

**ГОУ ВПО Российско-Армянский (Славянский)
университет**

Утверждено
Директор Института Математики и Информатики
Арамян Р.Г.



«21» марта 2025, протокол № 9.1

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование дисциплины: Mathematics for ML

Автор: канд. физ.-мат. наук Мартиросян Нарек Генрикович

Направление подготовки: 01.04.02 Прикладная математика и информатика

Наименование образовательной программы: Машинное обучение и наука о данных

1. АННОТАЦИЯ

1.1. Краткое описание содержания данной дисциплины

Цель дисциплины «Mathematics for ML» дать обзор основных методов, используемых в машинном обучении, развить интуицию студентов для лучшего понимания основных математических идей, лежащих за этими методами, и привить навыки работы с программным обеспечением, реализующим алгоритмы машинного обучения.

1.2. Трудоемкость в академических кредитах и часах, формы итогового контроля

Трудоемкость курса составляет **9** академических кредитов, что эквивалентно **324** часам (1 академический кредит равен 36 часам). В первом семестре курса предусмотрено 5 академических кредитов, а во втором семестре – 4 академических кредита. Итоговый контроль будет проведен в форме **экзамена**.

1.3. Взаимосвязь дисциплины с другими дисциплинами учебного плана специальности

При изучении дисциплины «Mathematics for ML» используются понятия и методы Introduction to ML.

1.4. Результаты освоения программы дисциплины:

Код компетенции	Наименование компетенции	Код индикатора достижения компетенций	Наименование индикатора достижений компетенций
УК-1	Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.1	Знать теории и методы критического анализа и системного подхода
		УК-1.2	Уметь применять методы поиска, анализа и синтеза информации для решения конкретных задач
		УК-1.3	Владеть способностью выработки стратегических решений на основе комплексного анализа

			ситуации и прогнозирования исходов
УК-2	Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла	УК-2.1	Знать методы управления проектами, включая планирование, исполнение, контроль и завершение проектов
		УК-2.2	Уметь координировать различные этапы проекта, обеспечивая соблюдение сроков и качества выполнения
		УК-2.3	Владеть умениями по эффективному руководству проектными командами и решению конфликтных ситуаций на всех этапах реализации проекта
УК-3	Способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели	УК-3.1	Знать основы социального взаимодействия и теории командной работы
		УК-3.2	Уметь эффективно коммуницировать и сотрудничать в команде
		УК-3.3	Владеть навыками стратегического планирования и лидерства, способными максимизировать потенциал команды для достижения общих целей
УК-4	Способен применять современные коммуникативные технологии, в том	УК-4.1	Знать ключевые коммуникативные технологии

	числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия		и инструменты, используемые для международного и межкультурного общения
		УК-4.2	Уметь эффективно использовать технологии для общения и сотрудничества в многоязычной и мультикультурной среде
		УК-4.3	Владеть мастерством межкультурной коммуникации, умением адаптировать сообщения для различных культурных и профессиональных контекстов
УК-5	Способен анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия	УК-5.1	Знать основы межкультурной коммуникации и исторические контексты различных культур
		УК-5.2	Уметь анализировать и интерпретировать межкультурные взаимодействия
		УК-5.3	Владеть навыками межкультурного общения и интеграции различных культурных практик
УК-6	Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки	УК-6.1	Знать методы и инструменты управления временем и саморазвития
		УК-6.2	Уметь планировать и организовывать свою

			деятельность с учётом долгосрочных целей
		УК-6.3	Владеть стратегическим видением своего развития и регулярной самооценкой
ОПК-1	Способен решать актуальные задачи фундаментальной и прикладной математики	ОПК-1.1	Знать основные теории и принципы, лежащие в основе фундаментальной и прикладной математики
		ОПК-1.2	Уметь применять математические методы и алгоритмы для анализа и решения разнообразных задач
		ОПК-1.3	Владеть умениями креативного мышления и инновационного подхода к решению сложных математических проблем
ОПК-2	Способен совершенствовать и реализовывать новые математические методы решения прикладных задач	ОПК-2.1	Знать современные математические методы и подходы, применимые в различных областях прикладной математики
		ОПК-2.2	Уметь адаптировать и модифицировать существующие методы для решения новых и уникальных задач
		ОПК-2.3	Владеть навыками разработки и внедрения новых математических

