

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

ИНСТИТУТ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ КИБЕРНЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ  
КАФЕДРА КРИПТОЛОГИИ И ДИСКРЕТНОЙ МАТЕМАТИКИ

ОДОБРЕНО УМС ИИКС

Протокол № 8/1/2024

от 28.08.2024 г.

### РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

#### АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ДОСТАВКИ И РАЗВЕРТЫВАНИЯ МОДЕЛЕЙ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Направление подготовки  
(специальность)

[1] 01.04.02 Прикладная математика и информатика

Семестр	Трудоемкость, кредит.	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	В форме практической подготовки/ В	СРС, час.	КСР, час.	Форма(ы) контроля, экз./зач./КР/КП
3	4	144	23	11	0		110	0	30
Итого	4	144	23	11	0	0	110	0	

## АННОТАЦИЯ

изучение методов автоматизации процессов доставки и развертывания моделей машинного обучения

### 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

изучение методов автоматизации процессов доставки и развертывания моделей машинного обучения

### 2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

дисциплина профессионального цикла

### 3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
--------------------------------	--

Профессиональные компетенции в соответствии с задачами и объектами (областями знаний) профессиональной деятельности:

Задача профессиональной деятельности (ЗПД)	Объект или область знания	Код и наименование профессиональной компетенции; Основание (профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта)	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции
организационно-управленческий			
Организовывать разработку и эксплуатацию аналитических, прогнозных, управляющих и иных систем обработки данных, использующих модели машинного обучения	Программные средства решения аналитических, прогнозных, управленческих и других задач, их инфраструктура, а также массивы данных, подлежащих обработке	ПК-17.2 [1] - Способен организовывать и управлять процессом разработки и эксплуатации систем и средств обработки данных, использующих модели машинного обучения  <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 06.042	З-ПК-17.2[1] - Знать жизненный цикл разработки и эксплуатации моделей машинного обучения; У-ПК-17.2[1] - Уметь грамотно применять инструменты разработки и поддержки моделей машинного обучения; В-ПК-17.2[1] - Владеть приёмами разработки ПО, администрирования сетей и программных комплексов

научно-исследовательский			
Формулировать и решать задачи, требующие применения машинного обучения	Методы, модели и алгоритмы машинного обучения	<p>ПК-3 [1] - способен развивать инновационный потенциал новых научных и научно-технологических разработок</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 06.042</p>	<p>З-ПК-3[1] - Знать основы планирования и организации научных исследований в профессиональной области; методику постановки задач по решению теоретических и прикладных исследовательских проблем; методы и средства научных исследований в профессиональной области, правила и принципы научной этики, методы математического моделирования. ;</p> <p>У-ПК-3[1] - Уметь оценивать и развивать инновационный потенциал новых научных и научно-технологических разработок, осуществлять постановку задач по решению теоретических и прикладных исследовательских проблем; составить план научных исследований; выдвинуть гипотезы по направлению исследований и соотнести их с полученными результатами; организовать свою научно-исследовательскую работу; определять методы и средства научных исследований для решения конкретных</p>

			задач в своей предметной области; оценивать результаты исследований, использовать методы математического моделирования; В-ПК-3[1] - Владеть навыками постановки задач по решению теоретических и прикладных исследовательских проблем; навыками выбора и использования методов и средств научных исследований задач в своей предметной области; навыками методами работы с литературными источниками; методами анализа результатов научных исследований; методами обобщения результатов научных исследований для развития инновационного потенциала новых научных и научно-технологических разработок
--	--	--	---

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Разделы учебной дисциплины, их объем, сроки изучения и формы контроля:

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практик. (семинары) / Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
	<i>3 Семестр</i>						
1	Первый раздел	1-8	12/6/0		25	КИ-8	З-ПК-17.2, У-ПК-17.2, В-ПК-17.2,

						3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3
2	Второй раздел	9-16	11/5/0	25	КИ-16	3-ПК-17.2, У-ПК-17.2, В-ПК-17.2, 3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3
	<i>Итого за 3 Семестр</i>		23/11/0	50		
	<b>Контрольные мероприятия за 3 Семестр</b>			50	ЗО	3-ПК-17.2, У-ПК-17.2, В-ПК-17.2, 3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3

