающей
кафедры

(должность, ученая степень, ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Волошин А.А.
	Идентификатор	Ra915003b-VoloshinAA-408ebd73

(подпись)

А.А. Волошин

(расшифровка
подписи)

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: Изучение принципов работы моделей машинного обучения, приобретение навыков анализа и предобработки данных, построения предиктивных моделей

Задачи дисциплины

- Освоение знаний о принципах построения и работы моделей машинного обучения, предобработки и анализа данных;
- Формирование умения внедрения методов ИИ для решения задач классификации и регрессии в электроэнергетике;
- Приобретение первичных навыков работы с программными комплексами и библиотеками, реализующими алгоритмы ИИ;
- Освоение навыков работы с инструментами визуализации данных.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ПК-3 Способен вести разработку автоматических систем в электроэнергетике	ИД-2 _{ПК-3} Применяет специализированное программное обеспечение	знать: - – синтаксис высокоуровневого языка программирования Python; – распространенные библиотеки, реализующих модели машинного обучения; – распространенные библиотеки, реализующих визуализацию данных;. уметь: - – применять высокоуровневый язык Python для анализа и предобработки данных; – использовать интерактивную среду разработки;.
ПК-3 Способен вести разработку автоматических систем в электроэнергетике	ИД-4 _{ПК-3} Применяет современные программные методы для решения задач релейной защиты и автоматики	знать: - – устройство моделей машинного обучения; – класс задач, реализуемых методами машинного обучения;. уметь: - – строить предиктивные модели для задач классификации и регрессии; – оценивать качество моделей машинного обучения;.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Интеллектуальные системы защиты, автоматики и управления энергосистемами (далее – ОПОП), направления подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Базируется на уровне среднего общего образования.

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 часов.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы										Содержание самостоятельной работы/ методические указания
				Контактная работа							СР			
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре	Подготовка к аттестации /контроль	
КПР	ГК	ИККП	ТК											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Формальная постановка задач МО. Метрические и линейные методы классификации и регрессии.	19	3	-	4	4	-	-	-	1	-	10	-	<p><u>Подготовка к лабораторной работе:</u> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Формальная постановка задач МО. Метрические и линейные методы классификации и регрессии." материалу.</p> <p><u>Подготовка курсовой работы:</u> Курсовая работа представлена в виде крупной задачи по учебному кейсу, охватывающей несколько расчетных вопросов и выбор варианта проектного решения.</p> <p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Формальная постановка задач МО. Метрические и линейные методы классификации и регрессии."</p> <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Формальная постановка задач МО. Метрические и линейные методы классификации и регрессии."</p>
1.1	Формальная постановка задач МО. Метрические и линейные методы классификации и регрессии.	19		-	4	4	-	-	-	1	-	10	-	
2	Решающие деревья, композиции алгоритмов и	19		-	4	4	-	-	-	1	-	10	-	

													<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Нейронные сети прямого распространения. Глубокие нейронные свёрточные сети."
4	Рекуррентные нейронные сети. Обучение с подкреплением.	19	-	4	4	-	-	-	1	-	10	-	<u>Подготовка к лабораторной работе:</u> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Рекуррентные нейронные сети. Обучение с подкреплением."
4.1	Рекуррентные нейронные сети. Обучение с подкреплением.	19	-	4	4	-	-	-	1	-	10	-	<u>Подготовка курсовой работы:</u> Курсовая работа представлена в виде крупной задачи по учебному кейсу, охватывающей несколько расчетных вопросов и выбор варианта проектного решения. <u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Рекуррентные нейронные сети. Обучение с подкреплением." <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Рекуррентные нейронные сети. Обучение с подкреплением."
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	Курсовой проект (КП)	68.0	-	-	-	16	-	-	-	0.3	51.7	-	
	Всего за семестр	180.0	-	16	16	16	2	-	4	0.8	91.7	33.5	
	Итого за семестр	180.0	-	16	16	18		4	0.8		125.2		

Примечание: Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПр – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

3.2 Краткое содержание разделов

1. Формальная постановка задач МО. Метрические и линейные методы классификации и регрессии.