			методов, способных повысить эффективность и точность решений
ОПК-3	Способен разрабатывать математические модели и проводить их анализ при решении задач в области профессиональной деятельности	ОПК-3.1	Знать принципы и методы математического моделирования и анализа
		ОПК-3.2	Уметь создавать точные и эффективные математические модели для конкретных прикладных задач
		ОПК-3.3	Владеть глубокими знаниями в анализе моделей, умением оценивать их адекватность и точность, а также способностью предсказывать их поведение в различных условиях
ОПК-4	Способен комбинировать и адаптировать существующие информационно-коммуникационные технологии для решения задач в области профессиональной деятельности с учетом требований информационной безопасности	ОПК-4.1	Знать основные информационно-коммуникационные технологии и стандарты информационной безопасности
		ОПК-4.2	Уметь адаптировать и интегрировать различные технологии для решения специфических задач, учитывая требования к защите данных

		ОПК-4.3	Владеть способностью к инновационному подходу в использовании информационно-коммуникационных технологий и разработке решений, обеспечивающих высокий уровень информационной безопасности.
ПК-2	Способностью разрабатывать и анализировать концептуальные и теоретические модели решаемых научных проблем и задач	ПК-2.1	Знать теоретические основы и концептуальные модели в научных исследованиях
		ПК-2.2	Уметь анализировать и разрабатывать концептуальные и теоретические модели для проектной и производственной деятельности
		ПК-2.3	Владеть глубоким пониманием теоретических подходов и их практического применения в создании новых исследовательских проектов
ПК-4	Способностью разрабатывать и анализировать концептуальные и теоретические модели решаемых задач проектной и производственно-технологической деятельности	ПК-4.1	Знать основы проектирования и технологических процессов
		ПК-4.2	Уметь анализировать и разрабатывать концептуальные модели для проектной и производственной деятельности
		ПК-4.3	Владеть навыками интеграции новейших технологий в

			проектирование и производство
ПК-9	Способностью к преподаванию математических дисциплин и информатики в общеобразовательных организациях, профессиональных образовательных организациях и образовательных организациях высшего образования	ПК-9.1	Знать методики преподавания математических дисциплин и информатики
		ПК-9.2	Уметь преподавать в различных типах образовательных учреждений
		ПК-9.3	Владеть современными педагогическими подходами и технологиями для повышения качества образования

2. УЧЕБНАЯ ПРОГРАММА

2.1. Цели и задачи дисциплины

Цели дисциплины:

Обеспечить студентов глубокими знаниями математических принципов и методов, необходимых для понимания и разработки алгоритмов машинного обучения.

Развить у студентов навыки применения теоретических математических знаний в практических задачах машинного обучения.

Подготовить студентов к критическому анализу и оценке математических моделей в контексте их использования в машинном обучении.

Задачи дисциплины:

Изучение основ линейной алгебры, вероятности, математической статистики и оптимизации, которые являются краеугольными камнями для понимания машинного обучения.

Применение математических знаний для формализации и решения задач классификации, регрессии и кластеризации.

Анализ математических свойств алгоритмов машинного обучения, включая сходимость, устойчивость и точность.

Разработка и реализация простых моделей машинного обучения с использованием математических инструментов и подходов.

Критическая оценка и интерпретация результатов, полученных с помощью математических моделей машинного обучения.

2.2. Трудоемкость дисциплины и виды учебной работы

Виды учебной работы	Всего, в акад. часах	Распределение по семестрам					
		1 сем	2 сем	3 сем	4 сем.	5 сем	6 сем.
1	2	3	4	5	6	7	8
1.Общая трудоемкость изучения дисциплины по семестрам, в т. ч.:	64	32	32				
1.1. Аудиторные занятия, в т. ч.:	32	32	32				
1.1.1.Лекции	32	32	32				
Итоговый контроль		Экзамен	Экзамен				

2.3. Содержание дисциплины

2.3.1. Тематический план и трудоемкость аудиторных занятий (модули, разделы дисциплины и виды занятий) по рабочему учебному плану

Разделы и темы дисциплины	Всего часов	Лекции, часов	Практ. занятия, часов	Семина-ры, часов	Лабор, часов
1	2	3	4	5	6
I сем.	32	32			
Тема 1. Линейная регрессия	2	2			
Тема 2. Линейная регрессия с методом максимального правдоподобия	3	3			
Тема 3. Пространство строк, пространство столбцов, собственные значения и собственные векторы матриц. Матрицы и линейные преобразования	3	3			
Тема 4. Сингулярное разложение (singular value decomposition (SVD))	4	4			
Тема 5. Сингулярное разложение применительно к линейной регрессии (Truncated SVD (TSVD) регуляризация линейной регрессии)	4	4			
Тема 6. Сингулярное разложение и латентно-семантический анализ.	4	4			
Тема 7. Ковариация, ковариационная	4	4			

