

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Тольяттинский государственный университет»

Б1.В.ДВ.01.02  
(индекс дисциплины)

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Развертывание и управление жизненным циклом моделей машинного обучения**

(наименование дисциплины)

по направлению подготовки  
01.04.02 Прикладная математика и информатика

направленность (профиль)  
Искусственный интеллект и машинное обучение в беспилотных мобильных системах и  
комплексах

Форма обучения: Очная

Год набора: 2026

Общая трудоемкость: 63Е

**Распределение часов дисциплины по семестрам**

Семестр	3	Итого
	Зачет	
Вид занятий	Форма контроля	
Лекции	16	<b>16</b>
Лабораторные		
Практические	32	<b>32</b>
Руководство: курсовые работы (проекты) / РГР		
Промежуточная аттестация	0,25	<b>0,25</b>
Контактная работа	48,25	<b>48,25</b>
Самостоятельная работа	167,75	<b>167,75</b>
Контроль		
<b>Итого</b>	216	<b>216</b>

Рабочую программу составил:  
профессор института цифровых технологий, доцент, д.техн.наук, Мкртычев С.В.  
*(должность, ученое звание, степень, Фамилия И.О.)*

Рецензирование рабочей программы дисциплины:



Отсутствует



Рецензент

---

*(должность, ученое звание, степень, Фамилия И.О.)*

Рабочая программа дисциплины составлена на основании ФГОС ВО и учебного плана  
направления подготовки

01.04.02 Прикладная математика и информатика

---

**Срок действия рабочей программы дисциплины до «31» августа 2028 г.**

**УТВЕРЖДЕНО**

На заседании института цифровых технологий

---

(протокол заседания № 1 от «05» сентября 2025 г.)

## 1. Цель освоения дисциплины

Цель освоения дисциплины – формирование у обучающихся теоретических знаний и практических навыков развертывания и управления жизненным циклом моделей машинного обучения (МО).

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплины и практики, на освоении которых базируется данная дисциплина: Машинное обучение и нейронные сети, Программные платформы и инструменты разработки интеллектуальных систем.

Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее: Оценка, оптимизация и управление жизненным циклом моделей машинного обучения.

## 3. Планируемые результаты обучения

Формируемые и контролируемые компетенции (код и наименование)	Индикаторы достижения компетенций (код и наименование)	Планируемые результаты обучения
ПК-2 Способен разрабатывать, обучать, оценивать и сопровождать модели машинного обучения, обеспечивая управление их жизненным циклом и качеством аналитических решений	ПК-2.1. Знает методы машинного обучения и нейросетевые архитектуры, а также принципы построения и оценки качества моделей.	Знать: методы машинного обучения и нейросетевые архитектуры, а также принципы построения и оценки качества моделей. Уметь: применять нейросетевые архитектуры при построении моделей. Владеть: навыками использования методов машинного обучения и оценки качества моделей
	ПК-2.2. Умеет разрабатывать, обучать и оценивать модели машинного обучения, а также организовывать процессы их развертывания и сопровождения	Знать: методы обучения, развертывания и сопровождения моделей машинного обучения. Уметь: разрабатывать, обучать и оценивать модели машинного обучения. Владеть: навыками организовывать процессы развертывания и сопровождения интеллектуальных моделей
	ПК-2.3. Владеет инструментами и методами управления жизненным циклом моделей машинного обучения и мониторинга	Знать: инструменты и методы управления жизненным циклом моделей машинного обучения Уметь: применять инструменты управления жизненным циклом моделей машинного обучения

<b>Формируемые и контролируемые компетенции</b> (код и наименование)	<b>Индикаторы достижения компетенций</b> (код и наименование)	<b>Планируемые результаты обучения</b>
	качества аналитических решений	Владеть: инструментами и методами управления жизненным циклом моделей машинного обучения

