

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Беспалов Владимир Александрович

Должность: Ректор

Дата подписания: 05.02.2025 12:02:28

Уникальный программный ключ:

ef5a4fe6ed0ffdf3f1a49d6ad1b49464dc1bf7354f736d76c8f8bea882b8d602

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

«Национальный исследовательский университет

«Московский институт электронной техники»



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

А.Г. Балашов

«15» сентября 2024 г.

М.П.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Средства САПР с использованием машинного обучения и нейронных сетей»

Направление подготовки – 09.04.01 «Информатика и вычислительная техника»

Направленность (профиль) – «Программные средства САПР сверхбольших интегральных схем и систем на кристалле»

Программа разработана в Передовой инженерной школе

«Средства проектирования и производства электронной компонентной базы»

Москва 2024 г.

1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

Дисциплина участвует в формировании следующих компетенций образовательной программы:

Компетенция	Подкомпетенции, формируемые в дисциплине	Индикаторы достижения подкомпетенций
ОПК-2 Способен разрабатывать оригинальные алгоритмы и программные средства, в том числе с использованием современных интеллектуальных технологий, для решения профессиональных задач	ОПК-2. ССАПРМОиНС Способен применять методы машинного обучения и искусственного интеллекта в задачах автоматизации проектирования интегральных схем	Знания современных методов машинного обучения, искусственного интеллекта и нейронных сетей для обработки данных в САПР ИС. Умения выбирать и применять подходящие алгоритмы и архитектуры машинного обучения/ИИ для решения конкретных задач САПР. Опыт разработки программных модулей с использованием библиотек машинного обучения для автоматизации этапов проектирования ИС.
ОПК-3 Способен анализировать профессиональную информацию, выделять в ней главное, структурировать, оформлять и представлять в виде аналитических обзоров с обоснованными выводами и рекомендациями	ОПК-3. ССАПРМОиНС Способен проводить исследование и анализ алгоритмической составляющей методов машинного обучения и архитектур нейронных сетей для их практического применения в задачах обработки и анализа больших данных в области проектирования и производства электронной компонентной базы.	Знания принципов работы различных алгоритмов машинного обучения, архитектур нейронных сетей, методов оценки качества и производительности алгоритмов. Умения выбирать подходящие алгоритмы/архитектуры для решения конкретных задач анализа данных, проводить сравнительный анализ различных методов машинного обучения, оценивать применимость алгоритмов к данным разных типов. Опыт разработки прототипов и экспериментальных реализаций алгоритмов, а также исследования влияния гиперпараметров на качество работы моделей машинного обучения.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина входит в обязательную часть Блока 1 «Дисциплины (модули)» образовательной программы.

Входные требования к дисциплине – необходимы компетенции в области базовой информатики и программирования, математического анализа и дискретной математики, а также теоретических основ вычислительных машин и систем. Для успешного освоения дисциплины студентам требуется владение методами работы с большими данными, знание принципов обработки табличных данных и основ машинного обучения. Опыт использования языка программирования Python и специализированных. Важными также являются знания основ цифровой схемотехники и методов проектирования интегральных схем. Для успешного усвоения дисциплины наиболее важной является дисциплина «Методы обработки и анализа больших данных», изучаемая на 3 курсе бакалавриата.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Курс	Семестр	Общая трудоёмкость (ЗЕ)	Общая трудоёмкость (часы)	Контактная работа			Самостоятельная работа (часы)	Промежуточная аттестация
				Лекции (часы)	Лабораторные работы (часы)	Практические занятия (часы)		
1	2	4	144	16	16	-	76	Экз (36)

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ и наименование модуля	Контактная работа			Самостоятельная работа	Формы текущего контроля
	Лекции (часы)	Лабораторные работы (часы)	Практические занятия (часы)		
1. Методы обработки данных в задачах автоматизации проектирования интегральных схем	4	-	4	24	Выполнение и контроль самостоятельной работы к лекциям модуля 1
					Выполнение и защита лабораторных работ
2. Применение нейронных сетей для анализа и	8	-	8	28	Выполнение и контроль самостоятельной работы к лекциям модуля 2

№ и наименование модуля	Контактная работа			Самостоятельная работа	Формы текущего контроля
	Лекции (часы)	Лабораторные работы (часы)	Практические занятия (часы)		
оптимизации данных в системах автоматизированного проектирования					Выполнение и защита лабораторных работ
3. Использование нейронных сетей для генерации и трансформации данных в контексте проектирования ИС	2	-	4	16	Выполнение и контроль самостоятельной работы к лекциям модуля 3
					Выполнение и защита лабораторных работ
4. Спайковые нейронные сети и аппаратные реализации нейросетевых моделей для цифровых схем	2	-	-	8	Выполнение и контроль самостоятельной работы к лекциям модуля 4

