

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной работе

Дата подписания: 29.08.2023 17:31:30

Уникальный идентификатор документа:

d7a26b9e8ca85e98ec3de2eb454b4659d061f249

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования**

«Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»

Рабочая программа дисциплины (модуля)

Квантовые вычисления

Закреплена за подразделением

Кафедра инженерной кибернетики

Направление подготовки

09.04.03 ПРИКЛАДНАЯ ИНФОРМАТИКА

Профиль

Искусственный интеллект и машинное обучение

Квалификация

Магистр

Форма обучения

очная

Общая трудоемкость

3 ЗЕТ

Часов по учебному плану

108

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

зачет с оценкой 1

аудиторные занятия

34

курсовая работа 1

самостоятельная работа

74

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	1 (1.1)		Итого	
	УП	РП	УП	РП
Неделя	18			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	9	9	9	9
Практические	25	25	25	25
Итого ауд.	34	34	34	34
Контактная работа	34	34	34	34
Сам. работа	74	74	74	74
Итого	108	108	108	108

Программу составил(и):

- , ст.преп., Ширкин Сергей Владимирович

Рабочая программа

Квантовые вычисления

Разработана в соответствии с ОС ВО:

Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт высшего образования - магистратура Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» по направлению подготовки 09.04.03 ПРИКЛАДНАЯ ИНФОРМАТИКА (приказ от 05.03.2020 г. № 95 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

09.04.03 ПРИКЛАДНАЯ ИНФОРМАТИКА, 09.04.03-МПИ-23-1.plx Искусственный интеллект и машинное обучение, утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 22.06.2023, протокол № 5-23

Утверждена в составе ОПОП ВО:

09.04.03 ПРИКЛАДНАЯ ИНФОРМАТИКА, Искусственный интеллект и машинное обучение, утвержденной Ученым советом НИТУ МИСИС 22.06.2023, протокол № 5-23

Рабочая программа одобрена на заседании

Кафедра инженерной кибернетики

Протокол от 17.02.2023 г., №12

Руководитель подразделения Ефимов А.Р.

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ

1.1	Цели освоения дисциплины - понимать основные принципы квантовых вычислений, работу многокубитных схем квантовых компьютеров, физические и математические основы квантовых алгоритмов, а также их конкретные примеры: задачу Дойча, алгоритмы Саймона, Гровера, Шора. Студенты разберут методы исправления ошибок в квантовом компьютере (код Шора, коды Кальдербанка-Шора-Стина). Немаловажная часть курса - написание программ для квантовых симуляторов и реальных квантовых компьютеров в облачных сервисах с использованием библиотек Python: Qiskit, PennyLane.
-----	--

2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Блок ОП:		Б1.В.ДВ.04
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:	
2.2	Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:	
2.2.1	Алгоритмизация и программирование	
2.2.2	Инженерия машинного обучения	
2.2.3	Искусственный интеллект в задачах обработки естественного языка	
2.2.4	Искусственный интеллект в задачах распознавания образов	
2.2.5	Методология DevOps в машинном обучении	
2.2.6	Научно-исследовательская практика	
2.2.7	Педагогическая практика	
2.2.8	Производственная практика	
2.2.9	Современные интеллектуальные сетевые сервисы	
2.2.10	Блокчейн - технологии	
2.2.11	Интеллектуальные мультиагентные системы	
2.2.12	Искусственный интеллект в компьютерных играх	
2.2.13	Искусственный интеллект в медицине	
2.2.14	Искусственный интеллект в финансовых технологиях	
2.2.15	Научно-исследовательская работа	
2.2.16	Правовые аспекты использования искусственного интеллекта	
2.2.17	Современные устройства центров обработки больших данных	
2.2.18	Экспертные и рекомендательные, информационно-аналитические системы	
2.2.19	Методы искусственного интеллекта в робототехнических системах	
2.2.20	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.21	Преддипломная практика	