#### 4. Структура и содержание дисциплины

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Семестр	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
Модуль 1 Развертывание моделей МО	Лек	Тема 1. Введение в ЖЦ моделей МО.	3	2	-	-	
	Лек	Тема 2. Подготовка модели МО к развертыванию.	3	2	-	-	
	Лек	Тема 3. Стратегии развертывания моделей МО.	3	2	-	-	
	Лек	Тема 4. Инструменты и платформы для развертывания моделей МО.	3	2	-	-	
	Лек	Тема 5. Модели МО в виде веб-сервисов с REST API.	3	2	-	-	
	Пр	1. Подготовка и оптимизация модели.	3	4	-	-	Отчет по практической работе №1
	Пр	2. Встроенное развертывание (Embedded Deployment).	3	4	-	-	Отчет по практической работе №2
	Пр	3. Развертывание модели в виде REST API с FastAPI.	3	4			Отчет по практической работе №3
	Ср	Подготовка к практическим работам по теме модуля 1	3	80	-	-	
Модуль 2 Управление жизненным циклом моделей МО	Лек	Тема 6. Мониторинг развернутых моделей МО.	3	2	-	-	
	Лек	Тема 7. Обеспечение безопасности развертывания моделей МО.	3	2	-	-	
	Лек	Тема 8. Масштабирование и обновление моделей МО.	3	2	-	-	
	Пр	4. Контейнеризация модели с Docker.	3	4	-	-	Отчет по практической работе №4
	Пр	5. Мониторинг дрейфа данных с Evidently AI.	3	4	-	-	Отчет по практической работе №5

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Семестр	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
	Пр	6. Логирование и диагностика модели.	3	4	-	-	Отчет по практической работе №6
	Пр	7. CI/CD для моделей - автоматическое обновление	3	4	-	-	Отчет по практической работе №7
	Пр	8. Мониторинг производительности с Prometheus.	3	4	-	-	Отчет по практической работе №8
	Ср	Подготовка к практическим работам по теме модуля 2	3	87,75	-	-	
	ПА		3	0,25	-	-	
	Контроль			0	-	-	
Итого:				216			

## **5. Образовательные технологии**

В рамках учебного курса предусмотрены следующие образовательные технологии:

1. технология традиционного обучения: лекции и практические работы, самостоятельная работа;
2. технология проектного обучения: реализация и защита отчетов по практическим работам.

## **6. Методические указания по освоению дисциплины**

### **6.1. Рекомендации по подготовке к лекционным занятиям**

Изучение дисциплины требует систематического и последовательного накопления знаний, следовательно, пропуски отдельных тем не позволяют глубоко освоить предмет.

В ходе лекционных следует обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Обучающийся может дополнить список использованной литературы современными источниками, не представленными в списке рекомендованной литературы, и в дальнейшем использовать собственные подготовленные учебные материалы при написании курсовых и выпускных квалификационных работ.

### **6.2. Рекомендации по подготовке к практическим занятиям**

Обучающимся следует доводить каждую практическую работу до окончательного решения, демонстрировать понимание проведенных расчетов (анализов, ситуаций), в случае затруднений обращаться к преподавателю.

Для того чтобы практические занятия приносили максимальную пользу, необходимо помнить, что упражнение и решение задач проводятся по рассмотренному на лекциях материалу и связаны, как правило, с детальным разбором отдельных вопросов лекционного курса. Следует подчеркнуть, что только после усвоения лекционного материала с определенной точки зрения (а именно с той, с которой он излагается на лекциях) он будет закрепляться обучающимся на практических занятиях как в результате обсуждения и анализа лекционного материала, так и с помощью решения проблемных ситуаций, задач. При этих условиях обучающийся не только хорошо усвоит материал, но и научится применять его на практике, а также получит дополнительный стимул (и это очень важно) для активной проработки лекции.

По результатам выполнения работы составляется отчет, который при необходимости нужно сопровождать комментариями, схемами, чертежами и рисунками.

Следует помнить, что выполнение каждой работы должно доводиться до окончательного логического ответа, которого требует условие, и по возможности с выводом. Полученный ответ следует проверить способами, вытекающими из существа данной задачи. Полезно также (если возможно) решать несколькими способами и сравнить полученные результаты. Решение задач данного типа нужно продолжать до приобретения твердых навыков в их решении.

### **6.3. Рекомендации по организации самостоятельной работы обучающихся**

Самостоятельная работа выполняется обучающимися в режиме внеаудиторной работы. Внеаудиторная работа обучающихся направлена на закрепление и развитие теоретических знаний, практических навыков и умений работы с компьютером как средством обработки, хранения и передачи информации. В рамках внеаудиторной работы обучающиеся самостоятельно изучают теоретический материал, готовятся к лабораторным занятиям.