4.1. Лекционные занятия

№ модуля дисциплины	№ лекции	Объем занятий (часы)	Краткое содержание
1	1	2	Введение в машинное обучение и его роль в автоматизации проектирования интегральных схем (ИС). Основные понятия и цели машинного обучения в контексте САПР. Классификация методов машинного обучения: с учителем, без учителя, с подкреплением. Типы данных (табличные, изображения, текст, звук) и их использование при проектировании ИС. Задачи машинного обучения (классификация, регрессия, кластеризация, сжатие данных) в задачах проектирования схем. Введение в библиотеки для машинного обучения (например, scikit-learn, TensorFlow, PyTorch).
	2.	2	Методы машинного обучения для оптимизации процессов проектирования цифровых схем. Методы обработки табличных данных в задачах САПР. Градиентный

№ модуля дисциплины	№ лекции	Объем занятий (часы)	Краткое содержание
			бустинг, деревья решений, «Случайный лес», «AdaBoost», «Gradient Boost» в оптимизации проектных решений. Использование CatBoost для работы с табличными данными в контексте проектирования ИС. Примеры применения в задачах регрессии и классификации при автоматизации проектирования.
	3	2	Простейшие нейронные сети и многослойный перцептрон для задач проектирования ИС. История и базовые концепции нейронных сетей и их использование в проектировании. Перцептрон, многослойный перцептрон, полносвязные слои в контексте моделирования цифровых схем. Функции активации (sigmoid, RELU). Обратное распространение ошибки. Пример использования многослойного перцептрона для задач классификации данных при разработке ИС.
	4	2	Сверточные нейронные сети (часть 1): применение в анализе и проектировании схем. Операция свёртки и её роль в обработке изображений схем. Применение свёрточных нейронных сетей для анализа изображений топологий цифровых схем. Архитектуры сверточных сетей, двумерная свёртка (Conv2D), MaxPooling, RELU, Dropout, BatchNormalization.
2	5	2	Сверточные нейронные сети (часть 2): оптимизация проектирования цифровых схем с использованием Transfer Learning. Продолжение темы свёрточных нейронных сетей, метод «Transfer Learning» для обработки данных проектирования схем. Примеры обработки данных в видеоформате и других типах данных, связанных с автоматизацией проектирования. Аугментации изображений и задачи, решаемые свёрточными сетями в САПР. Практическая тренировка моделей.
	6	2	Графовое представление информации и графовые нейронные сети в проектировании ИС. Графы как метод представления информации в САПР. Модуль networkx. Графовая свёртка как обобщение свёртки изображения в проектировании схем. Пространственный и спектральный подходы. Примеры использования графовых нейронных сетей в автоматизации проектирования.
	7	2	Генеративные нейронные сети для автоматизации создания и преобразования данных в САПР. Основные концепции генеративных нейронных сетей. GAN, диффузионные модели, ограниченная машина Больцмана, трансформеры в задачах проектирования. Примеры генерации текстов, изображений, синтеза речи и их роль в САПР.

№ модуля дисциплины	№ лекции	Объем занятий (часы)	Краткое содержание
	8	2	Спайковые нейронные сети и их аппаратные реализации в цифровых схемах. Принципы работы спайковых нейронных сетей и их применение в нейроморфных системах. Аппаратная реализация нейронных сетей на уровне нейрочипов, особенности архитектуры и проектирования. Модели представления информации, такие как модели проводимости и порогового значения. Преимущества и недостатки спайковых нейронных сетей в сравнении с классическими нейросетями. Примеры реализации нейроморфных чипов и их использование в современных задачах автоматизации проектирования.