матрица, коэффициент корреляции, оценка ковариационной матрицы					
Тема 8. Метод (анализ) главных компонент (англ. principal component analysis)	4	4			
Тема 9. Энтропия, взаимная информация (mutual information)	4	4			
II сем.	32	32			
Тема 1. Расстояние Кульбака - Лейблера	6	6			
Тема 2. Применение расстояние Кульбака - Лейблера к нейронным сетям	6	6			
Тема 3. Независимый компонентный анализ (independent component analysis), общий случай, с произвольной кумулятивной функцией распределения	6	6			
Тема 4. Связь между методом максимального правдоподобия и взаимной информацией в независимом компонентном анализе, сигмоидная функция как кумулятивная функция распределения	6	6			
Тема 5. Различия и сходства анализа независимых компонентов и анализа главных компонент (ICA vs PCA)	8	8			
ИТОГО	64	64			

2.3.2. Краткое содержание разделов дисциплины в виде тематического плана

Тема 1. Линейная регрессия

Основы линейной регрессии, включая постановку задачи, методы оценки параметров и интерпретацию результатов.

Тема 2. Линейная регрессия с методом максимального правдоподобия

Применение метода максимального правдоподобия для оценки параметров линейной регрессии, обсуждение его свойств и условий применимости.

Тема 3. Пространство строк, пространство столбцов, собственные значения и собственные векторы матриц. Матрицы и линейные преобразования

Изучение основ линейной алгебры, включая теорию собственных значений и собственных векторов, а также их применение в контексте линейных преобразований.

Тема 4. Сингулярное разложение (SVD)

Обзор метода сингулярного разложения, его математической сущности и областей применения.

Тема 5. Сингулярное разложение применительно к линейной регрессии (Truncated SVD (TSVD) регуляризация линейной регрессии)

Применение метода SVD для регуляризации в задачах линейной регрессии, анализ эффектов и ограничений метода.

Тема 6. Сингулярное разложение и латентно-семантический анализ

Использование SVD в латентно-семантическом анализе, обсуждение применений в обработке текстов и рекомендательных системах.

Тема 7. Ковариация, ковариационная матрица, коэффициент корреляции, оценка ковариационной матрицы

Изучение понятий ковариации и корреляции, методы оценки ковариационной матрицы и их применение в статистическом анализе.

Тема 8. Метод (анализ) главных компонент (PCA)

Детальный разбор метода главных компонент, его математическая основа и примеры применения для сокращения размерности данных.

Тема 9. Энтропия, взаимная информация (mutual information)

Основы теории информации, включая понятия энтропии и взаимной информации, и их использование для анализа данных.

II семестр

Тема 1. Расстояние Кульбака - Лейблера

Обзор и применение расстояния Кульбака-Лейблера для измерения различий между вероятностными распределениями.

Тема 2. Применение расстояния Кульбака - Лейблера к нейронным сетям

Исследование использования KL-дивергенции в контексте оптимизации и оценки моделей нейронных сетей.

Тема 3. Независимый компонентный анализ (ICA), общий случай, с произвольной кумулятивной функцией распределения

Изучение метода независимого компонентного анализа и его применения для выделения статистически независимых компонент из смеси сигналов.

Тема 4. Связь между методом максимального правдоподобия и взаимной информацией в независимом компонентном анализе, сигмоидная функция как кумулятивная функция распределения

Анализ взаимосвязей между ICA и другими статистическими методами, особенности использования сигмоидной функции.

Тема 5. Различия и сходства анализа независимых компонентов и анализа главных компонент (ICA vs PCA)

Сравнительный анализ ICA и PCA, обсуждение их преимуществ и ограничений в различных прикладных задачах.

