

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский
Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского»

УТВЕРЖДЕНО

решением ученого совета ННГУ
протокол от "30" ноября 2022 г. №13

Рабочая программа дисциплины / Work program of the course
Искусственный интеллект и машинное обучение (кандидатский
экзамен)
Artificial intelligence and machine learning (Ph.D. exam)

Уровень высшего образования
Level of higher education

Подготовка научных и научно-педагогических кадров
Training of scientific and scientific-pedagogical personnel

Программа аспирантуры

«1.2. Компьютерные науки и информатика»
«1.2. Computer Science and Information Science»

Научная специальность
Scientific specialty

1.2.1. Искусственный интеллект и машинное обучение
1.2.1. Artificial intelligence and machine learning

Форма обучения
Form of study

Очная
full-time

Нижний Новгород, 2023 год
Nizhny Novgorod, 2023

1. Место и цель дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина О.03 Искусственный интеллект и машинное обучение относится к числу обязательных, дисциплин образовательного компонента программы аспирантуры и изучается на 3 году обучения в 6 семестре.

Цель дисциплины – изучение математических моделей и методов современного искусственного интеллекта и машинного обучения, достаточном для проведения научных исследований и для чтения современной научной литературы. Также цель изучения данной дисциплины заключается в подготовке к сдаче кандидатского экзамена по специальности 1.2.1 Искусственный интеллект и машинное обучение.

Discipline O.03 Artificial intelligence and machine learning is one of the compulsory disciplines of the educational component of the postgraduate program and is studied in the 3rd year of study in the 6th semester.

The purpose of the discipline is the study of mathematical models and methods of modern artificial intelligence and machine learning, sufficient for conducting scientific research and for reading modern scientific literature. Also, the purpose of studying this discipline is to prepare for the candidate's exam in the specialty 1.2.1 Artificial intelligence and machine learning.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Выпускник, освоивший программу, должен

Знать:

- Математические модели и методы искусственного интеллекта и машинного обучения.

Уметь:

- проводить доказательства основных утверждений на высоком теоретическом уровне;
- создавать системы практические искусственного интеллекта.

Владеть:

- навыками критического анализа современных передовых публикаций по специальности;
- навыками анализа данных;
- навыками создания систем практического искусственного интеллекта для решения конкретных прикладных задач.

3. Структура и содержание дисциплины.

Объем дисциплины (модуля) составляет 3 з.е., всего – 108 часов, из которых 72 часа составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (занятия лекционного типа - 36 часов, занятия семинарского типа – 36 часов), 36 часов составляет самостоятельная работа обучающегося.

Таблица 2

№ п/п	Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля),	Часов	
		В	В том числе

	форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	с е г о	Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них				Самостоятельная работа обучающегося
			Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Всего	
1.	<p>Содержательная постановка задачи машинного обучения. Дедуктивное и индуктивное обучения. Признаковое описание объектов. Обучения с учителем (обучение по прецедентам). Решающая функция (решающее правило). Обобщающая способность решающей функции (проблема качества обучения). Задачи классификации и задачи восстановления регрессии. Обучение без учителя. Примеры практических задач.</p> <p>The problem statement of machine learning. Deductive and inductive learning. Indicative description of objects. Supervised learning (learning by precedent). Decisive function (decisive rule). Generalizing ability of the decisive function (the problem of learning quality). Classification problems and regression recovery problems. Learning without a teacher. Examples of practical problems.</p>	8	2	2		4	2
2.	<p>Вероятностная постановка задачи обучения по прецедентам. Принцип минимизации эмпирического риска. Байесовская теория решений. Принцип максимума апостериорной вероятности. Регрессионная функция. Байесов классификатор. Метод ближайшего соседа в задачах классификации и восстановления регрессии.</p> <p>Probabilistic formulation of the problem of learning by precedents. Principle of empirical risk minimization. Bayesian decision theory. Principle of maximum a posteriori probability. Regression function. Bayesian classifier. Nearest neighbor method in problems of classification and regression recovery.</p>	9	2	2		4	2
3.	Экспериментальные методы оценки качества обучения. Разделение данных на обучающую и	9	2	2		4	2