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ

ОПК-1: Способен самостоятельно приобретать, развивать и применять математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания для решения нестандартных задач, в том числе в новой или незнакомой среде и в междисциплинарном контексте
Знать:
ОПК-1-31 Физические основы работы кубита.
ПК-1: Проведение работ по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований
Знать:
ПК-1-31 Основные принципы работы квантовых компьютеров.
ОПК-2: Способен проектировать и разрабатывать оригинальные алгоритмы и программные средства, в том числе с использованием современных интеллектуальных технологий, для решения профессиональных задач в условиях неопределенности и альтернативных решений в рамках междисциплинарных областей
Знать:
ОПК-2-31 Принципы работы квантовых алгоритмов.
ОПК-4: Способен применять на практике новые научные принципы и методы исследований
Уметь:
ОПК-4-У1 Составлять квантовые схемы и программировать их.

УК-2: Способен интегрировать знания и принимать решения в сложных ситуациях, формулировать суждения на основе неполной или ограниченной информации, управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла
Уметь:
УК-2-У1 Создавать программы для квантовых симуляторов и квантовых компьютеров в облаке.
УК-1: Способен осуществлять критический анализ новых и сложных инженерных объектов, процессов и систем в междисциплинарном контексте, проблемных ситуаций на основе системного подхода, выбрать и применить наиболее подходящие и актуальные методы из существующих аналитических, вычислительных и экспериментальных методов или новых и инновационных методов, вырабатывать стратегию действий
Уметь:
УК-1-У1 Создавать квантовые алгоритмы.
ПК-1: Проведение работ по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований
Владеть:
ПК-1-В1 Основные методы исправления квантовых ошибок.
ОПК-5: Способен разрабатывать и модернизировать программное и аппаратное обеспечение информационных и автоматизированных систем
Владеть:
ОПК-5-В1 Работа с библиотеками Python для квантовых вычислений: Qiskit, PennyLane.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Формируемые индикаторы компетенций	Литература и эл. ресурсы	Примечание	КМ	Выполняемые работы
	Раздел 1. Введение в квантовые технологии. Кубит. Суперпозиция							
1.1	Введение в квантовые технологии. Кубит. Суперпозиция /Лек/	1	4	ОПК-1-31 ПК-1-31	Л1.2			
1.2	Самостоятельная работа по материалам лекций /Ср/	1	10	ОПК-1-31 ПК-1-31	Л1.2			
	Раздел 2. Сфера Блоха. Многокубитные системы							
2.1	Сфера Блоха. Многокубитные системы /Лек/	1	3	ОПК-4-У1 ПК-1-31	Л1.1Л1.2			
2.2	Самостоятельная работа по материалам лекций /Ср/	1	8	ОПК-4-У1 ПК-1-31	Л1.1Л1.2		КМ1	
	Раздел 3. Квантовая телепортация. Знакомство с библиотекой Qiskit							
3.1	Квантовая телепортация. Знакомство с библиотекой Qiskit /Пр/	1	6	УК-1-У1 УК-2-У1 ОПК-2-31 ОПК-4-У1 ОПК-5-В1	Л1.1Л1.2		КМ2	
3.2	Самостоятельная работа по программированию на Qiskit /Ср/	1	10	УК-1-У1 УК-2-У1 ОПК-2-31 ОПК-4-У1 ОПК-5-В1	Л1.1Л1.2			
	Раздел 4. Задача Дойча. Реализация с помощью библиотеки PennyLane							
4.1	Задача Дойча /Пр/	1	4	УК-1-У1 УК-2-У1 ОПК-2-31 ОПК-4-У1 ОПК-5-В1	Л1.1 Э1			
4.2	Самостоятельная работа по реализации задачи Дойча с помощью библиотеки PennyLane /Ср/	1	10	УК-1-У1 УК-2-У1 ОПК-2-31 ОПК-4-У1 ОПК-5-В1	Л1.1			