#### 6.4. Рекомендации по подготовке к зачету

Подготовка к экзамену способствует закреплению, углублению и обобщению знаний, получаемых, в процессе обучения, а также применению их к решению практических задач. Готовясь к экзамену, обучающийся ликвидирует имеющиеся пробелы в знаниях, углубляет, систематизирует и упорядочивает свои знания. На экзамене обучающийся демонстрирует то, что он приобрел в процессе обучения по конкретной учебной дисциплине.

На консультации перед экзаменом обучающиеся должны быть ознакомлены с основными требованиями и получить ответы на возникающие в процессе подготовки вопросы.

Необходимо ориентировать обучающихся на систематическую подготовку к занятиям в течение семестра, что позволит использовать время экзаменационной сессии для систематизации знаний.

### 7. Оценочные средства

#### 7.1. Паспорт оценочных средств

Семестр	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства
3	ПК-2	<i>Отчеты к практическим работам №№1-8</i>

#### 7.2. Типовые задания или иные материалы, необходимые для текущего контроля

##### 7.2.1. \_\_\_\_\_ Отчеты практических работ

(наименование оценочного средства)

**Практическая работы 1.** Подготовка и оптимизация модели.

**Форма отчета по практической работе №1.** В отчет по практической работе должны быть включены следующие пункты:

- титульный лист;
- цель работы;
- краткие теоретические сведения;
- описание хода выполнения работы;
- результаты выполненной работы.

**Практическая работа 5.** Мониторинг дрейфа данных с Evidently AI.

**Форма отчета по практической работе №4.** В отчет по практической работе должны быть включены следующие пункты:

- титульный лист;
- цель работы;
- краткие теоретические сведения;
- описание хода выполнения работы;
- результаты выполненной работы.

**Практическая работа 7.** CI/CD для моделей - автоматическое обновление.

**Форма отчета по практической работе № 7.** В отчет по практической работе должны быть включены следующие пункты:

- титульный лист;

- цель работы;
- краткие теоретические сведения;
- описание хода выполнения работы;
- результаты выполненной работы.

### **7.2.2. Пример практической работы**

Практическое задание 1. Подготовка и оптимизация модели.

Цель: Научиться оценивать производительность модели и применять методы оптимизации.

1. Установите на своем компьютере пакет Anaconda (<https://www.anaconda.com/products/distribution>).
2. После завершения установки откройте меню Пуск > Все программы > Anaconda 3 и выберите Anaconda Navigator. Нажмите кнопку Launch под Jupyter Notebook, после этого он должен запуститься в браузере.
3. Откройте вкладку браузера с открытым Jupyter Notebook.

Задачи:

- 1) Обучить простую модель классификации (например, RandomForest на датасете Iris).
  - 2) Оценить качество модели с помощью метрик: точность, полнота, F1-мера.
  - 3) Применить квантизацию с использованием onnx и skl2onnx.
  - 4) Применить прореживание (pruning) для нейросетевой модели (использовать torch.nn.utils.prune).
  - 5) Сравнить размеры моделей и время инференса до и после оптимизации.
- Библиотеки: scikit-learn, torch, onnx, skl2onnx, joblib, time
4. Составьте отчет по практической работе.

### **Требования к оформлению**

Отчет должен содержать подробное описание (включая иллюстрации). Отчёт по практическому занятию выполняется на страницах формата А4 в электронном виде.

При оформлении отчёта используется сквозная нумерация страниц, считая титульный лист первой страницей. Номер страницы на титульном листе не ставится. Номера страницы ставятся по центру сверху.

При оформлении отчёта соблюдать следующие требования:

- Для заголовков: полужирный шрифт, 14 пт, центрированный.
- Для основного текста: нежирный шрифт, 14 пт, выравнивание по ширине.
- Во всех случаях тип шрифта – Times New Roman, отступ абзаца 1.25 см, полуторный междустрочный интервал.
- Поля: левое – 2 см, правое, верхнее и нижнее – 1 см.

### **Процедура оценивания**

Оценка выполненной практической работы проводится по следующим критериям:

- Наличие всей существенной информации по работе
- Точность и полнота предоставляемых сведений
- Непротиворечивость приводимой информации
- Правильность интерпретаций и выводов, которые сделаны по результатам работы
- Степень достижения обучающимся поставленной цели
- Обоснованность применяемого решения
- Грамотность (содержательная) используемых формулировок

**Критерии оценки** за отчеты по практическим работам:

- отметка «зачтено» ставится обучающемуся, который продемонстрировал результаты выполнения практической работы, соответствующие поставленным задачам, и ответил на контрольные вопросы;
- отметка «не зачтено» ставится обучающемуся, который не продемонстрировал результаты выполнения практической работы и не ответил на контрольные вопросы.