	<p>тестовую выборки. Метод скользящего контроля.</p> <p>Experimental methods for assessing the quality of education. Splitting the data into training and test sets. Sliding control method.</p>						
4.	<p>Метод наименьших квадратов для решения задачи восстановления регрессии. Его вывод на основе метода максимального правдоподобия. Линейная регрессионная модель. Система нормальных уравнений. Основы регрессионного анализа (проверка значимости коэффициентов, коэффициент детерминации Пирсона, доверительные интервалы, анализ остатков).</p> <p>Least squares method for solving the regression recovery problem. Its derivation is based on the maximum likelihood method. Linear regression model. System of normal equations. Fundamentals of regression analysis (testing the significance of coefficients, Pearson's coefficient of determination, confidence intervals, analysis of residuals).</p>	9	2	2		4	2
5.	<p>Проблема переобучения при решении задачи восстановления регрессии. Методы борьбы с переобучением: сокращение числа параметров, регуляризация (ридж-регрессия), метод лассо. Трудоемкость методов.</p> <p>The overfitting problem in solving the regression recovery problem. Methods for combating overfitting: reduction in the number of parameters, regularization, lasso method. The complexity of the methods.</p>	9	2	2		4	2
6.	<p>Метод ближайших соседей для решения задачи классификации. Теорема об оценке риска в методе ближайшего соседа.</p> <p>Nearest neighbor method for solving the classification problem. Risk estimation theorem in the nearest neighbor method.</p>	9	2	2		4	2
7.	<p>Наивный байесовский классификатор.</p> <p>Naive Bayes classifier.</p>	9	2	2		4	2
8.	<p>Линейный дискриминантный анализ. Квадратичный дискриминантный анализ. Логистическая регрессия.</p> <p>Linear discriminant analysis. Quadratic discriminant analysis. Logistic regression.</p>	8	2	2		4	2

9.	<p>Нейронные сети. Перцептрон Розенблатта. Алгоритм обучения перцептрона как метод стохастического градиентного спуска. Нейронные сети для решения задач классификации и восстановления регрессии. Обучение сети. Регуляризация как метод борьбы с переобучением. Понятие о глубоких нейронных сетях.</p> <p>Neural networks. Perceptron learning algorithm as a method of stochastic gradient descent. Neural networks for solving problems of classification and regression recovery. Network training. Regularization as a method of combating overfitting. The concept of deep neural networks.</p>	8	2	2		4	2
10.	<p>Машина опорных векторов. Ядра и спрямляющие пространства.</p> <p>Support vector machine. Kernels and rectifying spaces.</p>	10	2	2		4	2
11.	<p>Деревья решений. Метод CART (classification and regression trees) для решения задач классификации и восстановления регрессии. Отсечения ветвей и выбор финального дерева. Методы обработки пропущенных значений.</p> <p>Decision trees. CART method (classification and regression trees) for solving problems of classification and regression recovery. Pruning branches and selecting the final tree. Methods for handling missing values.</p>	10	3	2		5	3
12.	<p>Ансамбли решающих правил (классификаторов). Простое и взвешенное голосования. Бустинг. Алгоритм AdaBoost. Оценка ошибки предсказания. Бустинг и аддитивные модели. Градиентный бустинг. Алгоритм градиентного бустинга деревьев решений (MART). Баггинг. Алгоритм случайных деревьев (случайный лес).</p> <p>Ensembles of decision rules (classifiers). Simple and weighted voting. Boosting. AdaBoost algorithm. Estimation of prediction error. Boosting and additive models. Gradient boosting. Algorithm for Gradient Boosting of Decision Trees (MART). Bugging. Algorithm of random trees (random forest).</p>	10	3	2		5	3
13.	<p>Обучение без учителя. Кластеризация. Кластеризация методами теории графов. Метод центров тяжести. Метод медиан. Метод нечетких множеств. ЕМ-алгоритм.</p>	10	3	3		6	3