4.2. Практические занятия

Не предусмотрены

4.3. Лабораторные работы

№ модуля дисциплины	№ лабораторной работы	Объем занятий (часы)	Наименование работы
1	1	4	Моделирование целевого параметра комбинационной схемы на основе косвенных признаков. Используя набор табличных данных, представляющих характеристики комбинационных схем (площадь, типы соединений, число логических уровней), необходимо создать модель машинного обучения, которая предсказывает устойчивость схем к случайным сбоям. Допустимо использовать методы, такие как логистическая регрессия, деревья решений или градиентный бустинг.
2	2	4	Предсказание тепловой карты IR Drop-а на основе изображений. Используя набор изображений, отражающих резистивную сетку питания цифровой схемы, удалённость элементов от источников напряжения и потребление тока ячейками, необходимо создать модель свёрточной нейронной сети для предсказания тепловой карты статического IR Drop-а. Примеры архитектур: Conv2D, MaxPooling, RELU, BatchNormalization.
	3	4	Анализ нетлистов с помощью графовых нейронных сетей. Используя графовые данные, представляющие нетлист цифровой схемы, необходимо создать модель графовой нейронной сети для анализа связности узлов схемы и предсказания критических путей. Задача модели — бинарная

№ модуля дисциплины	№ лабораторной работы	Объем занятий (часы)	Наименование работы
			классификация узлов.
3	4	4	Создание синтетических данных для проектирования схем с помощью генеративных моделей. Используя набор данных для проектирования цифровых схем, необходимо создать и натренировать генеративную состязательную сеть (GAN) для создания синтетических схемных топологий. Задача сети — генерировать варианты схем, удовлетворяющие заданным характеристикам.

4.4. Самостоятельная работа студентов

№ модуля дисциплины	Объем занятий (часы)	Вид СРС
1	12	Изучение среды разработки PyCharm и языка программирования Python для задач обработки данных в САПР, включая библиотеки pandas и networkx для анализа данных и графов. Изучение основ работы с Python для решения задач автоматизированного проектирования и анализа данных цифровых схем.
1, 2, 3	28	Изучение необходимой литературы и методических указаний для выполнения лабораторных работ по применению машинного обучения и нейронных сетей в проектировании интегральных схем. Внимание уделяется как теоретическим аспектам, так и практическим рекомендациям по использованию методов машинного обучения в САПР.
1, 2, 3, 4	36	Выполнение и контроль самостоятельной работы по темам лекций модулей 1, 2, 3 и 4, с акцентом на их применение в задачах автоматизации проектирования цифровых схем. Студенты должны подготовиться к каждому модулю, проработать примеры и закрепить материал с использованием дополнительных источников.

4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Не предусмотрены

5. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы студентов в составе УМК дисциплины (ОРИОКС// URL: , <http://orioks.miet.ru/>):

- Сценарий по дисциплине
- Методические рекомендации по выполнению лабораторных работ
- Ссылки на литературу по всей дисциплине
- Варианты заданий для экзамена.

6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Литература

- 1 Соловьев, Р. А. (Автор МИЭТ, ИППМ). Исследование методов повышения сбоеустойчивости аппаратных реализаций нейронных сетей / Р. А. Соловьев, Д. В. Тельпухов, И. А. Харитонов. - Текст : электронный // ЭЛЕКТРОННАЯ ТЕХНИКА. Серия 3. МИКРОЭЛЕКТРОНИКА. - Москва : Техносфера, 2019. - № 2(174). - С. 72-77. - URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=39151621> (дата обращения: 01.06.2023).
- 2 Методы моделирования радиационно-индуцированных случайных сбоев в комбинационных схемах на схемотехническом и логическом уровне / Д. В. Тельпухов, В. В. Надоленко, А. И. Деменева, Т. Д. Жукова. - Текст : электронный // НАНОИНДУСТРИЯ. - Москва : Техносфера, 2020. - № S5-2(102) : Доклады конференции. - С. 340-349. - URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44727028> (дата обращения: 01.07.2021).
- 3 Рутковская Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы : Пер. с польск. И.Д.Рудинского / Д. Рутковская, М. Пилиньский, Л. Рутковский. - 2-е изд. - Москва : Горячая линия-Телеком, 2013. - 384 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/11843> (дата обращения: 10.12.2020). - ISBN 978-5-9912-0320-3.
- 4 Галушкин, А. И. Нейронные сети. Основы теории / А. И. Галушкин. - Москва : Горячая линия-Телеком, 2017. - 496 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/111043> (дата обращения: 26.04.2023). - ISBN 978-5-9912-0082-0. - Текст : электронный.
- 5 Обработка изображений с помощью OpenCV / Г.Б. Гарсия, О.Д. Суарес, Х.Л.Э. Аранда [и др.] ; Пер. с англ. А.А. Слинкина. - М. : ДМК Пресс, 2016. - 210 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/90116> (дата обращения: 08.12.2020). - ISBN 978-5-97060-387-1
- 6 Циликов Н.С. Модель графовой нейронной сети для ранжирования веб-страниц / Н.С. Циликов, С.А. Федосин. - ISBN 978-5-7256-0696-6 // Актуальные проблемы информатизации в науке, образовании и экономике - 2012. 5-я Всероссийская межвузовская научно-практическая конференция. (Зеленоград, 17-19 октября 2012 г.). - М. : МИЭТ, 2012. - С. 129