1.1. Формальная постановка задач МО. Метрические и линейные методы классификации и регрессии.

Формальная постановка задач МО. Описание объектов и ответов. Обзор программных инструментов. Метод k ближайших соседей. Метод окна Парзена. Оценка качества модели. Кросс-валидация. Линейная модель классификации. Наивный байесовский классификатор. Стохастический градиентный спуск. Метод опорных векторов. Метод опорных векторов для нелинейного случая. Проблема переобучения. Регуляризация. Логистическая регрессия. Регуляризация лог. регрессии. Метрики качества: accuracy, precision, recall. F-мера. AUC-PR, AUC-ROC кривые..

2. Решающие деревья, композиции алгоритмов и обучение без учителя.

2.1. Решающие деревья, композиции алгоритмов и обучение без учителя.

Решающее дерево. Обрезка. Композиции алгоритмов. Бэггинг. Случайный лес. Градиентный бустинг. Градиентный бустинг над решающими деревьями. Анализ и предварительная обработка данных. Работа с категориальными и текстовыми признаками. TF-IDF. Обучение без учителя. Кластеризация. k-средних. Мягкая кластеризация k-средних. Агломеративная кластеризация..

3. Нейронные сети прямого распространения. Глубокие нейронные свёрточные сети.

3.1. Нейронные сети прямого распространения. Глубокие нейронные свёрточные сети.

Линейная модель нейрона. Функции активации. SG и BackProp. Использование GPU. Обзор Keras. Готовые слои нейронных сетей. Функции активации. Функции потерь. Показатели качества. Оптимизаторы. Введение в свёрточные сети. Входные карты признаков. Эффект границ, дополнение. Шаг свертки. Max-pooling. Расширение данных для свёрточных сетей. Выделение признаков посредством предварительно обученной сети. Дообучение..

4. Рекуррентные нейронные сети. Обучение с подкреплением.

4.1. Рекуррентные нейронные сети. Обучение с подкреплением.

Рекуррентная нейронная сеть. Простые ячейки РНС. Топологии РНС. Исчезающий и взрывной градиент. LSTM. GRU. Двухнаправленные РНС. РНС с запоминанием состояния. Погружения слов. Распределенные представления. word2vec. GLoVe. Обучение с подкреплением. Максимизация будущих вознаграждений. Q-обучение. Глубокая Q-сеть как Q-функция. Исследование и использование. Воспроизведение опыта. Порождающие состязательные сети..

3.3. Темы практических занятий

1. Погружения слов. Распределенные представления. word2vec. GLoVe. (1 час).;
2. Рекуррентная нейронная сеть. Простые ячейки РНС. Топологии РНС. Исчезающий и взрывной градиент. LSTM. GRU. Двухнаправленные РНС. РНС с запоминанием состояния (1 час).;
3. Расширение данных для свёрточных сетей. Выделение признаков посредством предварительно обученной сети. Дообучение (1 час).;
4. Введение в свёрточные сети. Входные карты признаков. Эффект границ, дополнение.