\* – сокращенное наименование формы контроля

\*\* – сумма максимальных баллов должна быть равна 100 за семестр, включая зачет и (или) экзамен

Сокращение наименований форм текущего контроля и аттестации разделов:

Обозначение	Полное наименование
ЗО	Зачет с оценкой
КИ	Контроль по итогам
З	Зачет

## КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>3 Семестр</i>	23	11	0
1-8	<b>Первый раздел</b>	12	6	0
	<b>Введение в MLOps-доставку и развёртывание</b> роль процессов доставки и развёртывания в MLOps, отличия между DevOps и MLOps, ключевые вызовы — перенос из локальной среды в продакшн, управление версиями, обеспечение воспроизводимости, критичность надёжной доставки и поддержки моделей для жизненного цикла ML-систем	Всего аудиторных часов 1 Онлайн 1	0 0 0	0
	<b>Подготовка моделей к развёртыванию</b> подготовка модели к деплою: конвертирование стандартные форматы (ONNX, TorchScript, SavedModel), применение оптимизации (Quantization, Pruning), оценка производительности на CPU/GPU и создание API-интерфейсов для интеграции	Всего аудиторных часов 1 Онлайн 1	1 0 0	0
	<b>Выбор и настройка инфраструктуры</b> выбор подходящей инфраструктуры под ML-задачи: облачные платформы (VK Cloud, Yandex Cloud, AWS, GCP), типы ресурсов (CPU, GPU, TPU), архитектурные	Всего аудиторных часов 2 Онлайн 2	1 0 0	0

	решения — Stateless vs Stateful, serverless и микросервисные подходы			
	<b>Контейнеризация и оркестрация: Docker + Kubernetes</b> создание оптимизированных Docker-образов, интеграция DVC и CI-сборки, использование Kubernetes (Pod, Deployment, Service, Ingress) для оркестрации и масштабирования ML-сервисов, принципы балансировки нагрузки и обеспечения доступности	Всего аудиторных часов		
		2	1	0
	<b>Онлайн</b>			
		2	0	0
	<b>Инфраструктура как код (IaC): Terraform</b> автоматизация создания инфраструктуры с помощью Terraform: виртуальные машины, хранилища и балансировщики в коде, работа с провайдерами (AWS, GCP, VK Cloud), управление состоянием и интеграция IaC в пайплайн	Всего аудиторных часов		
		2	1	0
	<b>Онлайн</b>			
		2	0	0
	<b>Автоматизация развёртывания: CI/CD для ML-продакшена</b> настройка CI/CD-процессов для ML: автоматический деплой при изменении кода или модели, тестирование и выпуск обновлений (Blue-Green, Canary-релизы) с использованием GitHub Actions или GitLab CI	Всего аудиторных часов		
		2	1	0
	<b>Онлайн</b>			
		2	0	0
	<b>Тестирование продакшн-окружений</b> тестирование развёрнутых ML-сервисов: end-to-end и нагрузочные тесты (Locust, k6), проверка отказоустойчивости, интеграционные тесты с фейковыми данными и анализ результатов	Всего аудиторных часов		
		2	1	0
	<b>Онлайн</b>			
		2	0	0
<b>9-16</b>	<b>Второй раздел</b>	11	5	0
	<b>Мониторинг и логирование</b> настройка систем мониторинга и логирования: сбор метрик (CPU, память, задержки, частота запросов) в Prometheus, визуализация их в Grafana, использование ELK/Loki для анализа логов и настройка алertsов для реагирования на сбои	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
	<b>Онлайн</b>			
		1	0	0
	<b>Мониторинг качества данных и моделей</b> отслеживание деградации моделей (Data Drift, Model Drift, Concept Drift) с помощью Evidently AI, WhyLabs, Arize, анализ распределений входных данных и динамики метрик качества в продакшне	Всего аудиторных часов		
		2	1	0
	<b>Онлайн</b>			
		2	0	0
	<b>Абстракции и управление моделями: MLflow Deployments, Seldon, KServe</b> платформы управления моделями в продакшне — MLflow Deployments, Seldon Core, KServe, выбор подходящих managed-сервисов для развёртывания, их преимущества и ограничения	Всего аудиторных часов		
		2	1	0
	<b>Онлайн</b>			
		2	0	0
	<b>Автоматическое обновление моделей (Model Retraining Pipeline)</b> проектирование автоматического пайплайна переобучения моделей: запуск переобучение по событиям (data triggers), интеграция процессов с Airflow, Prefect или Kubeflow, тестирование обновлённых версий	Всего аудиторных часов		
		2	1	0
	<b>Онлайн</b>			
		2	0	0
	<b>Масштабирование и высокая доступность</b> подходы к масштабированию и отказоустойчивости: горизонтальное и вертикальное масштабирование (HPA),	Всего аудиторных часов		
		2	1	0
	<b>Онлайн</b>			

