

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
**«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. В.Г. ШУХОВА»**
(БГТУ им. В.Г. Шухова)

СОГЛАСОВАНО

Директор института магистратуры

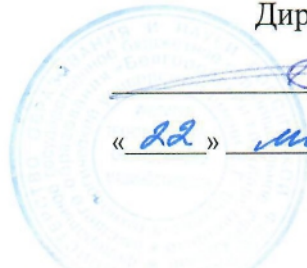


И.В. Космачева

2023 г.

УТВЕРЖДАЮ

Директор института



С.С. Латышев

«22» мая 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
ДИСЦИПЛИНЫ

Методы машинного обучения

направление подготовки:

15.04.06 Мехатроника и робототехника

профиль:

Робототехника и искусственный интеллект

Квалификация

Магистр

Форма обучения

Очная

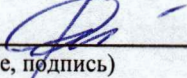
Институт **Технологического оборудования и машиностроения**

Кафедра: **Технологии машиностроения**

Белгород 2023

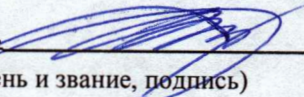
Рабочая программа составлена на основании требований:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования 15.04.06 – Мехатроника и робототехника, утвержденного приказа Минобрнауки России от 14 августа 2020 г. № 1023
- учебного плана, утвержденного ученым советом БГТУ им. В.Г. Шухова в 2023 году.

Составитель (составители): д.т.н., проф.  (Л.А. Рыбак)
(ученая степень и звание, подпись) (инициалы, фамилия)

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

« 15 » 05 2023 г., протокол № 11

Заведующий кафедрой: д.т.н., проф.  (Т.А. Дуюн)
(ученая степень и звание, подпись) (инициалы, фамилия)

Рабочая программа одобрена методической комиссией института

« 22 » 05 2023 г., протокол № 6

Председатель И.В. Кирилов (И.В. Кирилов)
(ученая степень и звание, подпись) (инициалы, фамилия)

1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Категория (группа) компетенций	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине
Профессиональные компетенции по типам задач профессиональной деятельности (проектно-конструкторский)	ПК-1. Способен разрабатывать модули мехатронных и робототехнических систем, их подсистем, включая исполнительные, информационно-сенсорные и управляющие модули, с применением методов искусственного интеллекта.	ПК- 1.3 Применяет методы машинного обучения для создания мехатронных и робототехнических систем.	Знать: термины, определения, понятия Знание основных закономерностей, соотношений, принципов. Объем освоенного материала. Полнота ответов на вопросы Четкость изложения и интерпретации знаний. Уметь: применять технические и программные средства для решения практических задач, применяет методы оптимизации для разработки алгоритмов машинного обучения. Использует стандартные библиотеки алгоритмов обучения нейронных сетей. Владеть: навыками численных методов и методов оптимизации для решения различных прикладных задач в математической робототехнике.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

1. Компетенция ПК-1.3. Применяет методы машинного обучения для создания мехатронных и робототехнических систем.

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами.

Стадия	Наименования дисциплины ¹
1	Методы машинного обучения
2	Введение в техническое зрение и обработку изображений
3	Современные методы в решении задач технического зрения
4	Методы машинного обучения
5	Методы искусственного интеллекта в робототехнических приложениях
6	Производственная преддипломная практика

¹В таблице должны быть представлены все дисциплины и(или) практики, которые формируют компетенцию в соответствии с компетентностным планом. Дисциплины и(или) практики указывать в порядке их изучения по учебному плану.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зач. единицы, 108 часов.

Дисциплина реализуется в рамках практической подготовки²:

Форма промежуточной аттестации _____ зачет _____
(экзамен, дифференцированный зачет, зачет)

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 2
Общая трудоемкость дисциплины, час	108	108
Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:	54	54
лекции	34	34
лабораторные		
практические	17	17
групповые консультации в период теоретического обучения и промежуточной аттестации ³	3	3
Самостоятельная работа студентов, включая индивидуальные и групповые консультации, в том числе:	54	54
Курсовой проект		
Курсовая работа		
Расчетно-графическое задания		
Индивидуальное домашнее задание		
Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям (лекции, практические занятия, лабораторные занятия)		
Зачет	2	2

² если дисциплина не реализуется в рамках практической подготовки – предложение убрать

