Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Беспалов Владимир Александрович
Должность: Ректор МИЭТ
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
«13» 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, двухмерная 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 NTERGRATED 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 авторизированных пользователей МИЭТ

3 Юрайт : Электронно-библиотечная система : образовательная платформа. - Москва, 2013 - . - URL: https://urait.ru/ (дата обращения : 10.01.2024); Режим доступа: для авторизированных 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 Crome); 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/**.

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/

/Корнеева А.В./