	Раздел 5. Алгоритм Саймона							
5.1	Алгоритм Саймона /Пр/	1	4	УК-1-У1 УК-2-У1 ОПК-2-31 ОПК-4-У1 ОПК-5-В1	Л1.2			
5.2	Самостоятельная работа по реализации алгоритма Саймона с помощью библиотеки Qiskit /Ср/	1	6	УК-1-У1 УК-2-У1 ОПК-2-31 ОПК-4-У1 ОПК-5-В1	Л1.2			
	Раздел 6. Алгоритм Гровера. Реализация на PennyLane							
6.1	Алгоритм Гровера /Пр/	1	4	УК-1-У1 УК-2-У1 ОПК-2-31 ОПК-4-У1 ОПК-5-В1	Л1.2			
6.2	Самостоятельная работа по реализации алгоритма Гровера на PennyLane /Ср/	1	12	УК-1-У1 УК-2-У1 ОПК-2-31 ОПК-4-У1 ОПК-5-В1	Л1.2			
	Раздел 7. Алгоритм Шора							
7.1	Алгоритм Шора /Пр/	1	7	УК-1-У1 УК-2-У1 ОПК-2-31 ОПК-4-У1 ОПК-5-В1	Л1.2			Р1
7.2	Самостоятельная работа по алгоритму Шора /Ср/	1	12	УК-1-У1 УК-2-У1 ОПК-2-31 ОПК-4-У1 ОПК-5-В1	Л1.2			
	Раздел 8. Квантовая коррекция ошибок							
8.1	Квантовая коррекция ошибок /Лек/	1	2	ОПК-2-31 ПК-1-В1	Л1.2			
8.2	Самостоятельная работа по квантовой коррекции ошибок /Ср/	1	6	ОПК-2-31 ПК-1-В1	Л1.2			Р2

5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

5.1. Контрольные мероприятия (контрольная работа, тест, коллоквиум, экзамен и т.п), вопросы для самостоятельной подготовки

Код КМ	Контрольное мероприятие	Проверяемые индикаторы компетенций	Вопросы для подготовки
--------	-------------------------	------------------------------------	------------------------

КМ1	Контрольная работа 1	ОПК-1-31;ПК-1-31;ОПК-4-У1	<p>1. Известно, что кубит находится в суперпозиции, причем вероятность получить 1 после измерения равна 0.36. Какие значения может иметь амплитуда состояния 0 (до измерения)?</p> <p>2. Запишите состояние 010 в виде вектора-столбца.</p> <p>3. К кубиту, находящемуся в состоянии 0, применили оператор X, а затем Z. Какое состояние кубита будет получено?</p> <p>4. Каковы вероятности получения 0 и 1 после измерения кубита из предыдущего задания (после применения операторов).</p> <p>5. Если к кубиту в состоянии 0 применить операторы как в задании 3, но в обратном порядке, будет ли получено то же состояние, что и в задании 3?</p> <p>6. Используя какие-либо матрицы Паули, получите состояние $i1$.</p> <p>7. К двухкубитной системе в первоначальном состоянии 00 к первому кубиту применен оператор X, а ко второму - оператор Z. Произведите расчеты для получения итогового состояния с использованием матриц и векторов.</p> <p>8. В приборе Штерна-Герлаха создается неоднородное магнитное поле. Посмотрите на его схему в лекции 1 и напишите, куда вероятнее всего (верх или вниз) направится атом серебра, в котором "южный" полюс внешнего электрона вверху, а "северный" внизу? Напишите краткое обоснование ответа.</p>
КМ2	Контрольная работа 2	ОПК-5-В1;ОПК-4-У1;ОПК-2-31;УК-2-У1;УК-1-У1	<p>1. Представьте число $3 + 2i$ в показательной и тригонометрической форме.</p> <p>2. Для состояния кубита с произвольными комплексными коэффициентами при состояниях нормируйте амплитуды, а затем избавьтесь от мнимой части в амплитуде при состоянии 0. Полученное состояние должно быть равно исходному состоянию с точностью до фазы.</p> <p>3. Используя библиотеку Qiskit и сервис http://colab.research.google.com, создайте 4 состояния Белла.</p> <p>4. Используя Quantum Composer на сервисе IBM, создайте схему квантовой телепортации для случая, когда состояние кубита телепортируется внутри одной квантовой схемы (без классических каналов передачи информации).</p> <p>5. Сделайте предыдущее задание, используя вместо Quantum Composer сервис Colab и библиотеку Qiskit.</p> <p>6. С помощью библиотек Qiskit создайте схемы для операторов классической логики: И, НЕ, ИЛИ, Исключающее ИЛИ. При создании этих операторов используйте вспомогательные кубиты.</p>

5.2. Перечень работ, выполняемых по дисциплине (Курсовая работа, Курсовой проект, РГР, Реферат, ЛР, ПР и т.п.)