2.3.3. Материально-техническое обеспечение дисциплины

- Компьютерный класс
- Специализированное программное обеспечение
- Интернет-доступ

2.4. Модульная структура дисциплины с распределением весов по формам контролей

Формы контролей	Вес формы (форм) текущего контроля в результирующей оценке текущего контроля (по модулям)		Вес формы промежуточного контроля в итоговой оценке промежуточного контроля		Вес итоговой оценки промежуточного контроля в результирующей оценке промежуточных контролей		Вес итоговой оценки промежуточного контроля в результирующей оценке промежуточных контролей (семестровой оценке)		Веса результирующей оценки промежуточных контролей и оценки итогового контроля в результирующей оценке итогового контроля	
	M1 ¹	M2	M1	M2	M1	M2				
Вид учебной работы/контроля										
Контрольная работа <i>(при наличии)</i>				0,7						
Устный опрос <i>(при наличии)</i>										
Тест <i>(при наличии)</i>										
Лабораторные работы <i>(при наличии)</i>										
Письменные домашние задания <i>(при наличии)</i>				0,3						
Реферат <i>(при наличии)</i>										
Эссе <i>(при наличии)</i>										
Проект <i>(при наличии)</i>										
Другие формы <i>(при наличии)</i>										
Веса результирующих оценок текущих контролей в итоговых оценках промежуточных контролей						0,3				

¹ Учебный Модуль

Веса оценок промежуточных контролей в итоговых оценках промежуточных контролей						0,7		
Вес итоговой оценки 1-го промежуточного контроля в результирующей оценке промежуточных контролей								
Вес итоговой оценки 2-го промежуточного контроля в результирующей оценке промежуточных контролей							1	
Вес результирующей оценки промежуточных контролей в результирующей оценке итогового контроля								0,4
Вес итогового контроля (Экзамен/зачет) в результирующей оценке итогового контроля								0,6
	$\Sigma = 1$	$\Sigma = 1$	$\Sigma = 1$	$\Sigma = 1$	$\Sigma = 1$	$\Sigma = 1$	$\Sigma = 1$	$\Sigma = 1$

3. Теоретический блок

1. Gilbert Strang, Introduction to Linear Algebra, 2016
2. Michael Nielsen, Neural networks and deep learning, 2015
3. James Stone, Information Theory: A Tutorial Introduction, 2015
4. Anthony Bell and Terrence Sejnowski, An information-maximisation approach to blind separation and blind deconvolution, 1995
5. Larry Wasserman, All of Statistics, 2004

4. Фонды оценочных средств

4.1 Вопросы и задания для самостоятельной работы студентов

• Оптимизация

- Используя метод градиентного спуска, найдите минимум функции двух переменных.
- Решите задачу линейного программирования с помощью симплекс-метода.
- Проанализируйте влияние скорости обучения на сходимость алгоритма оптимизации.

• Регрессионный анализ

- Выполните регрессионный анализ данных, используя полиномиальную регрессию.

- Оцените качество подгонки модели, используя R-квадрат и другие метрики.
- Объясните влияние регуляризации на линейные регрессионные модели.

- **Принципальный компонентный анализ (PCA)**

- Выполните PCA на заданном наборе данных и интерпретируйте первые три главных компонента.
- Опишите, как PCA может быть использован для уменьшения размерности данных.

5. Методический блок

5.1. Методика преподавания

Лекции направлены на детальное изучение математических концепций, необходимых для понимания и применения методов машинного обучения. Целью лекций является формирование у студентов глубокого теоретического понимания математических основ и их связи с прикладными задачами в области машинного обучения.

5.1.1. Методические рекомендации для студентов по подготовке к семинарским, практическим или лабораторным занятиям, по организации самостоятельной работы студентов при изучении конкретной дисциплины.

Подготовка к лекциям:

- **Предварительное изучение материалов:** Перед посещением лекции студентам рекомендуется ознакомиться с основными понятиями и теориями, которые будут обсуждаться. Это может включать чтение учебников, просмотр образовательных видео и изучение дополнительных ресурсов.
- **Вопросы и заметки:** Важно вести активные записи во время лекций и формулировать вопросы по сложным темам для последующего обсуждения с преподавателем или в рамках учебных групп.

Самостоятельная работа:

- **Регулярное повторение материалов:** Для закрепления материала необходимо регулярно пересматривать лекционные записи и учебные материалы. Это помогает лучше усвоить сложные темы и подготовиться к экзаменам.
- **Решение задач:** Активное решение практических задач и учебных заданий помогает глубже понять теоретические концепции и развить навыки их применения.
- **Участие в обсуждениях:** Регулярное участие в дискуссиях на тематических форумах или учебных группах способствует обмену знаниями и позволяет получить новые идеи и подходы к решению задач.

