

MINISTRY OF SCIENCE AND HIGHER EDUCATION OF THE RUSSIAN FEDERATION

**Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education
«National Research Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod»**

Институт информационных технологий, математики и механики

УТВЕРЖДЕНО

решением президиума Ученого совета ННГУ

протокол № 1 от 16.01.2024 г.

Working programme of the discipline

Machine learning theory

Higher education level

Master degree

Area of study / speciality

02.04.02 - Fundamental Informatics and Information Technology

Focus /specialization of the study programme

Artificial Intelligence and Data Analysis

Mode of study

full-time

Nizhny Novgorod

Year of commencement of studies 2024

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.02.02 Теория машинного обучения относится к части, формируемой участниками образовательных отношений образовательной программы.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства	
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ПК-8: Способен к разработке новых алгоритмических, методических и технологических решений в конкретной сфере профессиональной деятельности	<p>ПК-8.1: Знает методику разработки новых алгоритмических, методических и технологических решений</p> <p>ПК-8.2: Умеет применять полученные знания для разработки новых алгоритмических, методических и технологических решений</p> <p>ПК-8.3: Имеет практический опыт составления технического задания на разработку информационной системы</p>	<p>ПК-8.1: Знать теоретические основы машинного обучения, основные алгоритмы решения задачи восстановления регрессии, основные алгоритмы решения задачи классификации.</p> <p>ПК-8.2: Уметь профессионально разрабатывать и проводить процедуры тестирования алгоритмов кластеризации</p> <p>ПК-8.3: Владеть навыками решения практических задач с использованием методов машинного обучения; использования среды статистических вычислений R или библиотеки ScikitLearn для решения задач машинного обучения.</p>	Задания	Зачёт: Контрольные вопросы

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	5
Часов по учебному плану	180
в том числе	

аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	16
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	16
- КСР	1
самостоятельная работа	147
Промежуточная аттестация	0 Зачёт

3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе			
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/лабораторные работы), часы	Всего	
0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	
1. Введение.	32	2	2	4	28
2. Основы теории Вапника– Червоненкиса.	38	4	4	8	30
3. Основы теории РАС-обучения.	38	4	4	8	30
4. Лезвие Оккама.	38	4	4	8	30
5. Точное обучение.	33	2	2	4	29
Аттестация	0				
КСР	1			1	
Итого	180	16	16	33	147

Contents of sections and topics of the discipline

1. Введение. Основные задачи теории обучения. 2. Основы теории Вапника– Червоненкиса. Лемма Бернштейна– Чернова. Равномерная сходимости эмпирического риска к ожидаемому риску в конечном случае. Размерность Вапника–Червоненкиса. Примеры: пороговые функции, нейронные сети, деревья решений. ϵ - сеть. Теорема Вапника–Червоненкиса о равномерной сходимости эмпирического риска к ожидаемому в бесконечном случае. 3. Основы теории РАС-обучения. Определение «вероятно почти корректного» (РАС–probably approximately correct learning) обучения. Обучение конъюнкциям. Труднорешаемость задачи обучения 3-ДНФ формулам. Обучение 3-КНФ формулам. 4. Лезвие Оккама. Использование принципа лезвия Оккама при обучении конъюнкциям. Обучение деревьям решений. 5. Точное обучение. Обучение с помощью вопросов. Вопросы принадлежности и эквивалентности. Размерность научения. Верхние и нижние оценки сложности обучения на основе размерности научения.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

Для подготовки к практическим занятиям, самостоятельной работы и промежуточной аттестации рекомендуются электронные ресурсы <http://www.uic.unn.ru/~zny/ml/>

1. Воронцов К.В. Машинное обучение. Курс лекций. <http://www.machinelearning.ru>.
<http://www.intuit.ru/studies/courses/13844/1241/info>
2. Введение в аналитику больших массивов данных
<http://www.intuit.ru/studies/courses/12385/1181/info>

5. Assessment tools for ongoing monitoring of learning progress and interim certification in the discipline (module)

5.1 Model assignments required for assessment of learning outcomes during the ongoing monitoring of learning progress with the criteria for their assessment:

5.1.1 Model assignments (assessment tool - Assignments) to assess the development of the competency ПК-8:

1. Функцию $f : \mathbf{R}^d \rightarrow \{0, 1\}$ назовем *ящиком*, если существуют вещественные числа $a_1, a_2, \dots, a_d, b_1, b_2, \dots, b_d$, такие, что $f(x) = 1$ тогда и только тогда, когда $a_i \leq x \leq b_i$ ($i = 1, 2, \dots, d$).
Найти функцию роста и размерность Вапника-Червоненкиса для класса всех ящиков.
Проиллюстрировать на этом примере лемму Зауэра.
2. Пусть T_h — множество всех функций $f : \mathbf{R}^d \rightarrow \{0, 1\}$, вычисляемых бинарными деревьями решений, высоты не выше h . Найти функцию роста и размерность Вапника-Червоненкиса для класса T_h . Проиллюстрировать на этом примере лемму Зауэра.