- Шаг свертки. Max-pooling (1 час).;
5. Обзор Keras. Готовые слои нейронных сетей. Функции активации. Функции потерь. Показатели качества. Оптимизаторы (1 час).;
 6. Линейная модель нейрона. Функции активации. SG и BackProp (1 час).;
 7. Обучение без учителя. Кластеризация. k-средних. Мягкая кластеризация k-средних. Агломеративная кластеризация (1 час).;
 8. Стохастический градиентный спуск. Метод опорных векторов. Метод опорных векторов для нелинейного случая. Проблема переобучения. Регуляризация (1 час).;
 9. Решающее дерево. Обрезка. Композиции алгоритмов. Бэггинг. Случайный лес. Градиентный бустинг. Градиентный бустинг над решающими деревьями (1 час).;
 10. Логистическая регрессия. Регуляризация лог. регрессии. Метрики качества: accuracy, precision, recall. F-мера. AUC-PR, AUC-ROC кривые (1 час).;
 11. Обучение с подкреплением. Максимизация будущих вознаграждений. Q-обучение. Глубокая Q-сеть как Q-функция. Исследование и использование. Воспроизведение опыта (1 час).;
 12. Наивный байесовский классификатор (1 час).;
 13. Метод k ближайших соседей. Метод окна Парзена. Оценка качества модели. Кросс-валидация. Линейная модель классификации (1 час).;
 14. Формальная постановка задач МО. Описание объектов и ответов. Обзор программных инструментов (1 час).;
 15. Анализ и предварительная обработка данных. Работа с категориальными и текстовыми признаками. TF-IDF (1 час).;
 16. Порождающие состязательные сети. Использование GPU (1 час)..

3.4. Темы лабораторных работ

1. 1.Метод k-ближайших соседей. Линейные методы (4 часа).;
2. 2.Решающее дерево. Композиция решающих деревьев. Ядерный метод опорных векторов (4 часа).;
3. 3.Многослойный перцептрон (4 часа).;
4. 4.Рекуррентные нейронные сети (4 часа)..

3.5 Консультации

Индивидуальные консультации по курсовому проекту /работе (ИККП)

1. Консультации проводятся по курсовому проекту
2. Консультации проводятся по курсовому проекту
3. Консультации проводятся по курсовому проекту
4. Консультации проводятся по курсовому проекту

3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ

3 Семестр

Курсовой проект (КП)

Темы:

- Применение методов машинного обучения для решения задач электроэнергетики

График выполнения курсового проекта

Неделя	1 - 4	5 - 8	Зачетная
Раздел курсового проекта	1, 2, 3	4, 5	Защита курсового проекта
Объем	50	50	-

раздела, %			
Выполненный объем нарастающим итогом, %	50	100	-

Номер раздела	Раздел курсового проекта
1	Формализация задачи машинного обучения
2	Сбор и формирование данных
3	Анализ и предобработка данных
4	Обоснование выбора алгоритма машинного обучения
5	Обучение алгоритма
6	Оценка качества алгоритма

3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)				Оценочное средство (тип и наименование)
		1	2	3	4	
Знать:						
–синтаксис высокоуровневого языка программирования Python; – распространённые библиотеки, реализующих модели машинного обучения;	ИД-2ПК-3		+			Лабораторная работа/Защита лабораторной работы №2
–распространённые библиотеки, реализующих визуализацию данных; – устройство моделей машинного обучения; –класс задач, реализуемых методами машинного обучения;	ИД-4ПК-3	+				Лабораторная работа/Защита лабораторной работы №1
Уметь:						
–применять высокоуровневый язык Python для анализа и предобработки данных; –использовать интерактивную среду разработки;	ИД-2ПК-3				+	Лабораторная работа/Защита лабораторной работы №4
– строить предиктивные модели для задач классификации и регрессии; – оценивать качество моделей машинного обучения;	ИД-4ПК-3			+		Лабораторная работа/Защита лабораторной работы №3

4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)

4.1. Текущий контроль успеваемости

3 семестр

Форма реализации: Защита задания

1. Защита лабораторной работы №1 (Лабораторная работа)
2. Защита лабораторной работы №2 (Лабораторная работа)
3. Защита лабораторной работы №3 (Лабораторная работа)
4. Защита лабораторной работы №4 (Лабораторная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

Балльно-рейтинговая структура курсового проекта является приложением Б.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №3)

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и аттестационной составляющих.

Курсовой проект (КП) (Семестр №3)

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и аттестационной составляющих.

Примечание: Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. Office;
2. Windows.