³включают предэкзаменационные консультации (при наличии), а также текущие консультации из расчета 10% от лекционных часов (приводятся к целому числу)

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Наименование тем, их содержание и объем Курс 1 Семестр 2

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные Занятия	Самостоятельная работа
1	2	3	4	5	6
1. Введение.					
	Краткая история дисциплины. Общая постановка задачи оптимизации. Примеры	2	1,5	-	6
2. Раздел 1. Предмет и задачи машинного обучения и анализа данных.					
	Основные принципы, задачи и подходы, использование в различных областях науки и индустрии. Основные этапы эволюции алгоритмов машинного обучения.	2	1,5		6
3. Раздел 2. Общий вид метрического классификатора.					
	Алгоритм К ближайших соседей. Алгоритмы отбора эталонов.	4	1,5		6
4. Раздел 3. Алгоритмы кластеризации с фиксированным количеством кластеров.					
	Алгоритмы кластеризации по плотности. Иерархическая кластеризация.	4	1,5		6
5. Раздел 4. Правила и анализ качества (точность, полнота).					
	Анализ с помощью ROC кривой. Алгоритм построения деревьев решений. Критерий информационного выигрыша и критерий Джини. Леса решающих деревьев.	4	1,5		6
6. Раздел 5. Перцептрон и разделяющая гиперплоскость.					
	Переход в пространство повышенной размерности. Метод опорных векторов	4	1,5		6
7. Раздел 6. Логистическая регрессия.					
	Градиентный спуск. Нейронные сети и алгоритм обратного распространения градиента. Глубокое обучение, свертки и пулинг.	4	1,5		6
8. Раздел 7. Линейная регрессия.					
	Полиномиальная регрессия. Смещение и дисперсия. Гребневая регрессия.	4	1,5		6
9. Раздел 8. Голосование.					
	Бутстраппинг. Бустинг, адаптивный бустинг, градиентный бустинг.	4	2,5		6
9. Раздел 9. Монте-Карло поиск.					
	Алгоритм симулированного отжига. Генетический алгоритм.	2	2,5		6
	Всего	34	17		54

4.2. Содержание практических занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема занятия	К-во часов	К-во часов СРС
семестр №2				
1	Введение.	Краткая история дисциплины. Общая постановка задачи оптимизации. Примеры	1,5	1,5
2	Раздел 1. Предмет и задачи машинного обучения и анализа данных.	Основные принципы, задачи и подходы, использование в различных областях науки и индустрии. Основные этапы эволюции алгоритмов машинного обучения.	1,5	1,5
3	Раздел 2. Общий вид метрического классификатора.	Алгоритм К ближайших соседей. Алгоритмы отбора эталонов.	1,5	1,5
4	Раздел 3. Алгоритмы кластеризации с фиксированным количеством кластеров.	Алгоритмы кластеризации по плотности. Иерархическая кластеризация.	1,5	1,5
5	Раздел 4. Правила и анализ качества (точность, полнота).	Анализ с помощью ROC кривой. Алгоритм построения деревьев решений. Критерий информационного выигрыша и критерий Джини. Леса решающих деревьев.	1,5	1,5
6	Раздел 5. Перцептрон и разделяющая гиперплоскость.	Переход в пространство повышенной размерности. Метод опорных векторов	1,5	1,5
7	Раздел 6. Логистическая регрессия.	Градиентный спуск. Нейронные сети и алгоритм обратного распространения градиента. Глубокое обучение, свертки и пулинг.	1,5	1,5
8	Раздел 7. Линейная регрессия.	Полиномиальная регрессия. Смещение и дисперсия. Гребневая регрессия.	1,5	1,5
9	Раздел 8. Голосование.	Бутстраппинг. Бустинг, адаптивный бустинг, градиентный бустинг.	2,5	2,5
10	Раздел 9. Монте-Карло поиск.	Алгоритм симулированного отжига. Генетический алгоритм.	2,5	2,5
ИТОГО:			17	17
ВСЕГО:				17

4.3. Содержание лабораторных занятий

Учебным планом не предусмотрено.

4.4. Содержание курсового проекта/работы⁴

Учебным планом курсовой проект/работа не предусмотрена.