	Learning without a teacher. Clustering. Clustering by methods of graph theory. Method of centers of gravity. Median method. Method of fuzzy sets. EM algorithm.						
14.	Иерархическая кластеризация. Агломеративные и разделяющие методы. Hierarchical clustering. Agglomerative and separating methods.	10	3	3		6	3
15	Основы теории Вапника–Червоненкиса. Лемма Бернштейна. Теорема о равномерной сходимости эмпирического риска к ожидаемому риску в случае конечного класса решающих правил. Обоснование принципа минимизации эмпирического риска. Размерность Вапника–Червоненкиса. Лемма Зауэра. Теорема о равномерной сходимости эмпирического риска к ожидаемому риску в случае конечной размерности Вапника–Червоненкиса. Принцип структурной минимизации риска. Fundamentals of the Vapnik-Chervonenkis theory. Bernstein's lemma. Theorem on the uniform convergence of the empirical risk to the expected risk in the case of a finite class of decision rules. Substantiation of the empirical risk minimization principle. The Vapnik–Chervonenkis dimension. Sauer's lemma. Theorem on the uniform convergence of the empirical risk to the expected risk in the case of a finite Vapnik–Chervonenkis dimension. The principle of structural risk minimization.	14	4	4		8	4
	Текущий контроль	2		2		2	
	Промежуточная аттестация: экзамен						
	Итого	108	36	36	0	72	36

Текущий контроль успеваемости реализуется в формах опросов на занятиях семинарского типа. Промежуточная аттестация проходит в традиционных формах (экзамен).

2. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся осуществляется в виде работы с рекомендованной обязательной и дополнительной литературой (приведена в разделе 6), подготовке к лекциям, подготовке к экзамену и выполнения лабораторных работ. Контрольные вопросы и задания для

проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведены в п. 5.2.

5. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине, включающий:

5.1.Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	Шкала оценивания сформированности компетенций						
	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	Не зачтено		зачтено				
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможно 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, без ошибок.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений . Невозможно оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки.	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания но не в полном объеме.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи . Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественным недочетами, выполнены все задания в полном объеме.	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие владения материалом. Невозможно оценить наличие навыков вследствие отказа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

	обучающего ся от ответа	ошибки.	недочетами				
--	----------------------------	---------	------------	--	--	--	--

Шкала оценки при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	Превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно»
	Отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»
	Очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»
	Хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо»
	Удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	Неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
	Плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

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

а) Основная литература:

- 1) Воронцов К.В. Машинное обучение. Курс лекций.
<http://www.intuit.ru/studies/courses/13844/1241/info>
- 2) Николенко С.И. Курс лекций по машинному обучению

<https://logic.pdmi.ras.ru/~sergey/teaching/mlspsu2020.html>

б) Дополнительная литература

- 1) Золотых Н.Ю. Машинное обучение. Курс лекций. Нижний Новгород: ННГУ, 2007.
<http://www.uic.unn.ru:8103/~zny/ml/>

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

- 1) Международный открытый ресурс и программное обеспечение для машинного обучения Scikit-Learn: Machine Learning in Python: www.scikit-learn.org
- 2) The R Project for Statistical Computing <https://www.r-project>
- 3) Welcome to Python.org <https://www.python.org/>

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения: компьютерный класс, проектор, экран.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Учебная и научная литература, учебно-методические материалы, представленные в библиотечном фонде, в электронных библиотеках и на кафедре Алгебры, геометрии и дискретной математики.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ВО ННГУ с учетом рекомендаций ФГОС ВО по направлению 02.04.02. – Фундаментальная информатика и информационные технологии.

Авторы: заведующий кафедрой алгебры, геометрии и дискретной математики д.ф.м.н. Золотых Н.Ю.

Рецензент(ы) _____

Заведующий кафедрой _____

Программа одобрена на заседании Методической комиссии Института /факультета от _____ 2022 года, протокол № ____.