	резервное копирование, failover, георепликация, работа с системами очередей (Redis, RabbitMQ)	2	0	0
	<b>Сквозной пример: от обучения до мониторинга</b> полный end-to-end MLOps-процесс — от обучения модели и упаковки в контейнер до развёртывания, мониторинга и переобучения, проектирование комплексной ML-инфраструктуры	Всего аудиторных часов		
		2	0	0
		Онлайн		
		2	0	0

Сокращенные наименования онлайн опций:

Обозначение	Полное наименование
ЭК	Электронный курс
ПМ	Полнотекстовый материал
ПЛ	Полнотекстовые лекции
ВМ	Видео-материалы
АМ	Аудио-материалы
Прз	Презентации
Т	Тесты
ЭСМ	Электронные справочные материалы
ИС	Интерактивный сайт

## 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Образовательные технологии сочетают в себе совокупность методов и средств для реализации определенного содержания обучения и воспитания в рамках дисциплины, включают решение дидактических и воспитательных задач, формируя основные понятия дисциплины, технологии проведения занятий, усвоения новых знаний, технологии повторения и контроля материала, самостоятельной работы и работа с компьютерными программами.

## 6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения представлена в следующей таблице:

Компетенция	Индикаторы освоения	Аттестационное мероприятие (КП 1)
ПК-17.2	З-ПК-17.2	ЗО, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-17.2	ЗО, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-17.2	ЗО, КИ-8, КИ-16
ПК-3	З-ПК-3	ЗО, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-3	ЗО, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-3	ЗО, КИ-8, КИ-16

## Шкалы оценки образовательных достижений

Шкала каждого контрольного мероприятия лежит в пределах от 0 до установленного максимального балла включительно. Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля.

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

Сумма баллов	Оценка по 4-х балльной шкале	Отметка о зачете	Оценка ECTS
90-100	5 – «отлично»		A
85-89			B
75-84	4 – «хорошо»	«Зачтено»	C
70-74			D
65-69			E
60-64	3 – «удовлетворительно»		
Ниже 60	2 – «неудовлетворительно»	«Не зачтено»	F

Оценка «отлично» соответствует глубокому и прочному освоению материала программы обучающимся, который последовательно, четко и логически стройно излагает свои ответы, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответах материалы монографической литературы.

Оценка «хорошо» соответствует твердым знаниям материала обучающимся, который грамотно и, по существу, излагает свои ответы, не допуская существенных неточностей.

Оценка «удовлетворительно» соответствует базовому уровню освоения материала обучающимся, при котором освоен основной материал, но не усвоены его детали, в ответах присутствуют неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности.

Отметка «зачтено» соответствует, как минимум, базовому уровню освоения материала программы, при котором обучающийся владеет необходимыми знаниями, умениями и навыками, умеет применять теоретические положения для решения типовых практических задач.

Оценку «неудовлетворительно» / отметку «не зачтено» получает обучающийся, который не знает значительной части материала программы, допускает в ответах существенные ошибки, не выполнил все обязательные задания, предусмотренные программой. Как правило, такие обучающиеся не могут продолжить обучение без дополнительных занятий.