5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
4. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
5. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
6. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
7. ЭБС "Консультант студента" - <http://www.studentlibrary.ru/>
8. База данных IEL издательства IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.) - <https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp?reload=true>
9. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
10. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Д-209, Учебная аудитория	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Д-209, Учебная аудитория	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	Г-101в-1, Лаборатория Автоматики кафедры РЗиАЭ	стул, шкаф для документов, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, оборудование специализированное, компьютер персональный, кондиционер
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Д-209, Учебная аудитория	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая
Помещения для самостоятельной работы	Д-114, Компьютерный класс кафедры РЗиАЭ	стол, стул, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный
	Д-105, Компьютерный класс кафедры РЗиАЭ	стол, стул, компьютерная сеть с выходом в Интернет, доска маркерная, компьютер персональный
Помещения для консультирования	Д-108, Кабинет сотрудников каф. "РЗиАЭ"	кресло рабочее, стол, стул, компьютерная сеть с выходом в Интернет, доска маркерная, компьютер персональный, принтер
	Д-106, Кабинет сотрудников каф. "РЗиАЭ"	кресло рабочее, стол, стул, шкаф, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный
	Д-103/1, Помещение каф. "РЗиАЭ"	кресло рабочее, стол, стул, шкаф для документов, компьютерная сеть с выходом в Интернет, доска маркерная, компьютер персональный, принтер
	Д-210, Помещение сотрудников кафедры РЗиАЭ	кресло рабочее, стол, шкаф для документов, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер
	Д-208, Помещение кафедры РЗиАЭ	стол, стул, компьютер персональный
	Д-211, Помещение кафедры РЗиАЭ	кресло рабочее, стол, стул, шкаф для документов, компьютер персональный, принтер
	г-101в-3, Рабочее помещение сотрудников кафедры РЗиАЭ	кресло рабочее, стул, шкаф для документов, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, кондиционер
Помещения для	Д-103/2, Склад	компьютерная сеть с выходом в Интернет,

хранения оборудования и учебного инвентаря	кафедры РЗиАЭ	оборудование специализированное
---	---------------	---------------------------------

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Применение методов ИИ в электроэнергетике

(название дисциплины)

3 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

КМ-1 Защита лабораторной работы №1 (Лабораторная работа)

КМ-2 Защита лабораторной работы №2 (Лабораторная работа)

КМ-3 Защита лабораторной работы №3 (Лабораторная работа)

КМ-4 Защита лабораторной работы №4 (Лабораторная работа)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	4	8	12	16
1	Формальная постановка задач МО. Метрические и линейные методы классификации и регрессии.					
1.1	Формальная постановка задач МО. Метрические и линейные методы классификации и регрессии.		+			
2	Решающие деревья, композиции алгоритмов и обучение без учителя.					
2.1	Решающие деревья, композиции алгоритмов и обучение без учителя.			+		
3	Нейронные сети прямого распространения. Глубокие нейронные свёрточные сети.					
3.1	Нейронные сети прямого распространения. Глубокие нейронные свёрточные сети.				+	
4	Рекуррентные нейронные сети. Обучение с подкреплением.					
4.1	Рекуррентные нейронные сети. Обучение с подкреплением.					+
Вес КМ, %:			25	25	25	25

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА КУРСОВОГО ПРОЕКТА/РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Применение методов ИИ в электроэнергетике

(название дисциплины)

3 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по курсовому проекту:

КМ-1 Соблюдение графика выполнения КП/КР 1-3 раздела курсового проекта

КМ-2 Соблюдение графика выполнения КП/КР 4-6 раздела курсового проекта

Вид промежуточной аттестации – защита КП.

Номер раздела	Раздел курсового проекта/курсовой работы	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2
		Неделя КМ:	4	8
1	Формализация задачи машинного обучения		+	
2	Сбор и формирование данных		+	
3	Анализ и предобработка данных		+	
4	Обоснование выбора алгоритма машинного обучения			+
5	Обучение алгоритма			+
6	Оценка качества алгоритма			
Вес КМ, %:			50	50