4.5. Содержание расчетно-графического задания, индивидуальных домашних заданий⁵

Учебным планом не предусмотрено.

⁴Если выполнение курсового проекта/курсовой работы нет в учебном плане, то в данном разделе необходимо указать «Не предусмотрено учебным планом»

⁵Если выполнение расчетно-графического задания/индивидуального домашнего задания нет в учебном плане, то в данном разделе необходимо указать «Не предусмотрено учебным планом»

5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

5.1. Реализация компетенций

1. Компетенция ПК-1. Способен разрабатывать модули мехатронных и робототехнических систем, их подсистем, включая исполнительные, информационно-сенсорные и управляющие модули, с применением методов искусственного интеллекта.

Наименование индикатора достижения компетенции	Используемые средства оценивания
ПК- 1.3 Применяет методы машинного обучения для создания мехатронных и робототехнических систем	Зачет, тестовый контроль, собеседование.

5.2. Типовые контрольные задания для промежуточной аттестации

5.2.1. Перечень контрольных вопросов (типовых заданий) для зачета

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
1	Введение. Раздел 1. Предмет и задачи машинного обучения и анализа данных. Раздел 2. Общий вид метрического классификатора.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Препроцессинг. Масштабирование. Нормировка. Полиномиальные признаки. One-hot encoding. 2. Кластеризация. kMeans, MeanShift, DBSCAN, Affinity Propagation. 3. Смещение и дисперсия (bias and variance). Понятие средней гипотезы. 4. Ансамблевые методы. Soft and Hard Voting. Bagging. Случайные леса. AdaBoost. 5. Типы обучения: с учителем, без учителя, с подкреплением, с частичным участием учителя, активное обучение.
2	Раздел 3. Алгоритмы кластеризации с фиксированным количеством кластеров. Раздел 4. Правила и анализ качества (точность, полнота).	<ol style="list-style-type: none"> 1. Бустинг деревьев решений. 2. Ошибка внутри и вне выборки. Ошибка обобщения. Неравенство Хёфдинга. Валидация и кросс-валидация. 3. Линейная регрессия. Полиномиальная регрессия. Гребневая регрессия. 4. Размерность Вапника-Червоненкиса. Размерность Вапника-Червоненкиса для перцептрона. 5. Логистическая регрессия. Градиентный спуск.
3	Раздел 5. Перцептрон и разделяющая гиперплоскость. Раздел 6. Логистическая регрессия.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Пороговые условия. Эффективность по Парето. Precision-Recall и ROC кривые. AUC. 2. Ансамблевые методы регрессии. RANSAC. Theil-Sen. Huber. 3. Перцептрон. Перцептрон с карманом. 4. Метод опорных векторов. Постановка задачи. Формулировка и решение двойственной задачи. Типы опорных векторов. Ядра. 5. Гипотезы и дихотомии. Функция роста. Точка поломки. Доказательство полиномиальности функции роста в присутствии точки поломки.

4	<p>Раздел 7. Линейная регрессия.</p> <p>Раздел 8. Голосование.</p> <p>Раздел 9. Монте-Карло поиск.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Деревья решений. Информационный выигрыш, критерий Джини. Регуляризация деревьев. Небрежные решающие деревья. 2. Байесовский классификатор. Типы оценки распределений признаков (Gaussian, Bernoulli, Multinomial). EM алгоритм. 3. Нейронные сети. Перцептрон Розенблатта. Функции активации. Обратное распространение градиента. Softmax. 4. Стохастическая оптимизация. Hill Climb. Отжиг. Генетический алгоритм. 5. Метрические классификаторы. kNN. WkNN. Отбор эталонов. DROP5. Kdtree.
---	--	---

5.3. Типовые контрольные задания (материалы) для текущего контроля в семестре

Текущий контроль осуществляется в течение семестра в форме выполнения и защиты практических работ.

Практические работы. В учебном пособии по дисциплине представлен перечень практических работ, приведены необходимые теоретические и методические указания.

Защита практических работ возможна после проверки правильности выполнения задания и сохранения файла документа. Защита проводится в форме опроса преподавателем и демонстрации отдельных навыков по теме практической работы. Примерный перечень контрольных вопросов для защиты практических работ представлен в таблице.