Код работы	Название работы	Проверяемые индикаторы компетенций	Содержание работы
P1	Практическая работа 1	ОПК-5-В1;ОПК-4-У1;ОПК-2-31;УК-2-У1;УК-1-У1	Запрограммировать один из алгоритмов: алгоритм Дойча, Гровера, Саймона с помощью библиотек Qiskit и/или PennyLane.
P2	Практическая работа 2	ПК-1-В1;ПК-1-31;ОПК-2-31	Реализовать один из кодов исправления квантовых ошибок с помощью библиотеки Qiskit

5.3. Оценочные материалы, используемые для экзамена (описание билетов, тестов и т.п.)

Экзамен по курсу не предусмотрен

5.4. Методика оценки освоения дисциплины (модуля, практики. НИР)

Оценка студента формируется как среднеарифметическая по контрольным и практическим работам.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ**6.1. Рекомендуемая литература****6.1.1. Основная литература**

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.1	Ильичев Е. В., Гринберг Я. С.	Квантовая информатика и квантовые биты на основе сверхпроводниковых джозефсоновских структур: учебник	Электронная библиотека	Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2013

6.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Шень А. Х., Вялый М. Н.	Классические и квантовые вычисления: курс: учебное пособие	Электронная библиотека	Москва: Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), 2007

6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Э1	Сергей Ширкин - Задача Дойча (подробное объяснение)	https://www.youtube.com/watch?v=IsfwAc9gkP8
----	---	---

6.3 Перечень программного обеспечения

П.1	Python
П.2	ОС Linux (Ubuntu) / Windows

6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных**7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ**

Ауд.	Назначение	Оснащение
Б-907	Учебная аудитория	1 стационарный компьютер, пакет лицензионных программ MS Office, комплект учебной мебели на 42 посадочных места, демонстрационное оборудование: доска, проектор мультимедийный x 2, экран x 2, колонки
Б-907	Учебная аудитория	1 стационарный компьютер, пакет лицензионных программ MS Office, комплект учебной мебели на 42 посадочных места, демонстрационное оборудование: доска, проектор мультимедийный x 2, экран x 2, колонки
Читальный зал №3 (Б)		комплект учебной мебели на 44 места для обучающихся, МФУ Xerox VersaLink B7025 с функцией масштабирования текстов и изображений, 8 ПК с доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus.

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Лекции читаются в аудиториях и, одновременно, дистанционно в MS Teams.

- Практические занятия проводятся в аудиториях кафедры инженерной кибернетики института ИТАСУ.
- Для самостоятельной работы используется электронная обучающая система Canvas.
- Консультации по курсу проводятся преподавателем по календарному плану графику в аудиториях кафедры, а также с использованием средств дистанционного общения электронной обучающей системы Canvas.
- Текущий контроль проводится как в электронной форме на компьютерах в дисплейных классах кафедры с использованием электронной обучающей системы Canvas, так и в очной форме на занятиях в аудиториях кафедры. Для подготовки к контрольным мероприятиям студенту выдается перечень тем, по материалу которых будет контрольное мероприятие. Подготовить к контрольной работе студента возможно при консультациях в системе смешанного обучения Canvas и консультациях на очных занятиях.
- Обучение организуется в соответствии с настоящей программой. Самостоятельная работа студентов организуется и контролируется с помощью электронных версий конспекта лекций и пособий с вопросами для самопроверки, а также индивидуального опроса студентов во время проведения практических работ, защиты заданий.
- Для самостоятельной работы студентам предоставляются дисплейные классы библиотеки НИТУ МИСиС. В процессе самостоятельной работы студенты используют электронную обучающую систему Canvas, в которую помещены Лекции, практические работы с разобранными примерами решений, вопросы для самоподготовки, списки тем для

контрольных мероприятий, а также рекомендации и методические руководства.