Нормативная литература

Не требуется

Периодические издания

- 1 Известия вузов. Электроника: Научно-технический журнал / М-во образования и науки РФ; МИЭТ; Гл. ред. Ю.А. Чаплыгин. - М. : МИЭТ, 1996 - . - ISSN 1561 - 5405
- 2 IEEE TRANSACTIONSON COMPUTER AIDED DESIGN OFI NTEGRATED CIRCUITS & SYSTEMS. - USA : IEEE, [б.г.]. – URL: <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/RecentIssue.jsp?punumber=43>. – Режим доступа: из локальной сети НИУ МИЭТ в рамках проекта "Национальная подписка"

7. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ БАЗ ДАННЫХ, ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ

- 1 IEEE/IET Electronic Library (IEL) [Электронный ресурс] = IEEE Xplore : Электронная библиотека. - USA ; UK, 1998-. - URL: <https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp> (дата обращения : 10.01.2024). - Режим доступа: из локальной сети НИУ МИЭТ в рамках проекта «Национальная подписка»
- 2 Лань : Электронно-библиотечная система Издательства Лань. - СПб., 2011-. - URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 10.01.2024). - Режим доступа: для авторизованных пользователей МИЭТ
- 3 Юрайт : Электронно-библиотечная система : образовательная платформа. - Москва, 2013 - . - URL: <https://urait.ru/> (дата обращения : 10.01.2024); Режим доступа: для авторизованных пользователей МИЭТ.
- 4 eLIBRARY.RU : Научная электронная библиотека: сайт. - Москва, 2000 -. - URL: <https://www.elibrary.ru/defaultx.asp> (дата обращения: 10.01.2024). - Режим доступа: для зарегистрированных пользователей

8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В ходе реализации дисциплины используется **смешанное обучение**, в основе которого лежит интеграция технологий традиционного и электронного освоения компетенций, в частности за счет использования онлайн тестирования, взаимодействие со студентами в электронной образовательной среде.

Освоение образовательной программы обеспечивается ресурсами электронной информационно-образовательной среды ОРИОКС.

Для взаимодействия студентов с преподавателем используются сервисы обратной связи: раздел ОРИОКС «Домашние задания», электронная почта, сервисы видеоконференцсвязи, социальные сети.

В процессе обучения при проведении занятий и для самостоятельной работы используются **внутренние электронные ресурсы** в формах тестирования в ОРИОКС и MOODLe.

При проведении занятий и для самостоятельной работы используются **внешние электронные ресурсы** в формах:

Coursera — Machine Learning by Stanford University
<https://www.coursera.org/learn/machine-learning>

Deep Learning Specialization by DeepLearning.AI
<https://www.coursera.org/specializations/deep-learning>

Elements of AI — Introduction to AI
<https://www.elementsofai.com/>

edX — Foundations of Data Science
<https://www.edx.org/course/foundations-of-data-science>

YouTube — Corey Schafer Python Tutorials
<https://www.youtube.com/user/schafer5>

YouTube — Sentdex Machine Learning & AI
<https://www.youtube.com/user/sentdex>

Kaggle — Datasets and Tutorials for Machine Learning
<https://www.kaggle.com/>

GitHub — Repository for Machine Learning Projects
<https://github.com/topics/machine-learning>

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Перечень программного обеспечения
Учебная аудитория	Компьютер с мультимедийным оборудованием	Win pro от 7, Microsoft Office Professional Plus или Open Office, браузер (Firefox, Google Chrome); Acrobat reader DC
Лаборатория	Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду МИЭТ.	PyCharm Python 3.x pandas, NumPy, scikit-learn TensorFlow или PyTorch Matplotlib или Seaborn networkx Jupyter Notebook SPICE/NG-Spice
Помещение для самостоятельной работы	Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду МИЭТ	Операционная система Microsoft Windows Microsoft Office браузер Acrobat reader DC

10. ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕРКИ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ/ПОДКОМПЕТЕНЦИЙ

ФОС по компетенции/подкомпетенции:

ОПК-2. ССАПРМОиНС Способен применять методы машинного обучения и искусственного интеллекта в задачах автоматизации проектирования интегральных схем

ОПК-3. ССАПРМОиНС Способен проводить исследование и анализ алгоритмической составляющей методов машинного обучения и архитектур нейронных сетей для их практического применения в задачах обработки и анализа больших данных в области проектирования и производства электронной компонентной базы.