## **7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:**

**ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:**

## ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

## LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

<https://online.mephi.ru/>

<http://library.mephi.ru/>

## **8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

## **9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ**

Студенты должны своевременно спланировать учебное время для поэтапного и системного изучения данной учебной дисциплины в соответствии с планом лекций и семинарских занятий, графиком контроля знаний.

Успешное освоение дисциплины требует от студентов посещения лекций, активной работы во время семинарских занятий, выполнения всех домашних заданий, ознакомления с базовыми учебниками, основной и дополнительной литературой, а также предполагает творческое участие студента путем планомерной, повседневной работы.

Изучение дисциплины следует начинать с проработки учебной программы, особое внимание, уделяя целям и задачам, структуре и содержанию курса.

Во время лекций рекомендуется писать конспект. Запись лекции – одна из форм активной самостоятельной работы студентов, требующая навыков и умения кратко, схематично, последовательно и логично фиксировать основные положения, выводы, обобщения, формулировки.

При необходимости в конце лекции преподаватель оставляет время для того, чтобы студенты имели возможность задать вопросы по изучаемому материалу.

Лекции нацелены на освещение основополагающих положений теории алгоритмов и теории функций алгебры логики, наиболее трудных вопросов, как правило, связанных с доказательством необходимых утверждений и теорем, призваны способствовать формированию навыков работы с научной литературой. Предполагается также, что студенты приходят на лекции, предварительно проработав соответствующий учебный материал по источникам, рекомендуемым программой.

Конспект лекций для закрепления полученных знаний необходимо просмотреть сразу после занятий. Хорошо отметить материал конспекта лекций, который вызывает затруднения для понимания. Можно попытаться найти ответы на затруднительные вопросы, используя рекомендуемую литературу. Если самостоятельно не удалось разобраться в материале, рекомендуется сформулировать вопросы и обратиться за помощью к преподавателю на консультации или ближайшей лекции.

В процессе изучения учебной дисциплины необходимо обратить внимание на самоконтроль. Требуется регулярно отводить время для повторения пройденного материала,

роверяя свои знания, умения и навыки по контрольным вопросам, а также для выполнения домашних заданий, которые выдаются после каждого семинара.

Систематическая индивидуальная работа, постоянная активность на занятиях, готовность ставить и обсуждать актуальные проблемы курса – залог успешной работы и положительной оценки.

## **10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ**

Учебный курс строится на интегративной основе и включает в себя как теоретические знания, так и практические навыки, получаемые студентами в ходе лекций, аудиторных практических занятий, лабораторных и самостоятельных занятий.

Данная дисциплина выполняет функции теоретической и практической подготовки студентов. Содержание дисциплины распределяется между лекционной и практической частями на основе принципа дополнемости: практические занятия, как правило, не дублируют лекции и посвящены рассмотрению практических примеров и конкретизации материала, введенного на лекции. В лекционном курсе главное место отводится общетеоретическим проблемам.

Содержание учебного курса, его объем и характер обусловливают необходимость оптимизации учебного процесса в плане отбора материала обучения и методики его организации, а также контроля текущей учебной работы. В связи с этим возрастает значимость и изменяется статус внеаудиторной (самостоятельной) работы, которая становится полноценным и обязательным видом учебно-познавательной деятельности студентов. При изучении курса самостоятельная работа включает:

самостоятельное ознакомление студентов с теоретическим материалом, представленным в отечественных и зарубежных научно-практических публикациях;

самостоятельное изучение тем учебной программы, достаточно хорошо обеспеченных литературой и сравнительно несложных для понимания;

подготовку к практическим занятиям по тем разделам, которые не дублируют темы лекционной части, а потому предполагают самостоятельную проработку материала учебных пособий.

Со стороны преподавателя должен быть установлен контакт со студентами, и они должны быть информированы о порядке прохождения курса, его особенностях, учебно-методическом обеспечении по данной дисциплине. Преподаватель дает методические рекомендации обучаемым по самостояльному изучению проблем, характеризуя пути и средства достижения поставленных перед ними задач, высказывает советы и рекомендации по изучению учебной литературы, самостоятельной работе и работе на семинарских занятиях.

Автор(ы):

Епишкина Анна Васильевна, к.т.н.