### 7.3.1. Вопросы к промежуточной аттестации

Семестр \_\_\_\_\_3\_\_\_\_\_

№ п/п	Вопросы к зачету
1.	Что такое жизненный цикл модели машинного обучения? Перечислите и кратко охарактеризуйте его основные этапы.
2.	Что такое развертывание моделей машинного обучения?
3.	Какие факторы необходимо учитывать при развертывании моделей?
4.	Что такое технический долг в контексте МО-систем?
5.	Какую роль играет развертывание в создании ценности от использования моделей МО?
6.	Какие шаги включает подготовка модели к развертыванию?
7.	Какие метрики используются для оценки производительности модели перед развертыванием?
8.	Что такое квантизация (quantization) и для чего она применяется?
9.	Что такое прореживание (pruning) и как оно влияет на модель?
10.	Какие инструменты используются для компиляции и оптимизации моделей?
11.	Как оптимизация модели влияет на её эффективность в производственной среде?
12.	Что такое встроенное развертывание (embedded deployment) и где оно применяется?
13.	В чем особенности развертывания модели в виде веб-сервиса??
14.	Какие протоколы используются для создания веб-сервисов моделей?
15.	Что такое микросервисная архитектура и каковы её преимущества для развертывания моделей?
16.	В чем заключается возможность независимого масштабирования микросервисов?
17.	Что такое потоковое развертывание (streaming deployment) и для каких задач оно применяется?
18.	Какие системы обработки потоков данных интегрируются с моделями при потоковом развертывании?
19.	Как Docker помогает в развертывании моделей?
20.	Что такое контейнеризация и какие преимущества она дает?
21.	Какую роль выполняет Kubernetes в развертывании моделей?
22.	Какие возможности Kubernetes обеспечивают высокую доступность и отказоустойчивость?
23.	Какие облачные платформы предоставляют специализированные сервисы для развертывания моделей МО?
24.	Назовите сервисы AWS, Google Cloud и Azure для развертывания моделей.
25.	Для каких целей используются MLflow и DVC?
26.	Как MLflow помогает управлять жизненным циклом моделей?
27.	Почему REST API является популярным способом развертывания моделей?
28.	Какие этапы включает создание REST API для модели?
29.	Что означает «обёртывание модели в API»?
30.	Какие фреймворки используются для создания REST API для моделей?
31.	Для чего после создания API необходимо запускать сервер?

№ п/п	Вопросы к зачету
32.	Как REST API позволяет интегрировать модель с другими системами?
33.	Почему мониторинг необходим после развертывания модели?
34.	Какие метрики производительности модели отслеживаются в производственной среде?
35.	Что такое дрейф данных (data drift) и как он влияет на качество предсказаний?
36.	Как часто необходимо проверять качество модели в production?
37.	Как логирование помогает диагностировать ошибки и аномалии?
38.	Для чего используется логирование при работе модели?
39.	Какие два способа масштабирования моделей существуют?
40.	Что такое горизонтальное масштабирование и в каких архитектурах оно особенно эффективно?
41.	Что такое вертикальное масштабирование?
42.	Какая система оркестрации используется для реализации горизонтального масштабирования?
43.	Что означает CI/CD в контексте управления моделями?
44.	Как CI/CD конвейеры помогают обновлять модели?
45.	Какие риски минимизирует использование CI/CD при обновлении моделей?
46.	Почему безопасность является важным аспектом развертывания моделей?
47.	Какие методы аутентификации и контроля доступа используются для защиты моделей?
48.	Что такое OAuth и JWT-токены?
49.	Какие виды атак могут быть направлены на модели МО?
50.	Что такое data poisoning и как она угрожает модели?
51.	Как защитить модель от атак с подменой данных?
52.	Для чего используется шифрование SSL/TLS при передаче данных?
53.	Что защищает шифрование при взаимодействии клиента с моделью?
54.	Почему данные для обучения и в производственной среде могут отличаться?
55.	Как обеспечить согласованность данных при развертывании модели?
56.	Почему необходимо управление версиями моделей?
57.	Как обеспечить надежность и отказоустойчивость развернутой модели?
58.	Какие методы аутентификации и контроля доступа используются для защиты моделей?
59.	Какие механизмы необходимы для быстрой диагностики и восстановления при сбоях?
60.	Почему развертывание моделей считается комплексным процессом?
61.	Какую ценность эффективное развертывание приносит организациям?