Фонды оценочных средств представлены отдельными документами и размещены в составе УМК дисциплины электронной информационной образовательной среды ОРИОКС// URL: [HTTP://ORIOKS.MIET.RU/](http://ORIOKS.MIET.RU/).

11. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

11.1. Особенности организации процесса обучения

Студенты должны самостоятельно изучать материал, представленный в каждом модуле дисциплины, с применением предложенной учебной литературы и ресурсов. Каждый модуль включает в себя теоретический и практический компонент, который позволяет студентам лучше освоить методы машинного обучения и нейронных сетей в контексте автоматизированного проектирования интегральных схем (САПР).

Материал дисциплины представлен четырьмя модулями.

В первом модуле рассматриваются основы машинного обучения и его применение в задачах автоматизации проектирования цифровых схем, методы обработки табличных данных и их использование в САПР.

Во втором модуле уделяется внимание нейронным сетям различных архитектур для анализа данных в проектировании интегральных схем.

Третий модуль посвящён методам работы с нейронными сетями для генерации и преобразования данных в САПР.

Четвёртый модуль изучает спайковые нейронные сети и аппаратную реализацию нейронных сетей в нейроморфных и цифровых схемах.

Защита лабораторной работы проходит в виде публичной демонстрации выполненного задания. Студент должен продемонстрировать как теоретическое понимание, так и практическую реализацию задачи, поставленной в лабораторной работе. Защита состоит из краткого отчёта по проделанной работе, ответов на вопросы преподавателя и демонстрации работоспособности созданной модели или алгоритма.

Для закрепления полученных знаний и в качестве практической составляющей подготовки, студентам необходимо выполнить самостоятельные индивидуальные работы, тесно связанные с тематикой лабораторных работ. Самостоятельные работы могут проходить как в аудиториях для самостоятельной подготовки, так и дома. Эти работы включают в себя разработку и тестирование моделей для задач САПР, анализ и интерпретацию результатов, а также написание отчётов. Самостоятельные работы выполняются каждым студентом индивидуально, без помощи преподавателя.

Критерием оценки самостоятельных работ является качество разработанных моделей, корректность их работы, полнота анализа результатов, а также умение студента аргументировать и объяснить принятые решения.

Полученные на лекциях и лабораторных работах знания активно применяются студентами при выполнении индивидуальных заданий, а также при написании выпускных квалификационных работ. Опыт, приобретённый в процессе выполнения лабораторных работ, будет полезен при работе в профессиональной сфере проектирования цифровых и нейроморфных систем.

11.2. Система контроля и оценивания

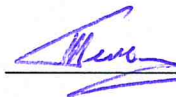
Для оценки успеваемости студентов по дисциплине используется накопительная балльная система.

Баллами оцениваются: выполнение каждого контрольного мероприятия в семестре (в сумме 80 баллов) и сдача экзамена (20 баллов).

По сумме баллов выставляется итоговая оценка по предмету. Структура и график контрольных мероприятий доступен в ОРИОКС// URL: <http://orioks.miet.ru/>.

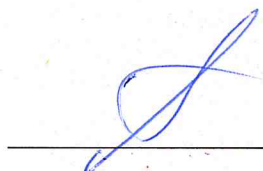
РАЗРАБОТЧИКИ:

Профессор Института ИнЭл, д.т.н.

 /Д.В. Тельпухов/

Рабочая программа дисциплины «Средства САПР с использованием машинного обучения и нейронных сетей» по направлению подготовки 09.04.01 «Информатика и вычислительная техника», направленность (профиль) «Программные средства САПР сверхбольших интегральных схем и систем на кристалле» разработана в Институте ИнЭл и утверждена на заседании Ученого совета Института ИнЭл 06.09 2024 года, протокол № 1

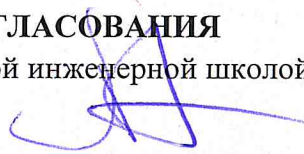
Директор Института ИнЭл

 /В.В. Лосев/

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рабочая программа согласована с Передовой инженерной школой

Директор ПИШ

 /А.Л. Переверзев /

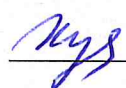
Рабочая программа согласована с Центром подготовки к аккредитации и независимой оценки качества

Начальник АНОК

 /И.М. Никулина /

Рабочая программа согласована с библиотекой МИЭТ

/ Директор библиотеки

 /Т.П. Филиппова/