Assessment criteria (assessment tool — Assignments)

Grade	Assessment criteria
pass	Приведен обоснованный развернутый ответ, задания выполнены в полном объеме, некоторые с недочетами
fail	При выполнении заданий имеют место грубые ошибки или задания не выполнены.

5.2. Description of scales for assessing learning outcomes in the discipline during interim certification

Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатора достиж)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено			зачтено			

ения							
компет							
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

Scale of assessment for interim certification

Grade		Assessment criteria
pass	outstanding	All the competencies (parts of competencies) to be developed within the discipline have been developed at a level no lower than "outstanding", the knowledge and skills for the relevant competencies have been demonstrated at a level higher than the one set out in the programme.
	excellent	All the competencies (parts of competencies) to be developed within the discipline have been developed at a level no lower than "excellent",
	very good	All the competencies (parts of competencies) to be developed within the discipline have been developed at a level no lower than "very good",
	good	All the competencies (parts of competencies) to be developed within the discipline have been developed at a level no lower than "good",

	satisfactory	All the competencies (parts of competencies) to be developed within the discipline have been developed at a level no lower than "satisfactory", with at least one competency developed at the "satisfactory" level.
fail	unsatisfactory	At least one competency has been developed at the "unsatisfactory" level.
	poor	At least one competency has been developed at the "poor" level.

5.3 Model control assignments or other materials required to assess learning outcomes during the interim certification with the criteria for their assessment:

5.3.1 Model assignments (assessment tool - Control questions) to assess the development of the competency ПК-8

1	Лемма Бернштейна–Чернова.
2.	Равномерная сходимость эмпирического риска к ожидаемому риску в конечном случае.
3.	Размерность Вапника–Червоненкиса класса пороговых функций.
4.	Размерность Вапника–Червоненкиса класса нейронных сетей.
5.	Размерность Вапника–Червоненкиса для класса деревьев решений.
6.	ϵ -сеть. Теорема Вапника–Червоненкиса о равномерной сходимости эмпирического риска к ожидаемому в бесконечном случае.
7.	Определение «вероятно почти корректного» (PAC–probably approximately correct learning) обучения.
8.	PAC-обучение. Обучение конъюнкциям.
9.	PAC-обучение. Труднорешаемость задачи обучения 3-ДНФ формулам.
10.	PAC-обучение. Обучение 3-КНФ формулам.
11.	Лезвие Оккама. Использование принципа лезвия Оккама при обучении конъюнкциям.
12.	Использование принципа лезвия Оккама при обучении деревьям решений.
13.	Обучение с помощью вопросов. Вопросы принадлежности и эквивалентности. Размерность научения.

14.	Верхние оценки сложности обучения с помощью вопросов принадлежности на основе размерности научения.
15.	Нижние оценки сложности обучения с помощью вопросов на основе размерности научения.

Assessment criteria (assessment tool — Control questions)

Grade	Assessment criteria
pass	Владение основным и дополнительным материалом достаточное или с незначительными ошибками и погрешностями
fail	владение материалом, необходимым по данному предмету, недостаточно. Работу за время семестра можно оценить как неудовлетворительную

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Платонов А. В. Машинное обучение : учебное пособие / А. В. Платонов. - Москва : Юрайт, 2022. - 85 с. - (Высшее образование). - URL: <https://urait.ru/bcode/508804> (дата обращения: 14.08.2022). - ISBN 978-5-534-15561-7 : 319.00. - Текст : электронный // ЭБС "Юрайт"., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=821948&idb=0>.

Дополнительная литература:

1. Флах П. Машинное обучение. Наука и искусство построения алгоритмов, которые извлекают знания из данных : монография / Флах П. - Москва : ДМК-пресс, 2023. - 401 с. - ISBN 978-5-89818-300-4., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=878863&idb=0>.
2. Python и машинное обучение: крайне необходимое пособие по новейшей предсказательной аналитике, обязательное для более глубокого понимания методологии машинного обучения / Рашка С. - Москва : ДМК-пресс, 2017., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=659331&idb=0>.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

1. The R Project for Statistical Computing <https://www.r-project>
2. Welcome to Python.org <https://www.python.org/>
3. scikit-learn: machine learning in Python scikit-learn.org/

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с

возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ по направлению подготовки/специальности 02.04.02 - Fundamental Informatics and Information Technology.

Author(s): Золотых Николай Юрьевич, доктор физико-математических наук, доцент.

Заведующий кафедрой: Золотых Николай Юрьевич, доктор физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 13.12.2023, протокол № 3.