### 7.3.2. Критерии и нормы оценки

Семестр	Форма проведения промежуточной аттестации	Критерии и нормы оценки	
3	Зачет	«зачтено»	ставится обучающемуся, если он на поставленные зачетные вопросы дал грамотные (полные или краткие) ответы или допустил небольшие неточности
		«не зачтено»	ставится обучающемуся, если он не дал ответы на поставленные зачетные вопросы

Семестр	Форма проведения промежуточной аттестации	Критерии и нормы оценки	
			или в ответе содержались фундаментальные ошибки

## 8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 8.1. Обязательная литература

№ п/п	Авторы, составители	Заглавие (заголовок)	Тип (учебник, учебное пособие, учебно-методическое пособие, практикум, др.)	Год издания	Количество в научной библиотеке / Наименование ЭБС
1	П. А. Пылов, Р. В. Майтак, А. В. Дягилева	Основы работы с моделями машинного и глубокого обучения	учебное пособие	2023	ЭБС "IPRbooks"
2	Ракитский А.А., Дементьева К.И.	Методы машинного обучения	учебно-методическое пособие	2023	ЭБС "IPRbooks"
3	Хапке Х.	Разработка конвейеров машинного обучения. Автоматизация жизненных циклов модели с помощью TensorFlow	книга	2021	ЭБС "IPRbooks"

### 8.2. Дополнительная литература

№ п/п	Авторы, составители	Заглавие (заголовок)	Тип (учебник, учебное пособие, учебно-методическое пособие, практикум, др.)	Год издания	Количество в научной библиотеке / Наименование ЭБС
1	В. В. Воронина, А. В. Михеев, Н. Г. Ярушкина, К. В. Святков	Теория и практика машинного обучения	учебное пособие	2017	ЭБС "IPRbooks"
2	А. Ю. Долганов, М. В. Ронкин, А. В. Созыкин	Базовые алгоритмы машинного обучения на языке Python	учебно-методическое пособие	2023	ЭБС "IPRbooks"

### 8.3. Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем

– Web of Science[Электронный ресурс] : мультидисциплинарная реферативная база данных. – Philadelphia: ClarivateAnalytics, 2016– . – Режим доступа : apps.webofknowledge.com. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ.

Scopus [Электронный ресурс] : реферативная база данных. – Netherlands: Elsevier, 2004– . – Режим доступа : scopus.com. – Загл. С экрана. – Яз. рус., англ.

Elibrary [Электронный ресурс] : научная электронная библиотека. – Москва : НЭБ, 2000– . – Режим доступа : elibrary.ru. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ.

### 8.4. Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование ПО	Реквизиты договора (дата, номер, срок действия)
1	WinPro 10 RUS Upgrd OLP NL Acdmc	Договор № 757 от 04.07.2018, срок действия - бессрочно; Контракт № 1653 от 14.12.2018, срок действия – бессрочно
2	Office Stdandard 2013 Russian OLP NL AcademicEdition	Контракт № 690 от 19.05.2015, срок действия - бессрочно
3	Jupyter Notebook	бесплатное ПО

### 8.5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

№ п/п	Наименование оборудованных учебных кабинетов, лабораторий, мастерских и др. объектов для проведения практических и лабораторных занятий, помещений для самостоятельной работы обучающихся (номер аудитории)	Перечень основного оборудования
1	Компьютерный класс. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа. Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа. Учебная аудитория для проведения лабораторных работ. Учебная аудитория для курсового проектирования (выполнения курсовых работ). Учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций. Учебная аудитория для проведения занятий текущего контроля и промежуточной аттестации. (УЛК-402).	Системные блоки (HP ProDesk), мониторы (Samsung), коммутатор (D-Link), столы ученические, столы компьютерные, стулья, доска аудиторная, экран.
2	Помещение для самостоятельной работы обучающихся (УЛК-105).	Стол, стулья, стеллажи (в т.ч. выставочные) с книгами, компьютеры, мобильные рабочие места.
3	Помещение для самостоятельной работы обучающихся (УЛК-406).	Стол компьютерный, стулья, микрокомпьютеры raspberry pi 32 bit.