№	Тема практической работы	Контрольные вопросы
семестр № 2		
1	Введение. Раздел 1. Предмет и задачи машинного обучения и анализа данных. Раздел 2. Общий вид метрического классификатора.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Препроцессинг. Масштабирование. Нормировка. Полиномиальные признаки. One-hot encoding. 2. Кластеризация. kMeans, MeanShift, DBSCAN, Affinity Propagation. 3. Смещение и дисперсия (bias and variance). Понятие средней гипотезы. 4. Ансамблевые методы. Soft and Hard Voting. Bagging. Случайные леса. AdaBoost. 5. Типы обучения: с учителем, без учителя, с подкреплением, с частичным участием учителя, активное обучение.
2	Раздел 3. Алгоритмы кластеризации с фиксированным количеством кластеров. Раздел 4. Правила и анализ качества (точность, полнота).	<ol style="list-style-type: none"> 6. Бустинг деревьев решений. 7. Ошибка внутри и вне выборки. Ошибка обобщения. Неравенство Хёфдинга. Валидация и кросс-валидация. 8. Линейная регрессия. Полиномиальная регрессия. Гребневая регрессия. 9. Размерность Вапника-Червоненкиса. Размерность Вапника-Червоненкиса для перцептрона. 10. Логистическая регрессия. Градиентный спуск.
3	Раздел 5. Перцептрон и разделяющая гиперплоскость. Раздел 6. Логистическая регрессия.	<ol style="list-style-type: none"> 11. Пороговые условия. Эффективность по Парето. Precision-Recall и ROC кривые. AUC. 12. Ансамблевые методы регрессии. RANSAC. Theil-Sen. Huber. 13. Перцептрон. Перцептрон с карманом. 14. Метод опорных векторов. Постановка задачи. Формулировка и решение двойственной задачи. Типы опорных векторов. Ядра. 15. Гипотезы и дихотомии. Функция роста. Точка поломки. Доказательство полиномиальности функции роста в присутствии точки поломки.
4	Раздел 7. Линейная регрессия. Раздел 8. Голосование. Раздел 9. Монте-Карло поиск.	<ol style="list-style-type: none"> 16. Деревья решений. Информационный выигрыш, критерий Джини. Регуляризация деревьев. Небрежные решающие деревья. 17. Байесовский классификатор. Типы оценки распределений признаков (Gaussian, Bernoulli, Multinomial). EM алгоритм.

		<p>18. Нейронные сети. Перцептрон Розенблатта. Функции активации. Обратное распространение градиента. Softmax.</p> <p>19. Стохастическая оптимизация. Hill Climb. Отжиг. Генетический алгоритм.</p> <p>20. Метрические классификаторы. kNN. WkNN. Отбор эталонов. DROP5. Kdtree.</p>
--	--	--

5.4. Описание критериев оценивания компетенций и шкалы оценивания

Формой промежуточной аттестации по дисциплине «Методы машинного обучения» является зачет.

Результаты промежуточной аттестации оцениваются как «зачтено» и «не зачтено».

Критериями оценивания достижений показателей являются:

Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине	Критерий оценивания
Знания	Знание терминов, определений, понятий
	Знание основных закономерностей, соотношений, принципов
	Объем освоенного материала
	Полнота ответов на вопросы
	Четкость изложения и интерпретации знаний
Умения	Умеет применять инновационные инструменты и методы при определении путей решения профессиональных задач.
Навыки	Владеет навыками применения инновационных инструментов и методов при определении путей решения профессиональных задач.

Оценка «зачтено» означает успешное прохождение промежуточной аттестации по дисциплине.

Оценка сформированности компетенций по показателю Знания.

Критерий	Уровень освоения и оценка	
	Не зачтено	Зачтено
Знание терминов, определений, понятий	Знает термины и определения, но допускает неточности формулировок	Знает термины и определения, может корректно сформулировать их самостоятельно
Знание основных закономерностей, соотношений, принципов	Знает основные закономерности, соотношения, принципы построения знаний.	Знает основные закономерности, соотношения, принципы построения знаний, может самостоятельно их получить и использовать
Объем освоенного материала	Знает только основной материал дисциплины, не усвоил его деталей	Обладает твердыми полным знанием материала дисциплины, владеет дополнительными знаниями.
Полнота ответов на вопросы	Дает неполные ответы на все вопросы Излагает знания без логической последовательности.	Дает ответы на вопросы, но не все – полные. Дает полные, развернутые ответы на поставленные вопросы.
Четкость изложения и интерпретации знаний	Излагает знания с нарушениями в логической последовательности Выполняет поясняющие схемы и рисунки небрежно и с ошибками. Допускает неточности в изложении и интерпретации знаний.	Излагает знания в логической последовательности, самостоятельно их интерпретируя и анализируя. Выполняет поясняющие рисунки и схемы точно и аккуратно, раскрывая полноту усвоенных знаний. Грамотно и точно излагает знания, делает самостоятельные выводы.

Оценка сформированности компетенций по показателю Умения

Критерий	Уровень освоения и оценка	
	Не зачтено	Зачтено
Умеет применять технические и программные средства для решения практических задач, применяет методы оптимизации для разработки алгоритмов машинного обучения. Использует стандартные библиотеки алгоритмов обучения нейронных сетей.	Не применяет/не в полной мере умеет применять технические и программные средства для решения практических задач, не применяет методы оптимизации для разработки алгоритмов машинного обучения. Не использует стандартные библиотеки алгоритмов обучения нейронных сетей.	Успешно/в целом успешно умеет применять технические и программные средства для решения практических задач, применяет методы оптимизации для разработки алгоритмов машинного обучения. Использует стандартные библиотеки алгоритмов обучения нейронных сетей.

Оценка сформированности компетенций по показателю Навыки

Критерий	Уровень освоения и оценка	
	Не зачтено	Зачтено
Владеет навыками численных методов и методов оптимизации для решения различных прикладных задач в математической робототехнике.	Не применяет/не в полной мере применяет навыки численных методов и методов оптимизации для решения различных прикладных задач в математической робототехнике.	Успешно/в целом успешно применяет навыки численных методов и методов оптимизации для решения различных прикладных задач в математической робототехнике.

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

6.1. Материально-техническое обеспечение

№	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
1	Учебная аудитория для проведения лекционных занятий	Компьютер с проектором. Маркерная доска, маркер. Учебная мебель. Рабочее место преподавателя.
2	Учебная аудитория для проведения практических занятий – Компьютерный класс	Компьютер с проектором. Компьютеры для студентов. Маркерная доска, маркер. Учебная мебель. Рабочее место преподавателя.
3	Лаборатория для проведения практикума	Компьютер с проектором. Маркерная доска, маркер. Учебная мебель. Рабочее место преподавателя. Оборудование: Специальное оборудование не предусмотрено.

6.2. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения:

Не предусмотрено.

6.3. Перечень учебных изданий и учебно-методических материалов

1. Machine Learning: A Probabilistic Perspective (Adaptive Computation and Machine Learning Series) / Murphy, Kevin P. MIT Press. 2014
2. Encyclopedia of Machine Learning and Data Mining / Sammut. Springer. 2016
3. П. Флах. Машинное обучение. Наука и искусство построения алгоритмов, которые извлекают знания из данных Machine Learning and Knowledge Discovery in Databases / Peter A. Flach; Tjil Bie; Nello Cristianini. Springer Berlin Heidelberg. 2012
4. An introduction to statistical learning: with applications in R / G. James, D. Witten, T. Hastie, R. Tibshirani. – New York: Springer, 2013. – 426 с.
5. Data Analysis, Machine Learning and Knowledge Discovery / Spiliopoulou, Myra; Janning, Ruth; Schmidt-Thieme, Lars; Gesellschaft für Klassifikation. Springer International Publishing. 2014

6.4. Перечень интернет ресурсов, профессиональных баз данных, информационно-справочных систем

1. <https://stepik.org/course/4852/promo>

7. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Рабочая программа утверждена на 20___/20___ учебный год
без изменений / с изменениями, дополнениями⁶

Протокол № _____ заседания кафедры от « ____ » _____ 20___ г.

Заведующий кафедрой _____
подпись, ФИО

Директор института _____
подпись, ФИО

⁶ Нужно подчеркнуть

Утверждение рабочей программы без изменений
Рабочая программа без изменений утверждена на 20 /20 учебный год.
Протокол № _____ заседания кафедры от « ___ » _____ 20 г.

Заведующий кафедрой _____
подпись, ФИО

Директор института _____
подпись, ФИО